

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. Descripción de la empresa.**

La industria Química Interquimec S.A., se encuentra localizada en la Parroquia de Chillogallo, Cantón Quito, Provincia de Pichincha, en la ciudadela industrial de la Panamericana Sur (Km. 14 ½ )

Interquimec S.A. es una industria que dirige su producción a la venta al por mayor de la Urea Formol, además de emulsiones y adhesivos sintéticos, que son consumidos por las industrias del tipo madereras, cartoneras, balseras y muebles en general.

La producción aproximada es de 27000 toneladas por año, de las cuales 17000 toneladas por año van dirigidas a la venta, el resto se consume internamente como producto intermedio.

En la planta industrial se labora con 62 personas, tomando en cuenta al personal de administración y al de operación.

El personal de administración labora en turnos que comprenden desde la 08h00 a.m. hasta las 16h30 p.m. de lunes a viernes. Por otro lado, el personal de operación lo hace en turnos de 3 hombres por día, es decir en turnos de cada 8 horas por operador, ya que la planta se encuentra en continuo trabajo, 24 horas al día, 7 días a la semana sin parar, a menos que haya que realizar el mantenimiento regular.

### **1.2. Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales.**

El sistema de tratamiento de aguas residuales de Interquimec S.A. consiste, en un tanque homogenizador (volumen aproximado de 48 m<sup>3</sup>) a donde llegan las aguas residuales de la planta siendo las principales provenientes del lavado de los filtros de los pegantes y resinas, agua de purga de los calderos y lavado del reactor, mezclador y tanques de emulsiones y adhesivos.(Gráfico 1)

Una vez que el tanque homogenizador se ha llenado, el operador de turno envía a su criterio las aguas residuales a otros tanques para su tratamiento posterior.

Estos 2 tanques de tratamiento (capacidad de 10 m<sup>3</sup> cada uno) se utilizan para la coagulación, floculación y sedimentación del agua residual tratada. El elemento utilizado comúnmente es el sulfato de aluminio tipo industrial.

Luego del tratamiento, el agua clarificada es evacuada al sistema de alcantarillado público, mientras que los lodos producidos se envían al lecho de secado, donde se pasan a través de un filtro de grava para después descargar las aguas y el lodo secado restante se almacena para luego ser dispuesto al relleno municipal.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEORICO.**

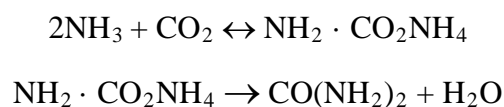
#### **2.1 Materias primas.**

##### **2.1.1. Urea.**

En general, la urea, es una de las formas más convenientes para poder fijar el nitrógeno ya que tiene el máximo contenido de nitrógeno disponible en un fertilizante sólido (46%). Su producción es sencilla en forma de pills o gránulos al igual que su transporte a granel o en bolsas, sin ningún peligro de explosión. Su disolución es rápida en presencia de agua, no deja residuos de sales luego de su empleo en cosechas y puede utilizarse con frecuencia para alimentar las hojas.

Además de su uso como fertilizante, se emplea en la producción de la melamina, como ingrediente en la manufactura de resinas, plásticos, adhesivos, recubrimientos, agentes sanforizados de textiles y resinas intercambiadores de iones.

La urea es producida comercialmente por la ración del dióxido de carbón líquido y amoníaco en autoclaves. Los rangos de temperatura varían de 135 a 200° C y las presiones de 70 a 230 atm. en varios procesos. Los reactantes se combinan primero para dar carbamato de amonio, el cual es luego desimpuesto hacia urea y agua así:



Se alcanza una conversión del 40 a 60% en cada ciclo, un pequeño exceso de amoníaco sobre cantidades estequiométricas tienden a favorecer altas conversiones.

El carbamato no convertido a amoníaco y el dióxido de carbono, regresan a los compresores para futuros usos de ciclos.

Otro método sugerido para la producción a larga escala de urea incluyen; La hidrólisis ácida de cianuro, el cual de todas formas, no ha logrado la importancia comercial como el ya mencionado método.

La urea pura es un compuesto cristalino blanco que se funde a 132.6 °C, bastante soluble en agua fría (104.7 g por cada 100 g de agua a 20 °C) y mucho más en agua caliente, siendo moderadamente soluble en alcohol etílico y escasamente soluble en éter.

La urea es una base muy débil y forma sales con algunos ácidos. El nitrato y oxalato son los mas conocidos.(hojas, biblioteca Interquimec S.A.)

### 2.1.2 Melamina.

La melamina está constituida por 3 moléculas de urea que forma un heterociclo aromático que puede reaccionar con el formaldehído dando la resina melamina-formaldehído.

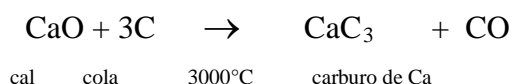
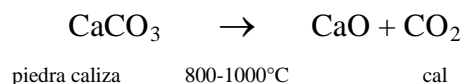
Tanto la urea-formaldehído como la melamina-formaldehído tienen propiedades generales muy similares, existiendo mucha diferencia en sus aplicaciones. A ambas resinas se les conoce como aminorresinas.

Los elementos producidos con aminorresinas son claros como el agua, fuertes y duros.

Las aminorresinas se usan principalmente como adhesivos para hacer madera aglomerada y triplay, usados en la construcción residencial y fabricación de muebles.

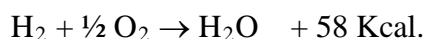
La melamina (cianuramida, o 1,3,5-triamino-2,4,6-tricina) puede ser obtenida por la polimerización a elevadas temperaturas de la cianamida.

La cianamida se obtiene de la cianamida de calcio, la cual es producida de piedra caliza y cola de la siguiente forma: (hojas, biblioteca Interquimec S.A.)



### 2.1.3. Formaldehído.

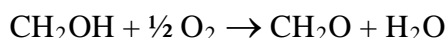
El formaldehído se produce al pasar una mezcla de vapor de metanol y aire sobre un catalizador (plata o cobre) a presión atmosférica, siendo la reacción que toma lugar posiblemente:



En general, los detalles varían en procesos diferentes, pero parece ser querido emplear una mezcla de volúmenes equivalentes de aire y metanol y mantener la catálisis a 600-650 °C. Por otro lado, los gases del reactor pasan a torres de destilación alimentados con soluciones de agua y formaldehído.

El producto resultante puede ser luego destilado, si es preciso, para dar la solución requerida de concentración formaldehído-metanol.

En una modificación del proceso anterior, un catalizador de óxido de metal es usado y el gas inyectado consiste en una mezcla de vapor de metanol y un alto exceso de aire. Bajo estas condiciones la reacción que toma lugar es:

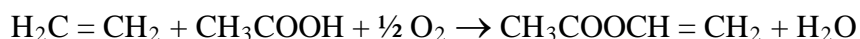


Por la directa oxidación de hidrocarburos, se da un incremento en cantidades del formaldehído, que es disponible como gas natural.

El formaldehído puro es una gas incoloro a temperaturas ordinarias. El formaldehído líquido se fusiona a -19 °C. Ambos, el gas y el líquido, se polimerizan fácilmente y el formaldehído es transportado sin variar y usado comercialmente como una solución acuosa (formalin) o como un polímero sólido (paraformaldehído). (hojas, biblioteca Interquimec SA)

#### 2.1.4. Vinil acetato.

El acetato de vinilo es manufacturado al hacer reaccionar etileno con ácido acético en fase vapor sobre un catalizador soportado de paladio.

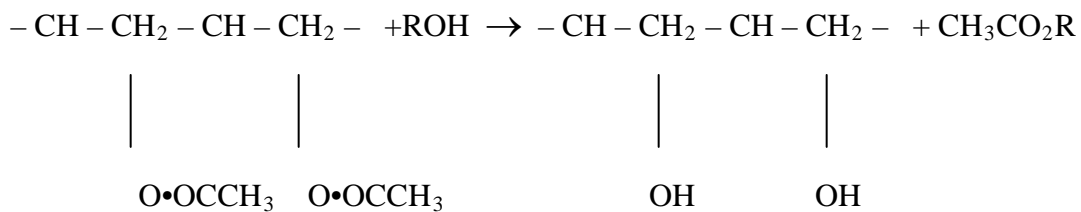


La reacción se lleva a cabo en un reactor tubular de lecho fijo y es altamente exotérmico. En condiciones adecuadas, el único subproducto importante es  $\text{CO}_2$ . Se recupera suficiente calor en forma de vapor para llevar a cabo la destilación de recuperación, y la reacción tienen lugar de  $174^\circ$  a  $200^\circ\text{C}$  bajo presiones de 475 a 1000 KPa. Para evitar la polimerización, se añade un inhibidor como difenilamina o hidriquinona.

En un proceso mas antiguo se solía reaccionar acetileno con ácido acético en fase liquida, pero actualmente la mayor parte del acetato de vinilo se produce a partir del etileno.

#### 2.1.5. Alcohol polivinílico.

Las resinas de alcohol polivinílico se producen con polivinil acetato que reacciona primero con alcohol para formar alcohol polivinílico y después se condensa con aldehídos para dar un grupo de resinas. El acetato de polivinilo reacciona con alcohol en condiciones controladas con trazas de ácido o álcali reemplazando los grupos acetilos con grupos hidroxilos par dar alcohol polivinílico, como se observa a continuación:



Este método de fabricación se utiliza porque el alcohol polivinílico no se puede preparar por polimerización directa en vista de que el monómero alcohol vinílico es un compuesto desconocido que existe como forma enólica de acetaldehído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ). El alcohol polivinílico es un plástico único porque se plastifica con agua y es completamente soluble en exceso de agua.

#### **2.1.6. Sosa Cáustica**

La sosa cáustica pura es un sólido blanco quebradizo que cómodamente absorbe humedad y bióxido de carbono del aire. Su contenido de  $\text{Na}_2\text{O}$  es condición para su venta y usualmente este es de mas o menos 76% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , equivalente a 98% de  $\text{NaOH}$ .

El término de sosa cáustica se utiliza mucho debido a que este compuesto es corrosivo para la piel.

#### **2.1.7. Amoníaco.**

El amoníaco es una materia prima principal en la industria química en general. SU dispersión comercial incluye  $\text{NH}_3$  liquido esencialmente puro, y amoníaco acuoso, estandarizado por lo general a 28% de  $\text{NH}_3$ .

Debido a que la molécula producto, amoníaco, tiene un volumen inferior que el de las moléculas reactantes, el rendimiento de equilibrio del amoníaco se aumenta con un aumento en la presión. El aumento en la temperatura produce el efecto contrario sobre el equilibrio, pero incrementa mucho la velocidad de la reacción. Este efecto negativo de la temperatura sobre el equilibrio, combinado con un fuerte efecto positivo sobre la velocidad, es común en muchas otras reacciones y requiere un buen equilibrio de las condiciones para asegurar buenas condiciones de operación y para lograr que haya ganancias. Una velocidad mayor significa una reducción en el tamaño del equipo, con la consecuente disminución de su costo.

## **2.2 Resinas sintéticas.**

Son obtenidas por procesos químicos de polimerización indefinida o de policondensación.

### **2.2.1 Resinas fenol-formaldehído.**

Se denominan resinas fenólicas al grupo de resinas sintéticas que posiblemente sean las más variadas y flexibles conocidas en el mercado. Se pueden fabricar de casi cualquier compuesto fenólico y un aldehído. Las resinas de fenol-formaldehído constituyen la proporción más grande, pero las de fenol-furfural, resorcinol-formaldehído y otras resinas similares también se incluyen en este grupo.

El producto obtenido depende de la concentración y naturaleza química de los reaccionantes, la naturaleza y concentración del catalizador utilizado, la temperatura y el tiempo de reacción, así como de los agentes modificadores, cargas y extendedores. La reacción inicial entre fenoles y una mezcla de cresoles con formaldehído, empleando un catalizador alcalino, produce alcohol bencílico.

Simultáneamente, el formaldehído adicional puede reaccionar produciendo di y tri metil fenoles. Estos alcoholes se condensan y polimerizan entre si rápidamente casi con violencia.

1. Procesos de un estado (RESOLES) y
2. Procesos de doble estado (NOVOLAKS).

La industria Química Interquimec produce solo resinas del tipo Novolak.

Estas resinas de doble estado –llamadas Novolak- son manufacturadas por medio de una catálisis ácida y una menor cantidad estequiométrica de formaldehído para reaccionar con el fenol ya presente. El resultado es un frágil y sólido termoplástico que requiere un agente catalítico o un agente de curado para que el rompimiento del enlace ocurra.



De forma mas especifica, en las resinas de dos pasos, sólo parte del formaldehído necesario se agrega al reactor al producir estas resinas, y se emplea un catalizador ácido. Son permanentemente fusibles o termoplásticas cuando se descargan del reactor, pero reaccionan con más formaldehído para producir una resina termoestable. Se proporciona este formaldehído adicional mediante “hexa” (hexametilén tetramina).

Entonces, el fenol y el formaldehído se colocan dentro del reactor con el catalizador (ácido sulfúrico) y se calientan durante 3 o 4 horas a una temperatura de 140 163 °C.

Durante la condensación se elimina el agua de reacción y forma la superior de las dos capas. Esta agua de reacción se separa al vacío sin agregar mas calor.

La resina tibia, deshidratada y viscosa cae del reactor a unas bandejas de poca profundidad donde se enfría y endurece. La resina fría y quebradiza se tritura y se muele hasta volverla polvo fino, convirtiéndose en la resina aglutinante de los compuestos fenólicos de moldeo.

La resina triturada y molida se mezcla con el activador “hexa”.

Los compuestos fenólicos para moldeo se moldean principalmente en moldes de compresión y transferencia. El polvo, mezclado con la carga, lubricantes y plastificantes, se hace reaccionar más sobre rodillos calentados por vapor, se enfría y se muele.

En el moldeo por compresión , el polvo se coloca en moldes de acero endurecido a una temperatura de 132 a 182 °C y se somete a presiones de 13.8 a 35 Mpa.

En el moldeo por transferencia, el material termoestable se calienta en una cámara exterior, de donde un émbolo lo obliga a pasar a un molde cerrado donde tiene lugar el curado.

El precalentamiento electrónico (en un campo electroestático de alta frecuencia fuera del proceso) de los polvos de moldeo, o granos, antes de llenar el molde, ayuda a tener un curado más rápido con menor presión, ya que facilita el flujo de material en la cavidad del molde.

La reacción química final de polimerización, o curado, tiene lugar en el molde para transformar el polvo en la forma rígida e infusible del artículo terminado.

Los fenólicos fundidos difieren de los compuestos moldeables en que no requieren presión para que la sustancia fluya y el fenol y el formaldehído con un catalizador básico para que la sustancia fluya.

El fenol y el formaldehído con un catalizador básico (generalmente hidróxido de sodio o potasio) en una olla metálica o de acero inoxidable se calientan desde el punto de ebullición hasta una temperatura tan baja como 7 °C durante un periodo de 10 minutos a 3 horas. El enfriamiento se realiza con una chaqueta con agua durante ciertas fases de la reacción exotérmica. Después de que se ha eliminado alrededor del 75% del agua que se firma y mientras la resina aun es hidrofílica, se añade un ácido orgánico (láctico o maleico) para neutralizar la resina y aclarar el color. Antes de la deshidratación final de la resina, se añaden a la olla plastificantes, pigmentos y colorantes que se mezclan con la resina. La deshidratación se efectúa al vacío a una temperatura de resina inferior a 74 u 80 °C y la resina se vacía en moldes de plomo precalentados. La reacción final y el endurecimiento tienen lugar al curar la resina en los moldes a 85 °C durante periodos de 3 a 10 días. Los hornos de curado se calientan con vapor bajo control de temperatura muy preciso.

Las resinas Fenol Formaldehído son las de mejor comportamiento en tableros que tienen contacto directo con el agua, tableros para exteriores y en tableros para zonas húmedas.

Tienen la desventaja que su aplicación en Tableros Aglomerados no es fácil, es agresiva con los equipos, es de color oscuro, tiene limitado tiempo de vida en almacenamiento y tiene costo elevado.(Radian, 1989)

### **2.2.2 Resina Urea Formol.**

Resinas amino.- Una resina típica de un paso se forma cuando urea (o melamina) se mezcla con formaldehído. La reacción inicial de la urea (o la melamina) con formaldehído es una adición simple para producir compuestos de metilol.

También se forma algo de dimetilolurea. El mecanismo de la inter condensación subsecuente de los compuestos de metilol no se ha establecido definitivamente, pero hay pruebas de la formación de eslabones metilénicos  $-NH-$ ,  $-CH_2-$ ,  $-NH-$ , o puentes etéricos,  $-NH.CH_2-O-CH_2NH-$ , al progresar la condensación y el curado. Estos intermediarios cristalinos como el agua y solubles en agua se mezclan con alguna forma de celulosa para producir un producto infusible en insoluble. Se necesita un catalizador y control de temperatura. Debido a que la melamina no es fácilmente soluble en agua o formalina a la

temperatura ambiente, es necesario calentarla a unos 80 °C para obtener los compuestos de metilol para las resina melamina-formaldehído.

Las Resinas Urea/Formol son el producto de la reacción controlada entre el formaldehído y la urea. La reacción se produce en un medio acuoso para la gran mayoría y en medios alcohólicos para ciertos tipos especiales (barnices).

Para controlar la reacción, esta se la realiza en dos etapas, una reacción inicial en medio ligeramente alcalino con un pH entre 7.8 – 8.3.

Luego, una vez completada la reacción inicial, se condensa en medio ácido (pH 4.8 – 5.8) para obtener el polímero deseado. Una vez alcanzado el grado necesario de polimerización se suspende la reacción elevando nuevamente el pH a medio alcalino entre 7.8 – 8.3.

Para este momento se realizan los ajustes terminales del producto, ya sea destilándolo para aumentar los sólidos -si es necesario- o ajustándole ciertas propiedades como tiempo de gel, formol libre o pH.

La resina Urea/Formol es la más utilizada en el campo de los adhesivos para madera.

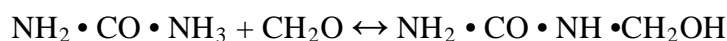
Sus principales ventajas son su eficiencia en proveer uniones fuertes a bajo costo y su gran facilidad en la aplicación.

Su debilidad esta asociada con su baja resistencia al agua, lo que la limita sólo a aplicaciones de tableros para usos en interiores y en ambientes de baja humedad (corrientes). .(hojas, biblioteca Interquimec S.A.)

### **2.2.3 Reacciones de urea y formaldehído en soluciones acuosas.**

Reacciones de adición:

Se ha encontrado que sobre una gran variedad de condiciones, la urea reacciona primero con el formaldehído para dar monometilolurea:



La reacción es reversible, la siguiente reacción siendo bimolecular y la de reversa siendo monomolecular.

Luego, la monometilolurea reacciona reversiblemente con el formaldehído hacia dimetilolurea.



Bajo condiciones neutrales, por lo tanto, una solución acuosa de urea y formaldehído finalmente contiene todos los 4 cuatro componentes (urea, formaldehído, monometilolurea y dimetilolurea) en equilibrio. Al determinar el formaldehído libre presente en la solución a intervalos, se estima los rangos constantes para ambas reacciones, para las de arriba.(hojas, biblioteca Interquimec S.A.)

### **2.3. Fuentes de los líquidos industriales (gral).**

La naturaleza de los líquidos provenientes de industrias generan una gran variedad de aguas residuales en general, ya que su proveniencia es muy variada: agua como medio de transporte, agua de lavado y de enjuague, agua de transformaciones químicas, agua subproducto de procesos físicos, en fin, de muchas formas.

Una limitación mas exigente se vuelve en los países industrializados al desarrollar un política ambiental que sirve para asegurar el proceso productivo futuro, en relación a los contaminantes que producen.

Los metales pesados y ciertas sustancias orgánicas son los mas conflictivos en es aspecto.

En general, los contaminantes pueden encontrarse de forma disuelta, en suspensión, y además ser de tipo orgánicos e inorgánicos, por lo que a continuación se los describe de manera más amplia:

Materia orgánicas soluble (DBO, DQO, COT); Aceites, grasas y material flotante; nutrientes; Sólidos en suspensión y material coloidal; Color, turbidez y color; Acidez o alcalinidad; Metales pesados; Contaminantes orgánicos especiales.

## **2.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales son elementos los elementos claves en sistemas de evacuación de aguas residuales por parte de las industrias, que pueden ejercer profundos efectos sobre la administración de los recursos hidráulicos regionales y nacionales.

El posible impacto que se puede producir debe ser tomar en cuenta en el proceso de planeamiento en todos los niveles: hidrológico, económico, higiénico, legal y político.

Para el mejor diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales , se debe determinar en relación óptima, la posición, la naturaleza y el tamaño de las plantas de tratamiento necesarias respecto a:

1. La fuente y calidad del agua que se va a tratar,
2. El origen y composición de las agua residuales producidas,
3. La naturaleza de las aguas receptoras en las que se vayan a dispersar las aguas residuales,
4. La configuración y topografía de la comunidad y sus zonas circundantes,
5. La población anticipada, el crecimiento industrial y a la expansión del área y
6. Las amalgamas físicas tanto posibles como probables, además de la creación de autoridades regionales y metropolitanas.

En general existen varias clases de sistemas de tratamiento, todo depende según el tipo de industria que se vaya a tratar.

Además, para este caso donde el principal proceso en la planta de tratamiento es la coagulación y floculación, cuanto menor sea la cantidad de sólidos suspendidos en la corriente en procesamiento, o cuanto mayor sea la claridad que se desee obtener en el flujo de salida, tanto mas critico será el mezclado para obtener los resultados finales.(NALCO, 1989)

## **2.5. Tamizado.**

El cribado ó tamizado, consta de unas mallas dispuestas en una superficie de tal forma que dejan pasar el agua y obliga a que el material sólido de gran tamaño quede retenido sobre ella.

La ventaja de este sistema es que es muy económico en el mercado, es de fácil manejo, pero por otro lado su mantenimiento debe ser cuidadoso para que no se de lugar a taponamientos o inclusive desviaciones de material sólido.(NALCO, 1989)

## **2.6. Floculación y coagulación.**

En teoría, la coagulación es la cancelación de las propiedades emulsificantes del agente activo de superficie o de la neutralización de la gotita de aceite cargada, mientras que la floculación es la aglomeración de las gotitas neutralizadas en glóbulos grandes, que pueden separarse.(NALCO, 1989)

Pero en términos mas simples la coagulación y floculación son dos procesos de tratamiento químico que se utilizan para clarificar el agua.

Se puede decir que ambos procesos son una etapa en la cual las partículas se juntan en pequeños conjuntos llamados flocs de tal forma que su peso específico supera al del agua para poder precipitar.

En la coagulación se habla de una desestabilización de las partículas suspendidas para que se reduzcan las fuerzas de separación que existe entre ellas.

La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto, implicando la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.

El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico (coagulante) en agua, originando productos insolubles. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundo.(Internet)

Los sólidos de pequeño tamaño, mediante el uso de reactivos químicos, se agregan en sólidos mayores que son sedimentables. Normalmente son tratamientos que van seguidos de algún medio de separación física. Mediante este tratamiento conseguimos eliminar partículas de tamaño coloidal, con velocidades de sedimentación muy bajas.

Los coloides son partículas de pequeño tamaño cargadas eléctricamente. Una de sus propiedades es su gran estabilidad, que impide que se agreguen, pudiéndose mantener en suspensión de forma indefinida en el líquido que las contiene. Esta estabilidad es debida a que las fuerzas que tienden a agregar las partículas (energía cinética debido a su movimiento y fuerzas de Van der Wals) son menores que la repulsión electrostática debida a su carga superficial.

## **2.7. Sedimentación.**

La sedimentación es un tratamiento físico que se basa principalmente, en la separación de los contaminantes sólidos, cuya densidad es mayor que la del líquido, debido a la acción de la gravedad.

La sedimentación es la eliminación de sólidos suspendidos en el agua por asentamiento gravitacional.

Para que se pueda dar este tratamiento, la velocidad a la que el líquidos fluye debe reducirse a un valor suficiente para que los sólidos se puedan asentar por gravedad propia, si el tiempo de retención en el recipiente de sedimentación es lo suficientemente extenso.

Esta velocidad de asentamiento de las partículas esta determinada por el tamaño, forma y densidad, así como por la naturaleza del líquido a través del cual se asientan.

## **2.8. Secado.**

El secado de los lodos es una operación unitaria donde por medio de la evaporación al aire, se puede reducir el contenido de agua que contiene un lodo.

Para secados convencionales, la evaporación del agua se facilita por diferencias en sus presiones de vapor, mientras que en los secadores mecánicos, se aumenta la capacidad de evaporación del agua por medio de un calor auxiliar.

## 2.9. Adsorción.

La adsorción es la colección y concentración selectiva en superficies sólidas de tipos de moléculas particulares contenidas en un líquido o un gas. Por medio de esta operación unitaria, gases líquidos o sistemas mixtos, hasta en extremas bajas concentraciones, pueden ser selectivamente capturadas y removidas de corrientes gaseosas o líquidas usando una gran variedad de materiales específicos conocidas como adsorbentes. El material que es adsorbido en el adsorbente se llama adsorbato. Dos mecanismos envueltos son la absorción química y la adsorción física.

Cuando moléculas gaseosa o líquidas alcanzan la superficie de un adsorbente y se mantienen sin ninguna reacción química, el fenómeno se denomina adsorción física, o fisisorción. El mecanismo de fisisorción puede ser electrostática intermolecular o por fuerzas de Van Der Waals o pueden depender en la configuración física del adsorbente, tal como la estructura de los poros de carbón activado. Adsorbentes físicos, típicamente tienen amplia superficie de contacto. Las propiedades del material a ser adsorbido (tamaño molecular, punto de ebullición, peso molecular y polaridad) y las propiedades de la superficies del adsorbente ( polaridad, tamaños de poros y espaciamiento) ambos sirven para determinar la cualidad de adsorción.

El carbón activado es el adsorbente mas comúnmente utilizado hoy en día. Es usualmente categorizado como adsorbente físico y como adsorbente no polar. Puede ser producido a partir de una gran variedad de materiales carbónicos y provee una superficie interna de contacto extremadamente alta, dentro de su intrincada red de poros.

Una superficie total de contacto ha sido estimada de 450 a 1800 m<sup>2</sup>/g. Para adsorción de solvente orgánicos es capaz de remover por lo menos el 85% de la emisiones.

Usualmente viene en 3 tipos generales: tipo granular, píldoras, y en polvo.



## **2.10. Aireación.**

La aireación es el proceso mecánico por el cual se procura un contacto íntimo del aire con el agua. Aplicada al tratamiento de agua, la aeración transfiere moléculas gaseosas, principalmente oxígeno, del aire, (fase gaseosa) al agua (fase líquida). Aunque a menudo la meta es disolver oxígeno en agua, la aireación incluye también la remoción del agua de gases indeseables, como  $\text{CO}_2$  y metano; este proceso se cita algunas veces como desgasificación.

La aeración está casi siempre acompañada de otros procesos o reacciones, que pueden ser de naturaleza física, químicas o bioquímica. Con mucho, el mayor uso del equipo de aeración se encuentra en el campo de la oxidación bioquímica de desecho orgánicos, domésticos o industriales. Pero la aireación también se usa ampliamente para la oxidación de impureza inorgánicas como, por ejemplo, Hierro, manganeso u sulfuro de hidrógeno, y para la remoción u oxidación de impurezas volátiles causantes de olor o mal sabor. La aireación cuyo objetivo es aumentar solo el contenido de oxígeno en el agua se lleva a cabo algunas veces en el último paso en una planta de tratamiento de agua o de desecho. (NALCO, 1989)

## **2.11. Disposición de lodos industriales provenientes de plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales.\***

Metodología para la disposición de lodos industriales provenientes de plantas de tratamiento no domésticas.

### *Objetivos*

Los objetivos específicos de esta metodología es:

Organizar y planificar las actividades de disposición final de lodos industriales tratados en los vertederos de residuos sólidos administrados por la empresa.

---

\* (Gerencia de operaciones / EMSAEO 2001)

Obtener la máxima producción de las máquinas, para abaratar y optimizar los costos de operación y mantenimiento.

Definir las obligaciones de la entidad o establecimiento industrial solicitante del servicio

Definir las actividades de control y supervisión dentro de los frentes de trabajo a cargo de EMASEO

Cumplir con las especificaciones técnicas y constructivas del relleno.

Establecer un proceso constructivo para el relleno de las celdas diarias

#### *Horario de trabajo*

Se ha establecido un horario de trabajo de 8 horas para la recepción de lodos industriales tratados, de acuerdo a los siguientes turnos.

De 9h00 am a 13h00 pm

De 13h00 am a 16h00 om

Se prohíbe la descarga de todo tipo de residuos fuera de los horarios de trabajo antes anotados

#### *Ingreso de lodos industriales tratados al relleno de Zámbriza*

Se prohíbe el ingreso de todo tipo de residuos sólidos tóxicos y peligrosos no tratados al relleno de Zámbriza, debido a que este vertedero no cumple con las condiciones de seguridad ambiental para almacenar y confinar este tipo de residuos.

Únicamente se receptará LODOS INDUSTRIALES TRATADOS E INERTES autorizados por la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente (DMA), mediante oficio a la Empresa Metropolitana de Aseo (EMASEO), donde se garantice que las condiciones de toxicidad y peligrosidad para la salud humana y el medio ambiente son mínimas o nulas.

Las repercusiones y daños ambientales posteriores son exclusivamente responsabilidad del generador y de la DMA.

#### *Plan de operación y proceso constructivo*

Los trabajos planificados deben llevarse a cabo en completo orden, control y disciplina, de acuerdo al siguiente proceso:

Pesaje y registro de los lodos industriales tratados, transportados, en la bascula electrónica de ET2, ubicada al ingreso del relleno de Zámbriza

Ingreso por el acceso principal hacia los frentes de trabajo o sitios planificados por el jefe de disposición final de EMASEO o los supervisores del relleno, quienes son los encargados de diferenciar por tipo de residuos sólidos (domésticos o peligrosos)

Adicionalmente se encargan de comprobar el peso y de revisar la cadena de custodia, requisito fundamental para descargar.

La descarga debe realizarse únicamente en los sitios autorizados, puesto que cada frente de trabajo ha sido adecuado y preparado con la construcción de los drenes de lixiviados y chimeneas de gases.

En el frente de trabajo los ayudantes de equipo pesado se encargan de la ubicación de los vehículos y de la organización del tráfico en el patio de maniobras

Una vez extendidos en el suelo se inicia con la esparción y compactación de los desechos

El tractor de orugas esparce la basura en capas de 60 cm. e imprime el grado de compactación requerida para los desechos

El tractor pasará en bandas paralelas de 4 a 6 veces, en contra pendiente hasta conseguir una capa homogénea de residuos de 60 cm.

Las camadas extendidas formarán un talud de 3:1 en caso de plataformas, para favorecer el proceso de compactación de los residuos, el drenaje, la estabilidad y evitar el consumo excesivo de combustible.

La altura final de la celda tendrá aproximadamente de 2 a 3 metros

Previa a la culminación de la celda diaria, se acumulan, lo mas cerca posible cantidades moderadas de tierra (material que ingresa al relleno producto de desbanque su excavación en la ciudad), para hincar la conformación de la cobertura diaria, en capas de aproximadamente 20 cm. Este espesor se incrementa a unos 50 cm. por mantenimiento de los caminos y vías de acceso a los frentes de trabajo, para facilitar el ingreso de los vehículos en épocas de lluvias fuertes.

Finalmente se realiza el control de niveles topográficos y del diseño geométrico de terrazas y taludes.

Los trabajos serán supervisados por un residente representante del generador, el jefe de disposición final de EMASEO y un fiscalizador del DMA

*Operación en épocas de lluvia*

Como resultado de varias camadas de celdas superpuestas, se originan superficies blandas, sobre las cuales se hace muy difícil el tráfico de camiones o volquetas. En condiciones de lluvias continuas, estas condiciones se empeoran e impiden el normal rendimiento del equipo mecánico del relleno, debido a numerosos hundimientos de los vehículos. En estos casos se debe acumular cerca del acceso al sitio de descarga stocks de material pétreo, escombros o desechos de demolición

### **CAPITULO III:**

#### **PARTE EXPERIMENTAL.**

### **3.1. Metodología.**

#### **3.1.1. Muestreo de aguas residuales.**

##### **3.1.1.1. Determinación de caudales.**

Se pudo diferenciar 3 ingresos de caudales al tanque de homogenización, de los cuales se describirá la forma en que se procedió a medir los caudales:

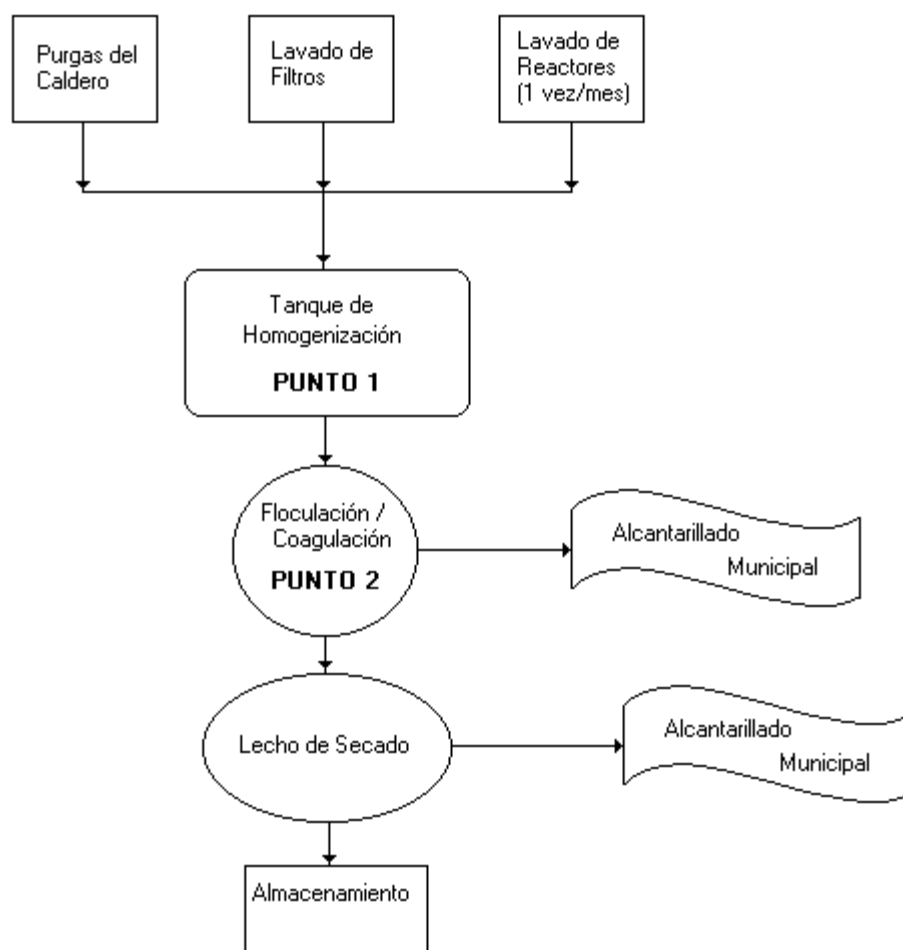
NOTA: El período de medición de caudales fue de una semana.

1. Purga de los calderos.- Para este proceso se midió previamente las dimensiones del tanque de homogenización. Debido a la dificultad de acceso en el lugar para medir el caudal mediante aforo volumétrico, se tomó la altura del nivel del agua desde la superficie, antes de la descarga de purgas de los calderos y después de las mismas, obteniendo así un diferencia que sería el volumen de las purgas. Como la descarga de las purgas se hizo en un determinado intervalo de tiempo se realizó los respectivos cálculos para obtener un caudal, en metros cúbicos por día.
2. Lavado de filtros.- Debido la dificultad de acceso en el lugar para medir el caudal mediante aforo volumétrico, se midió previamente las dimensiones del tanque donde se lavan los filtros y se promedió el número de veces que se lavan los filtros en base a criterios de los operadores de la planta. Hecho esto se realizó los respectivos cálculos para obtener el caudal en metros cúbicos por día que ingresan al tanque de homogenización.
3. Lavado de reactores (1 vez /mes)

A continuación se detalla el cuadro de caudales (tabla 1) y diagrama de flujo de caudales (gráfico 1) que intervienen en el sistema de tratamiento de aguas de la industria.

Sitio	Caudales (Q)	
	(m <sup>3</sup> /día)	(l/s)
Entrada de purgas de calderos al tanque de Homogenización	2.4	0.03
Entrada de lavado de filtros al tanque de Homogenización	0.4	0.00
Salida del Tanque de homogenizacion	2.8	0.03
Salida Alcantarillado	12.2	0.14

**Tabla 1.** Fuentes de aporte de caudal al sistema de tratamiento de aguas de la industria Interquimec S. A.



**Gráfico 1.** Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas de la industria

### **3.1.1.2. Plan de muestreo.**

Para el muestreo de las aguas, se decidió tomar las muestras en un lapso de aproximadamente una semana, específicamente en el mes de febrero, además, se lo hizo de tal forma que las aguas muestreadas del punto 2 fueran las mismas (pero tratadas por la planta de tratamiento) que las del punto 1, para que existiera una correlación entre ellas.

La toma de las aguas para su posterior análisis se basó en un muestreo compuesto, de horarios dispuestos de 08h00 a.m. a 12h00 p.m.

Siendo entonces, el Punto 1 el tanque de homogenización de las aguas residuales provenientes de la planta (anterior al tratamiento) y el Punto 2 el agua que se descarga a las alcantarillas (posterior al tratamiento).

### **3.1.2. Procedimientos analíticos para caracterización físico-químicas de nuestras aguas.**

#### **3.1.2.1. In situ.**

- *pH*: Para la respectiva medición del pH, se utilizó un medidor de pH proporcionado por la industria Interquimec S.A., la cual se realizó en el sitio de toma de muestra para obtener datos precisos y reales.
- *Temperatura*: Para la respectiva medición de temperatura, se utilizó un termómetro proporcionado por Interquimec S.A. y se midió en el lugar del muestreo para que los datos fuesen reales y precisos.

#### **3.1.2.2. Mediciones de laboratorio.**

- *Fenoles*: Espectrofotometría UV/V, Método 8047, HACH DR/4000.
- *Aceites/ Grasas (Solubles en hexano)*: Espectrofotometría UV/V, Método 951, HACH 2000.
- *Sulfatos*: Espectrofotometría UV/V, Método 8051, HACH DR/4000.



- *Sólidos Suspendidos*: Espectrofotometría UV/V, Método 630, HACH 2000.
- *Sólidos Sedimentables*: Se tomó una alícuota de 1000 ml de muestra problema y se la colocó en un cono Imhoff por un lapso de 2 horas, para luego proceder a medir el contenido de sólidos sedimentables en la muestra.
- *Detergentes*: Espectrofotometría UV/V, Método 8028, HACH DR/4000.
- *Formaldehído*: El contenido de formaldehído se procedió a medir en las instalaciones de laboratorio de Interquimec S.A. por parte de los operadores del laboratorio.
- *Fosfatos*: Espectrofotometría UV/V, Método 780, HACH 2000.
- *Material Flotante*: Se midió a criterio de lo que se observó en el lugar de muestreo
- *DBO*: Se toma una muestra de 300 ml en un frasco Winkler con su respectiva dilución (0.1, 5, 10, etc según sea necesario).

Se procede a medir el oxígeno disuelto del agua destilada.

Se coloca la dilución hasta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de la capacidad del frasco Winkler.

Se procede a poner los nutrientes tipo buffer para DBO que vienen en cápsulas.

Luego se coloca el resto de la dilución en el frasco Winkler hasta colmar y se trata de evitar dejar alguna burbuja en el líquido.

Se realiza un sello de agua en la tapa.

Se lleva a incubación por 5 días a 20°C.

Se procede a medir el oxígeno disuelto final.

- *DQO*: Se tomó una alícuota de 10ml de la muestra problema.  
Se colocó 1 pizca de Sulfato de mercurio, 5 ml de dicromato de potasio y 15 ml de sulfato de plata, y se añadió núcleos de ebullición.  
Se llevó a reflujo por dos horas.  
Luego se colocó 7 gotas de solución de Ferroin y finalmente se tituló con Sulfato ferroso amoniacal.

### **3.2 Resultados (Datos Experimentales).**

#### **CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE LLEGAN Y SALEN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

(Tabla 2 y 3)

Parámetros	Unid.	Norma ♦	PUNTO 1				Análisis Estadístico						
			Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Valores notables			Valores persistentes (% Probabilidad)			
			13/02/02	15/02/02	18/02/02	22/02/02							
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Min.	Máx.	Prom.	10	25	50	90
Fenoles	mg/l	0.2	0.32	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Aceites/Grasas	mg/l	50	38.8	26	63.2	14.2	14.2	63.2	35.6	42.9	40.1	35.6	28.2
Sulfatos	mg/l	-	45	32	71	63	32.0	71.0	52.8	34.2	41.1	52.8	71.4
Sólidos Suspendidos	mg/l	200	428	731	224	270	224.0	731.0	413.3	609.5	535.9	413.3	217.1
Sólidos Sedimentables	ml/l	10	0.04	0.03	0.01	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detergentes	mg/l	0.5	0.007	0.014	0.39	0.008	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
pH	-	5 - 9	9.54	9.7	9	9	9.0	9.7	9.3	9.8	9.6	9.3	8.8
Temperatura	°C	< 40	21	23	40	20	20.0	40.0	26.0	23.2	24.3	26.0	28.8
Formaldehído	%		0.0866	0.01	0.02	0.03	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
Fosfatos	mg/l	-	127	71	43	23.4	23.4	127.0	66.1	133.9	108.5	66.1	-1.7
Material Flotante	-	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	-	-	-	-	-	-	-
DBO	mg/l	250	523	235	423	502	235.0	523.0	420.8	395.8	405.1	420.8	445.8
DQO	mg/l	500	1652.8	768	1094.1	1320	768.0	1652.8	1208.7	1343.2	1292.8	1208.7	1074.3

**Tabla 2.**

Caracterización físico química y análisis estadístico de las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento.

♦ Resolución administrativa No. 56 de 98/11/23, Ordenanza substitutiva del Cap. III para la prevención y control de la contaminación producida por las descargas líquidas y las emisiones al aire de fuentes fijas.(Anexo 4)

Parámetros	Unid.	Norma ♦	PUNTO 2				Análisis Estadístico						
			Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Valores notables			Valores persistentes (% Probabilidad)			
			13/02/02	15/02/02	18/02/02	22/02/02	Min.	Máx.	Prom.	10	25	50	90
<b>FECHA</b>			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4							
Fenoles	mg/l	0.2	0.32	0.33	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Aceites/Grasas	mg/l	50	0	0	9	18.2	0.0	18.2	6.8	-5.9	-1.2	6.8	19.5
Sulfatos	mg/l	-	800	550	900	1200	550.0	1200.0	862.5	552.5	668.8	862.5	1172.5
Sólidos Suspendidos	mg/l	200	23	3	3	7	3.0	23.0	9.0	18.6	15.0	9.0	-0.6
Sólidos Sedimentables	ml/l	10	375	0	0	0	0.0	375.0	93.8	318.8	234.4	93.8	-131.3
Detergentes	mg/l	0.5	0.08	0.028	0.002	0.021	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
pH	-	5 - 9	6.67	6.45	5.45	8.48	5.5	8.5	6.8	5.9	6.2	6.8	7.6
Temperatura	°C	< 40	19	18.5	17	18	17.0	19.0	18.1	19.0	18.7	18.1	17.2
Formaldehído	%		0.0199	0	0.01	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fosfatos	mg/l	-	45	0.9	0.21	0.51	0.2	45.0	11.7	38.5	28.4	11.7	-15.2
Material Flotante	-	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	Ausenc.	-	-	-	-	-	-	-
DBO	mg/l	250	465	498	378	362	362.0	498.0	425.8	511.6	479.4	425.8	340.0
DQO	mg/l	500	1140.7	1257.12	1117.4	1023	1023.0	1257.1	1134.6	1233.1	1196.2	1134.6	1036.0

**Tabla 3.**

Caracterización físico química y análisis estadístico de las aguas residuales que salen de la planta de tratamiento.

♦ Resolución administrativa No. 56 de 98/11/23, Ordenanza substitutiva del Cap. III para la prevención y control de la contaminación producida por las descargas líquidas y las emisiones al aire de fuentes fijas.(Anexo 4)

### **CAPITULO III:**

#### **3.1. ENSAYOS DE TRATABILIDAD.**

Debido a que Interquimec S.A., se trata de una industria que maneja fenol-formaldehído, la disminución de fenoles en el contenido de sus aguas residuales es imperativa para el cumplimiento de la normativa municipal..

Además, se pudo advertir que los valores de DQO y DBO también sobrepasaban los límites permisibles, por lo que estos parámetros debían ser controlados de igual forma.

El agua problema con la que se llevo a cabo todos los ensayos, es aquella que sale del sistema de tratamiento de Interquimec S.A. para sus aguas residuales (2 tanques de coagulación y floculación). De esta forma, el nuevo método a descubrir para poder disminuir los parámetros que sobrepasan la norma, se podría adicionar a continuación del sistema de tratamiento de aguas residuales existente en la industria, para aprovechar el sistema ya construido.

Conjuntamente, se decidió tomar como referencia al DQO y fenoles, excluyendo al parámetro de DBO, por facilidad de tiempo (ya que la medición de DBO dura 5 días) y debido a su difícil regularidad al momento de medirlo.

Como parte del procedimiento para la disminución de los parámetros de interés, a continuación los ensayos que fueron realizados.

### **3.1.1. Ensayo de Aireación.**

- Se tomó una muestra del agua problema en un vaso de 1000ml.
- Se la llevó a aireación por medio de dispersores de aire (tipo pecera).
- Se esperó por un periodo de tiempo de 6 horas.
- Se procedió a medir la concentración de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
3.1.1. Aireación (6 horas)	7895	6990	11.5	0.3	0.3	0.0

**Tabla 4.**

### **3.1.2. Ensayo de Aireación + Peróxido de hidrógeno.**

- Se tomó dos muestras del agua problema en dos vasos de 1000ml para cada una.
- Se colocó con una pipeta, 9 ml de peróxido de hidrógeno (30%) en cada vaso de 1000 ml.
- Luego se llevó los dos vasos a aireación, independientemente por un período de 2 y 6 horas respectivamente.
- Se procedió a medir el contenido de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
3.1.2.1. Aireación (2 horas) + Peróxido de hidrógeno ( 9 ml)	4620	3203	30.7	0.3	0.024	92.0
3.1.2.2. Aireación (6 horas) + Peróxido de hidrógeno (9 ml)	4620	3192	30.9	0.3	0.033	89.0

**Tabla 5.**

### **3.1.3. Ensayo con Peróxido de Hidrógeno.**

- Se tomó dos muestras del agua problema en dos vasos de 1000 ml para cada una.
- Se colocó con una pipeta ,9 y 15 ml de peróxido de hidrógeno (30%) en cada vaso de 1000 ml.
- Entonces se agitó por un periodo aproximado de 5 minutos.
- Se procedió a medir el contenido de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
<i>Ensayos</i>						
3.1.3.1. Peróxido de hidrógeno (9 ml)	7895	6621	16.1	0.3	0.066	78.0
3.1.3.2. Peróxido de hidrógeno (15 ml)	7895	6579.2	16.7	0.3	0.066	78.0

**Tabla 6.**

### **3.1.4. Ensayo con Hipoclorito de sodio.**

- Se tomó una muestra del agua problema en un vaso de 1000 ml.
- Se colocó una alícuota 10 ml de hipoclorito de sodio (10%) en el vaso de 1000 ml.
- Entonces se agitó por un periodo de 5 minutos.
- Se procedió a medir el contenido de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
<i>Ensayos</i>						
3.1.4. Hipoclorito de sodio (10 ml)	1186	1123.2	5.3	0.3	0.03	90.0

**Tabla 7.**

### **3.1.5. Ensayo con Hidróxido de sodio.**

- Se tomó una muestra del agua problema en un vaso de 1000 ml.
- Se colocó con una pipeta, 50 ml de hidróxido de sodio (1 N.) en el vaso de 1000 ml.
- Luego se procedió a agitar por un período de 5 minutos .
- Se procedió a medir el contenido de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
<i>Ensayos</i>	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
3.1.5. Hidróxido de sodio (50 ml)	4340	4150	4.4	0.3	0.192	36.0

**Tabla 8.**

### **3.1.6. Ensayo con Carbón activado.**

- Se tomó una muestra en un vaso de 1000 ml.
- Se colocó  $\cong$  20 g de carbón activado (en polvo).
- Luego se agitó por un periodo de 5 minutos.
- Entonces se filtró a través de papel filtro.
- Se procedió a medir el contenido de fenoles y DQO.

METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
<i>Ensayos</i>	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
3.1.6. Carbón activado (20 g.)	1186	811.2	31.6	0.3	0.029	90.3

**Tabla 9.**



METODO	DQO (mg/l)			Fenoles (mg/l)		
	Antes	Después	Eficiencia	Antes	Después	Eficiencia
<b>Ensayos</b>						
3.1.1. Aireación (6 horas)	7895	6990	11.5	0.3	0.3	0.0
3.1.2.1. Aireación (2 horas) + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ( 9 ml)	4620	3203	30.7	0.3	0.024	92.0
3.1.2.1. Aireación (6 horas) + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ( 9 ml)	4620	3192	30.9	0.3	0.033	89.0
3.1.3.1. Peróxido de hidrógeno (9 ml)	7895	6621	16.1	0.3	0.066	78.0
3.1.3.2. Peróxido de hidrógeno (15 ml)	7895	6579.2	16.7	0.3	0.066	78.0
3.1.4. Hipoclorito de sodio (10 ml)	1186	1123.2	5.3	0.3	0.03	90.0
3.1.5. Hidróxido de sodio (50 ml)	4340	4150	4.4	0.3	0.192	36.0
3.1.6. Carbón activado (20 g.)	1186	811.2	31.6	0.3	0.029	90.3

**Tabla 10.** Resumen de resultados de los ensayos realizados.

## **CAPITULO IV:**

### **DISCUSIÓN.**

Después de estudiar y comparar los parámetros de las aguas residuales, antes y después de la planta de tratamiento (tablas 2 y 3), se pudo conocer la eficiencia de la planta de tratamiento de Interquimec S.A., que se representaba en la disminución de solo dos parámetros, Sólidos Suspendidos y pH siendo éstos, los únicos variantes en el tratamiento de la industria.

Por otro lado, adentrándonos en la parte de los ensayos de tratabilidad, la aireación tuvo una eficiencia de tan solo el 11% de remoción de DQO y ninguna en cuestión de fenoles (tabla 4). Además, se la llevó a cabo por un periodo máximo de 6 horas, debido a que una prolongación mayor a este tiempo no hubiese resultado eficiente ni económico.

La aireación más el peróxido de hidrógeno proveyeron un gran suministro de  $O_2$  hacia el agua problema, como se pudo comprobar en la tabla 5, con una eficiencia del 30% aproximadamente con respecto al DQO y con una eficiencia del 90% concerniente al parámetro de fenoles. La oxidación química por medio del peróxido de hidrógeno es bastante fuerte, observando que la aireación por si sola tiene un porcentaje bajo y afirmando al peróxido de hidrógeno como el oxidante importante.

La adición de peróxido de hidrógeno como único tratante fue bueno, comparado a la aireación sola, con una efectividad aproximadamente del 16% en relación al DQO y del 78% respecto a fenoles (tabla 6). Reiterándose de esta forma, que el peróxido de hidrógeno es verdaderamente el gran suministrador de oxígeno en nuestros ensayos.

En el caso del hipoclorito de sodio, hubo una eficiencia del 5.3% y 90% con respecto a los parámetros de DQO y fenoles correspondientemente (tabla 7), siendo los fenoles el asunto apropiado para este tipo de tratamientos.

Con respecto al NaOH se intentó realizar una formación de sales, para poder reducir o remover a los fenoles de alguna manera ( Morrison y Boyd, 1990). De acuerdo al resultado se pudo comprobar que hubo acción muy baja en el DQO con una eficiencia del 4.4%, pero por otro lado la remoción de fenoles fue buena con una eficiencia de 36%(tabla 8). Pero cabe aclarar que este ensayo muestra un menor porcentaje de eficiencia de reducción en general, comparado con la oxidación química que presenta el peróxido de hidrógeno.

Finalmente respecto al carbón activado, se puede ver según la tabla 4, una remoción de DQO y fenoles del 31.6% y 90.3% respectivamente.(tabla 9) siendo uno de los mejores resultados obtenidos en nuestros ensayos de laboratorio.

Es notable recalcar la ventaja que se tiene al no utilizar productos químicos y su funcionamiento bastante simple.

## **CAPITULO V:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Con el presente trabajo se pudo verificar que los parámetros de fenoles, DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) no se ven alterados de manera efectiva alguna al ser tratados por la planta de tratamiento existente de Interquimec S.A., siendo esto un punto problemático para la industria, ya que la ordenanza municipal no es cumplida a cabalidad.

Como se pudo observar, se procedió a realizar ensayos para tratar de disminuir los parámetros que sobrepasan el valor de la norma, con respecto a DQO y fenoles, a posteriori del tratamiento que provee Interquimec S.A., para que cualquier procedimiento que se fuese a agregar, se realizara a continuación de la planta de tratamiento que ellos ya poseen.

Con respecto a la aireación, podemos concluir que este tipo de tratamiento mecánico, por difusores de aire es uno de los más comunes y relativamente económicos conocidos en el mercado, pero se pudo comprobar que su eficiencia en este caso fue muy baja para este tipo de aguas residuales, por lo que no es recomendable.

En el caso de la aireación más el peróxido de hidrógeno, se pudo concluir que este tratamiento es uno de los mejores para estas aguas, demostrándose así que la aireación añadida con el peróxido de hidrógeno, es definitivamente mas eficiente que si se utilizara los dos métodos por separado (aireación y peróxido de hidrógeno), siendo recomendable para Interquimec S.A.

El peróxido de hidrógeno solo, tuvo una eficiencia buena, lo que ayudó a confirmar que el peróxido de hidrógeno, es un fuerte oxidante, pero aún así no es muy recomendable solo.

Con respecto a costos se pudo calcular un valor aproximado de peróxido de hidrógeno de \$ 7.26/m<sup>3</sup> de agua a tratar.

Para el hipoclorito de sodio es notable recalcar su eficiencia respecto a fenoles, pero su bajísima acción respecto al DQO, por lo que no es aconsejable en este estudio.

Además, se pudo calcular un precio aproximado por tratamiento es de \$ 6.66/m<sup>3</sup>.

Respecto al hidróxido de sodio, se pudo concluir que fue el más bajo en eficiencia en comparación con los demás ensayos realizados en este trabajo, por lo que para este tipo de aguas residuales no tiene sentido utilizar este método, ya que no se ven resultados satisfactorios.

Para el carbón activado, se pudo ver que tuvo una eficiencia muy alta respecto a fenoles y DQO por lo que se recomienda. Con respecto a costos se pudo calcular un valor aproximado del carbón activado de \$7.5 /m<sup>3</sup> de agua a tratar.

Por otro lado, se recomienda el desarrollo de un plan de mantenimiento periódico dirigido hacia el tanque de homogenización de aguas residuales, así como a los dos tanques de la planta de tratamiento, ya que el descuido en su limpieza puede ser un factor significativo al momento del tratamiento de las aguas.

Finalmente se decidió realizar dos esquemas para Interquimec S.A. con los ensayos más efectivos estudiados, Ensayo 3.1.1. Aireación y Ensayo 3.1.6. Carbón Activado los cuales, debido a su alto porcentaje de eficiencia, quedarán a criterio de la industria para ser desarrollados e implementados a su propia conveniencia tomando en cuenta costos y eficiencia.

### ***Ensayo 3.1.1. Aireación***

*Esquema 1, Blower con dispositivo tipo flauta para inyectar aire*

Q = Flujo en mgd

d = Densidad del líquido, 8.34 lbs/gal (agua)

L = Cargas o demanda de oxígeno en mg/l

q = Velocidad de la transferencia de oxígeno en lbs de O<sub>2</sub> / c de p-hr.(1.5 para difusores pequeños).

^

$$\text{Hp: } \frac{Q \times d \times L}{24 \times q} = \frac{(7.4 \times 10^{-4} \text{ mgd})(8.34 \text{ lbs / gal})(1400 \text{ mg / l})}{24(1.5)} = 0.24 \text{ Hp.}$$

Por lo tanto al ser dos tanques involucrados y además del porcentaje de sobre diseño para garantizar un buen funcionamiento, los cálculos nos entregan un resultado de una bomba de 1.5 Hp aproximadamente con su respectivo compresor de aire, con sus respectivas tuberías de PVC donde se podrían perforar pequeños huecos en ellas para dar así una tubería tipo flauta.

La adición del peróxido de hidrógeno se puede llevar a cabo por dosificación directa a los tanques, mediante una llave, pero con un manejo adecuado del líquido y seguro para evitar accidentes, ya que el peróxido de hidrógeno es un oxidante fuerte.

**(Anexo 2)**

### ***Ensayo 3.1.6. Carbón Activado***

*Esquema 2,*

*Esquema de un tanque de tratamiento con carbón activado en polvo(Lankford P., 1990)*

En este tanque se añade el carbón activado en polvo y se mezcla con su respectivo compresor de aire, de aproximadamente 0.5 Hp. (en referencia a los calculos del esquema anterior), además de sus respectivas tuberías de PVC donde se podrían perforar pequeños huecos en ellas para dar así una tubería tipo flauta.

---

^ Nalco, (1989)

Los lodos de carbón activado se recogerían por la parte inferior y las aguas tratadas se drenarían por una tubería con su llave de paso, hacia el alcantarillado.

De acuerdo a referencias bibliográficas se puede utilizar el mismo carbón activado por alrededor de 7 a 8 veces.

**(Anexo 3)**

## **CAPITULO VII:**

### **BIBLIOGRAFIA**

- <http://www.senamed.edu.co/interes/conferencia%20tablemac.htm>
- <http://www1.ceit.es/asignaturas/Cursos/ii/cuarto/ciemedamTEMA1tratamagua.htm>
- <http://www.cec.uchile.cl/~cabieta/revista/15/educacion/edu4/>
- <http://www.epynet.com/melamina.htm>
- Radian Corporation, Polymer Manufacturing-Technology and Health Effects, NJ-USA, (1986).
- Austin, G.J., Manual de procesos químicos en la industria, , Mc Graw Hill, 1era edición en español, México, DF (1992).
- Nalco, Manual del Agua, Mc Graw Hill, México, DF, (1989).
- Metcalf & Hedí, Ingeniería de Aguas Residuales, Mc Graw Hill, 3era edición, Volumen I y II, Madrid España, (1995).
- Rigola, M., Tratamiento de Aguas Residuales, Alfaomega grupo editor, SA de CV, México DF, Mexico, (1999).
- Cheremisinoff N., Cheremisinoff P., Water treatment and waste recovery, Advanced techonlogy and Appliactions, PTR Prentice Hall, Inc, Simon & Schuster Company Englewood Cliffs , NJ USA (1993).
- Metodología para la disposición de lodos industriales provenientes de plantas de tratamiento no domesticas, Unidad de disposición final de residuos sólidos, Gerencia de operaciones / EMSAEO 2001.
- Morrison P.,Boyd R., Química Orgánica, 5ta edición, Addison-Wesley Iberoamericana, (1990).
- Lankford P., Eckenfelder W., Toxicity reduction in industrial effluents, Van Nostrand Reinhold, NY-USA, (1990).
- Biblioteca laboratorio, Interquimec S.A.
- La casa de los químicos LAQUIN C Ltda., (Costos).



## **ANEXOS**