

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (PTARI) DE  
CROWN COLOMBIANA S.A.**

**NEIDI YAMILE CASTRO PARRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (PTARI) DE  
CROWN COLOMBIANA S.A.**

**NEIDI YAMILE CASTRO PARRA**

Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniera Química

DIRECTOR

**Phd. Mario Álvarez**

ASESORA

**Ing. Constanza Milena Páez Moreno**

**Jefe de Proceso Químico y Medio Ambiente de Crown Colombiana S.A**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**BUCARAMANGA**

**2010**

A MI MADRE,  
QUIEN ME EDUCÓ Y  
FORMÓ A LA MUJER QUE AHORA SOY.  
A MI FAMILIA,  
POR SU GRAN APOYO.  
Y A MIGUEL ANGEL  
POR SU INCONDICIONALIDAD,  
POR SU AMOR Y CONFIANZA QUE TIENE EN MI

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
2.2 OBJETIVOS GENERALES	14
2.3 ALCANCE	14
3. MARCO TEORICO	15
3.1 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	15
3.1.1. Descripción de Entrada Principal de Proceso de Tratamiento	15
3.1.1.1. Lavadora de envase	15
3.1.2. Descripción de Tratamiento Principal de Agua Residual	17
3.1.2.1. Tanque de Ecuilización Principal T-2	17
3.1.2.2 Separador Agua/Aceite(2)	17
3.1.2.3. Tanque de tratamiento Químico T-3	17
3.1.2.4. Sedimentador de Placas Incluidas #1	19
3.1.2.5. Filtro Dynasand	20
3.1.2.6. Esterilizador Ultravioleta	20
3.1.2.7. Filtros de Carbón Activado	20
3.1.2.8. Tanque de Agua de Proceso	21
3.1.2.9. Unidad de Espesador de Lodo	21
3.1.2.10. Tanque de Retención de Lodo T-12	21
3.1.2.11. Filtro Prensa	22
3.1.2.12. Tanque de Ecuilización Auxiliar T-13	22
3.1.2.13. Separador de Agua/Aceite(2)	22
3.1.2.14. Tanque Auxiliar de Descarga del Separador (2)	22
3.1.3 Sistema de Tratamiento Agua de Regeneración y Retrolavado	22
3.1.3.1. Tanque de Descarga de Regeneración D.I.	22

3.1.3.2. Tanque de Ecuación de Regeneración y Retrolavado	23
3.1.3.3. Tanque de Tratamiento Químico T-18	23
3.1.3.4. Sedimentador de Placas Inclinadas #2	24
4. METODOLOGIA	25
5. RESULTADOS	27
5.1. ETAPA 1 DIAGNOSTICO	27
5.1.1. ELABORACIÓN DE PLAN DE PROYECTO	27
5.1.2. VALORACIÓN INICIAL DEL PROCESO	27
5.1.3. CARACTERIZACIÓN ENTRADA Y SALIDA DE PROCESO	28
5.2. ETAPA 2 DETERMINACIÓN EFICIENCIA	28
5.2.1. TABULACIÓN DE DATOS	28
5.3. ETAPA 3 ELABORACIÓN PROPUESTA DE MEJORA	34
5.3.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS	34
6. ANALISIS DE RESULTADOS	37
7. CONCLUSIONES	38
8. RECOMENDACIONES	39
9. BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	41

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Caracterización estimada del tanque de ecualización de lavado	17
<b>Tabla 2.</b> Caracterización Vertimiento PTARI Junio/2008	27
<b>Tabla 3.</b> Análisis Fisicoquímico de Aceite Residual Skimmer	28
<b>Tabla 4.</b> Análisis Fisicoquímico Agua Residual de la Lavadora	29
<b>Tabla 5.</b> Análisis Fisicoquímico de Cárcamo	29
<b>Tabla 6.</b> Análisis Cortes de Lodo Salida de PTARI	31
<b>Tabla 7.</b> Comparativo Vertimiento 2008-2010	32

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Metodología de Trabajo	25

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Diagrama de Planta de Tratamiento de Agua Residual	42
<b>Anexo 2.</b> Plan de Acción Crown Colombiana S.A.	44
<b>Anexo 3</b> Tanques utilizados en el Proceso	45
<b>Anexo 4</b> Datos Recopilados de los Equipos del Proceso	48
<b>Anexo 5</b> Prueba Concentración de Polímeros con EXRO Ltda.	64
<b>Anexo 6</b> Fotografías del Proceso (Antes y Después)	65

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (PTARI) DE CROWN COLOMBIANA S.A.\*

**AUTOR:** Neidi Yamile Castro Parra\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Tratamiento de agua, calidad, eficiencia, parámetro de calidad, caracterización físico química.

### **DESCRIPCIÓN:**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales en el Crown Colombiana SA en el ánimo de la implementación de mejora en los procesos y en la reducción de costes tenidos en cuenta como la eliminación de residuos y las materias primas utilizadas, la empresa Crown colombiana decidió llevar a cabo un diagnóstico Exhaustivo y realizado por un agente externo como es la CAR encargado de Ejecutar las Políticas establecidas por el Gobierno Nacional en materia ambiental para obtener mejores resultados. El presente estudio se describe en detalle el proceso llevado a cabo en la planta en un periodo de los últimos 8 años. El desarrollo de este trabajo permite la realización y aplicación de procedimientos que faciliten el proceso y funcionamiento de la PTARI. El proyecto se inició con el diagnóstico general de la planta, donde se realizaron caracterizaciones de entrada y salida de la planta de tratamiento de agua para que se evidenciara los parámetros físico-químicos tales como (pH, DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos totales, aluminio, turbidez, grasas y aceites, etc.) necesarios por la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). De la misma manera, se investigó la capacidad de los equipos utilizados en el proceso con las variables que influyen en ella. Por último, se determinó la eficiencia de los equipos utilizados y se hicieron sugerencias para mejorar a corto, mediano y largo plazo, con el fin de proporcionar un rendimiento más alto al que estaba trabajando la planta

---

\* Trabajo de grado

\*\* Escuela de Ingeniería Química. Facultad Físico-Química, Universidad Industrial de Santander  
Director Phd. Mario Álvarez. Asesora: Ing. Constanza Páez M.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF THE EFFICIENCY AND PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF TREATMENT PLANT INDUSTRIAL WASTEWATER (PTARI) AT CROWN COLOMBIANA S.A.\*

**AUTHOR:** Neidi Yamile Castro Parra

**KEY WORDS:** Water Treatment, quality, efficiency, quality parameter, physical and chemical characterization.

### DESCRIPTION:

Plant Industrial Wastewater Treatment in the Crown Colombiana SA in the minds of the implementation of process improvement and cost reduction taken into account as the disposal of waste and raw materials used, the company decided to Colombian Crown out a thorough diagnosis and performed by an outside agency such as the CAR is responsible for implementing the policies established by the Government on environmental matters for best results. This study describes in detail the process carried out at the plant over a period of the last 8 years. The development of this work allows the realization and implementation of procedures to facilitate the process and operation of the PTARI. The project began with the general diagnosis of the plant where characterizations were carried in and out of the water treatment plant in order to demonstrate the physical and chemical parameters such as (pH, BOD, COD, suspended solids, total solids , aluminum, turbidity, fats and oils, etc) required by the CAR. Similarly, we analyzed the capacity of equipment used in the process variables that influence it. Finally, we investigated the efficiency of the equipment used and made suggestions for improving the short, medium and long term, to provide higher performance and better than the plant was working before.

---

\* Graduation Project

\*\* School of Chemical Engineering. Faculty of Physical and Chemical Engineering programs, Universidad Industrial de Santander. Director PhD. Mario Álvarez. Assessor: Ing. Constanza Páez M.

## 1. INTRODUCCIÓN

La conservación del medio ambiente se ha convertido en unas de las prioridades de empresas tanto nacionales como internacionales y más aun si se trata de la reducción de consumo de agua en los procesos que estas lleven a cabo. Debido a que la mayoría de la producción de Crown Colombiana S.A. es destinada a Bavaria SABMiller, empresa pionera en el manejo de aguas residuales, la cual maneja políticas ambientales tales como tener una cadena de proveedores que reflejen los valores y el compromiso que ellos tienen con el desarrollo sostenible, se hace necesaria una evaluación de la eficiencia de PTARI que traiga nuevas propuestas que beneficien a la empresa y al medio ambiente. Del mismo modo, se contribuirá hacia la mejora de la calidad de agua que se desecha al Alcantarillado de Tocancipá.

Esto encaminado a lograr una calidad óptima de agua residual, que permita hacer una reutilización de la misma para lograr un uso eficiente del agua, creando así un mejoramiento en el proceso de lavado de envases haciéndolo más amigable con el medio ambiente y reduciendo costos al reducir los lodos generados en la planta de tratamiento de agua residual industrial (PTARI), pues su generación no solo afecta el medio ambiente sino que su disposición es un costo considerable para la compañía.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar y valorar la eficiencia actual de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial de Crown Colombiana S.A., mediante caracterizaciones fisicoquímicas y recopilación de datos de los equipos utilizados en el proceso.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un diagnostico inicial que permita determinar el estado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial de Crown Colombiana S.A.
- Realizar una caracterización compuesta de las entradas y salidas de los equipos que se puedan hacer con el fin de identificar las características del afluente y definir características principales a evaluar.
- Determinar las características del lodo generado en la planta de tratamiento de agua residual para así proponer mejoras de su disminución.
- Plantear soluciones a corto, mediano y largo plazo las cuales favorezcan la eficiencia determinada de dicha planta.

### **2.3 ALCANCE**

El presente proyecto abarcará la determinación de las capacidades y manera de operación de los equipos, al igual que la valoración de la manera en que se realiza el tratamiento químico junto a la recopilación de los mismos en un documento para beneficio de la empresa.

No se encuentra dentro del alcance de este proyecto la realización de las propuestas generadas que impliquen una inversión alta, ya que se debe realizar un análisis costo-beneficio por parte de la compañía.

## **3. MARCO TEORICO**

El marco teórico de este trabajo se basa en la descripción de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial de Crown Colombiana S.A. junto a la valoración realizada

### **3.1. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL**

Las corrientes de agua residual a tratar son:

- ∞ Descarga de la lavadora de envase.
- ∞ Sistema de recolección auxiliar.
- ∞ Regeneración y retrolavado de resinas y filtros
- ∞ Proveniente del cárcamo y sumideros del inicio de la línea de producción.

El agua de descarga de la lavadora, el sistema auxiliar y el cárcamo son procesadas a través del sistema de tratamiento de agua residual diseñado para procesar 50 gpm.

El sistema de tratamiento de agua de regeneración y retrolavado está diseñado para procesar 30 gpm.

La descarga de estos dos sistema de tratamiento va a través del tanque de monitoreo T-6 del sistema.

#### **3.1.1. Descripción de Entrada Principal al Proceso de Tratamiento**

##### **3.1.1.1. Lavadora de Envases**

El propósito de la Lavadora es:

- ✦ Remover el refrigerante usado en el proceso de formación del envase.
- ✦ Remover la capa de oxido que naturalmente ocurre cuando el aluminio hace contacto con el oxígeno (aire).
- ✦ Remover la grasa, aceites lubricantes y finos de aluminio de la superficie del envase.
- ✦ Enjuagar completamente la lata de químicos residuales.

✦ Aplicar un promotor de movilidad, el cual permite que la lata tenga un mejor movimiento en los transportadores.

La lavadora de envase consiste de 6 etapas y es capaz de lavar y secar 1800 latas por minuto.

Una breve descripción de las 6 etapas, es la siguiente:

\_Etapa 1: Una solución acuosa de ácido sulfúrico es rociada sobre las latas para remover el refrigerante sobre la superficie del envase.

\_Etapa 2: Una solución acuosa de soda, es rociada sobre las latas para completar la remoción del refrigerante y remover el óxido y los finos de aluminio de la superficie del envase y prepararlo para aplicación de recubrimientos.

\_Etapa 3A: Una mezcla de ácido y agua es rociada sobre las latas para suspender el ataque de la soda sobre la superficie y neutralizar.

\_Etapa 3B: Primer enjuague para remover los residuos químicos de limpieza sobre la superficie del envase.

\_Etapa 4: Enjuague final para retirar químicos residuales de la superficie del envase.

\_Etapa 5: Agua deionizada es rociada sobre la superficie del envase para prevenir formación de manchas después del secado.

\_Etapa 6: Solución de agua deionizada y mejorador de movilidad es rociada para mejorar la eficiencia del secado y el transporte del envase.

- Sumideros de la Lavadora

\_Sumidero frontal: El agua proveniente de las etapas 1,2 y 3 se desborda a este sumidero, ésta es bombeada al Tanque de Ecuilización Principal.

\_Sumidero Trasero: El agua proveniente de las etapas 4,5 y 6 se desborda a este sumidero, ésta es bombeada al Tanque de Ecuilización Principal.

### **3.1.2. Descripción de Tratamiento Principal de Agua Residual**

### 3.1.2.1. Tanque de Ecuación Principal T-2

Se usa para amortiguar las concentraciones químicas del afluente causadas por la solución limpiadora y los enjuagues provenientes de la lavadora.

**Tabla 1.** Caracterización estimada del tanque de ecuación de lavado

Parámetro	Concentración (mg/L) o indicado
Flujo	150m <sup>3</sup> /día
Temperatura	32°C
pH	9-10
DBO	650
DQO	1500
Cianuro	<0,1
Fluoruro	<0,5
Arsénico	<0,1
Cadmio	<0,1
Plomo	<0,1
Manganeso	3,0
Niquel	<0,2
Fenol	<0,1
Zinc	<0,5
Cromo +6	<0,1
Grasas y Aceites	300

### 3.1.2.2. Separador de Agua/Aceite (1)

El agua proveniente del T-2 es bombeada al separador de placas; el cual remueve aceite pesado y sólidos insolubles del efluente a tratar. El aceite recolectado fluye por gravedad al tanque de aceite usado T-15. Los sólidos recolectados fluyen por gravedad al tanque de retención de lodo T-12. El agua fluye por gravedad al T-3.

### 3.1.2.3. Tanque de Tratamiento Químico T-3

Tiene cuatro (4) cámaras, el flujo de agua entre cada una de ellas pasa por encima y por debajo de vertederos dispuestos para tal efecto; al igual cada una de ellas tiene una agitador para mejorar la eficiencia y el contacto entre el químico utilizado y el agua residual entrante. La función de cada cámara es la siguiente:

#### Acidificación

El propósito de esta cámara es reducir el pH del agua que entra a un rango 2.0-2.5, por medio de la adición de ácido sulfúrico. La disminución de pH mejora la remoción de aceite por ruptura del enlace químico entre el aceite lubricante en base de petróleo usado en las maquinas, y la emulsión del refrigerante.

El ácido sulfúrico se añade al tanque de tratamiento por dos bombas.

### **Remoción de Aceite**

El propósito de esta cámara es remover el refrigerante emulsificado del agua residual por medio de la adición de un polímero catiónico de alta densidad. El aceite se combina con el polímero para formar una agrupación coloidal (flóculo) que será removida en el sedimentador o separador de sólidos.

La solución del polímero catiónico es bombeado desde el tanque T-8.

La cantidad de polímero adicionado a la solución está basado en pruebas de ensayo de acuerdo a las características del agua que se está tratando. Actualmente el polímero es mezclado con agua a una concentración de 1% v/v por un sistema manual de preparación de polímero.

El ciclo de preparación manual tiene los siguientes pasos:

1. Se deja llenar el tanque T-7 con agua.
2. Al momento que se alcance el nivel de 600 L, se añaden 7L de polímero, mientras se continúa agregando agua hasta un nivel de 700L.
3. El tanque está en constante agitación lo que permite una buena mezcla entre el agua y el polímero, para asegurar una buena mezcla dejar que permanezca por 1 hora en este tanque.
4. Para asegurar que esta sea la mezcla que se dosifica al tanque de tratamiento, tener la seguridad de que el tanque T-8 este vacío, para poder descargar todo el contenido del T-7.
5. Repetir este procedimiento cada vez que se descargue el tanque de preparación de polímero.

### **Neutralización**

El propósito de esta cámara es de elevar el pH a 8, por medio de la adición de soda cáustica. El incremento del pH precipita los metales en solución, en forma de hidróxidos.

La soda cáustica se añade al tanque de tratamiento por dos bombas.

### **Floculación**

El propósito de esta cámara es coagular y flocular las partículas de hidróxido metálico por medio de la adición de un polímero aniónico para mejorar la sedimentación.

La solución del polímero catiónico es bombeado desde el tanque T-10.

La cantidad de polímero adicionado a la solución está basada en pruebas de ensayo de acuerdo a las características del agua que se está tratando. Actualmente el polímero es mezclado con agua a una concentración de 0.1% v/v por un sistema manual de preparación de polímero.

El ciclo de preparación manual tiene los siguientes pasos:

1. Se deja llenar el tanque T-9 con agua.
2. Al momento que se alcance el nivel de 600 L, se añaden 0.7L de polímero, mientras se continúa agregando agua hasta un nivel de 700L.
3. El tanque está en constante agitación lo que permite una buena mezcla entre el agua y el polímero, para asegurar una buena mezcla dejar que permanezca por 1 hora en este tanque.
4. Para asegurar que esta sea la mezcla que se dosifica al tanque de tratamiento, tener la seguridad de que el tanque T-10 este vacío, para poder descargar todo el contenido del T-9.
5. Repetir este procedimiento cada vez que se descargue el tanque de preparación de polímero.

#### **3.1.2.4. Sedimentador de Placas Inclinas #1**

El propósito del Sedimentador es el de remover de la corriente tratada químicamente, las partículas coloidales de aceite formados en la cámara de remoción de aceite y los hidróxidos metálicos formados en la cámara de neutralización del tanque de Tratamiento Químico.

El principio de operación es que la velocidad ascendente del agua no puede soportar el peso de la partícula sólida suspendida. La partícula se desliza lentamente hacia la parte baja de la placa hasta la tolva de recolección en el fondo del Sedimentador. La concentración de sólidos recogidos, ahora llamados lodo es aproximadamente 0.25% del volumen total del efluente de entrada. El agua clara es descargada por encima de un vertedero hacia el filtro Dynasand.

Una bomba es usada para retornar una porción de lodo a la última cámara del Tanque de Tratamiento para ser usada como “semilla” y mejorar la coagulación y floculación de los sólidos que van entrando al sedimentador. Otras dos bombas son usadas para transferir el lodo al tanque espesador de lodos.

#### **3.1.2.5. Filtro Dynasand**

El propósito del filtro es el de pulir la descarga del sedimentador y así reducir aún más los sólidos suspendidos en el agua residual. El filtro Dynasand es un filtro de retrolavado continuo, de flujo ascendente, y de cama profunda granular.

Este filtro se limpia continuamente por medio de una recirculación interna de la arena a través de una tubería de aire y un lavador de arena. La arena regenerada es redistribuida sobre la parte superior del lecho, permitiendo el flujo continuo de agua filtrada y agua retrolavada. El agua filtrada se descarga por gravedad al tanque de descarga T-4 del filtro Dynasand. El agua de retrolavado fluye por gravedad al tanque espesador de lodos.

#### **3.1.2.6. Esterilizador Ultravioleta**

El propósito del esterilizador es controlar el crecimiento bacterial presente en el agua tratada. El agua es bombeada desde el T-4 por dos bombas centrifugas horizontales a través del esterilizador ultravioleta.

Las bacterias pueden reducir el tiempo de vida efectiva de la cama de carbón activado hasta un 20%. Cuando el sistema de tratamiento no procesa agua residual, agua será bombeada desde el tanque T-5 a través del esterilizador y el filtro de carbón activado para un control continuo de bacterias.

#### **3.1.2.7. Filtros de Carbón Activado**

El propósito de los filtros es el de remover orgánicos del agua residual reduciendo de esta manera la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Los filtros son operados

en serie. Periódicamente, los filtros de carbón son de retrolavados para sólidos atrapados. Agua del tanque de proceso (T-5) se usa para el retrolavado y es capturada en el tanque de retrolavado y regeneración para procesamiento a través del sistema de tratamiento de retrolavado y regeneración.

#### **3.1.2.8. Tanque de agua de Proceso T-5**

El agua tratada es recolectada en el tanque de proceso. El agua de este tanque es reutilizada para:

- Elaboración de solución de polímeros catiónicos y aniónicos.
- Limpieza de los suelos del área de tratamiento.
- Retrolavado de los filtros de carbón activado.

El resto del agua se descarga al alcantarillado a través del tanque de monitoreo del proceso.

#### **3.1.2.9. Unidad de Espesador de Lodo**

El propósito de esta unidad es el de concentrar aún más el lodo antes de ser deshidratado. El aumento de la concentración de lodo se genera a través de una agitación lenta y gracias a las fuerzas naturales de la capa de lodo debido a la compresión (peso) que fuerza al agua a salir de las partículas sólidas.

Hay cuatro corrientes de alimentación de la unidad de espesador de lodos:

- a) El filtrado del filtro prensa (gravedad)
- b) Las bombas de transferencia de lodo del Sedimentador 1 .
- c) Las bombas de transferencia de lodo del Sedimentador 2.
- d) Agua de retrolavado del filtro Dynasand.

El lodo espeso tiene de 3% a 5% de sólidos se bombea del fondo de la unidad de espesor hacia el tanque de retención de lodo.

#### **3.1.2.10. Tanque de Retención de Lodo T-12**

Este tanque tiene un mezclador de velocidad lenta para mantener los sólidos en suspensión para así mejorar la deshidratación.

### **3.1.2.11. Filtro Prensa**

El propósito de este filtro es el de remover la mayor cantidad de agua posible del lodo para reducir costos de disposición y eliminación del mismo. El flujo de alimentación del filtro prensa es bombeado desde el T-12. La torta de lodo deshidratado se descarga por gravedad directamente al contenedor ubicado debajo de la prensa para su disposición final. Igualmente el filtrado es descargado a la unidad de espesador de lodo por gravedad, esto como una medida de precaución ya que hay sólidos que logran pasar a través de la tela del filtro y es conveniente que sean removidos en el espesador de lodo.

### **3.1.2.12. Tanque de Ecuilización Auxiliar T-13**

Se usa para recolectar descargas provenientes de los sumideros del inicio de la línea de producción, womack, baler y cuarto de compresores, esta es una carga fuerte que entra al sistema de tratamiento, la cual en su mayoría es aceite residual y emulsión. Este tiene una válvula de salida en la parte superior para decantar aceite acumulado (aceite de máquina) al tanque de retención de aceite usado.

### **3.1.2.13. Separador de Agua/Aceite (2)**

El agua proveniente del T-13 es bombeada al separador de placas inclinadas. El aceite recolectado fluye por gravedad al tanque de aceite usado T-15. Los sólidos recolectados fluyen por gravedad al tanque de retención de lodo T-12. La fase de agua se descarga al T-14.

### **3.1.2.14. Tanque Auxiliar de Descarga del Separador (2)**

El propósito de este tanque es la recolección de agua proveniente del Separador Agua/Aceite (2) y bombearla al T-2.

### **3.1.3. Sistema de Tratamiento de Agua Regeneración y Retrolavado**

El proceso de lavado del envase requiere en una de sus etapas agua deionizada, para obtener esta clase de agua la PTARI posee un sistema de Agua Deionizada se compone de las siguientes unidades: Filtros de Carbón Activado, Filtros Multimedia y Columnas Deionizadoras.

Los filtros de carbón activado deben ser retrolavados para remover sólidos atrapados. El agua de retrolavado es bombeada desde el tanque T-1, pasa por

los filtros y es recolectada en el tanque T-16 para su posterior tratamiento. Las columnas deionizantes deben ser regeneradas cuando la resina se gasta.

#### **3.1.3.1. Tanque de Descarga de Regeneración D.I.**

El propósito de este tanque es recolectar el agua usada en la regeneración y retrolavado de los filtros y bombearla al T-17.

#### **3.1.3.2. Tanque de Ecuación de Regeneración y Retrolavado**

Se usa para reducir las fluctuaciones de las concentraciones químicas afluentes y variaciones hidráulicas del afluente proveniente del T-16.

#### **3.1.3.3. Tanque de Tratamiento Químico T-18**

Tiene dos (2) cámaras, el flujo de agua entre cada una de ellas pasa por encima y por debajo de vertederos dispuestos para tal efecto; cada una de ellas tiene un agitador que permite para mejorar la eficiencia y el contacto entre el químico utilizado y el agua residual entrante. La función de cada cámara es la siguiente:

##### **Acidificación**

La disminución de pH se requiere porque el pH acumulado de la regeneración de las resinas de las columnas DI es aproximadamente 12; el pH máximo permisible de descarga al alcantarillado es 9, para tal propósito adiciona ácido sulfúrico.

##### **Floculación**

El propósito de esta cámara es coagular y flocular las partículas de sales metálicas por medio de la adición de polímero aniónico.

La solución del polímero es bombeada desde el tanque T-20.

La cantidad de polímero adicionado a la solución está basada en pruebas de ensayo de acuerdo a las características del agua que se está tratando. Actualmente el polímero es mezclado con agua a una concentración de 0.1% v/v por un sistema manual de preparación de polímero.

El ciclo de preparación manual tiene los siguientes pasos:

1. Se deja llenar el tanque T-19 con agua.
2. Al momento que se alcance el nivel de 600 L, se añaden 0.7L de polímero aniónico y se continúa adicionando agua hasta un volumen de 700 L.
3. El tanque está en constante agitación lo que permite una buena mezcla entre el agua y el polímero, para asegurar una buena mezcla dejar que permanezca por 1 hora en este tanque.
4. Para asegurar que esta sea la mezcla que se dosifica al tanque de tratamiento, tener la seguridad de que el tanque T-20 este vacío, para poder descargar todo el contenido del T-19.
5. Repetir este procedimiento cada vez que se descargue el tanque de preparación de polímero.

#### **3.1.3.4. Sedimentador de Placas Inclinas #2**

El propósito de la Lamella es el de remover sales metálicas formadas en la cámara de acidificación del T-18.

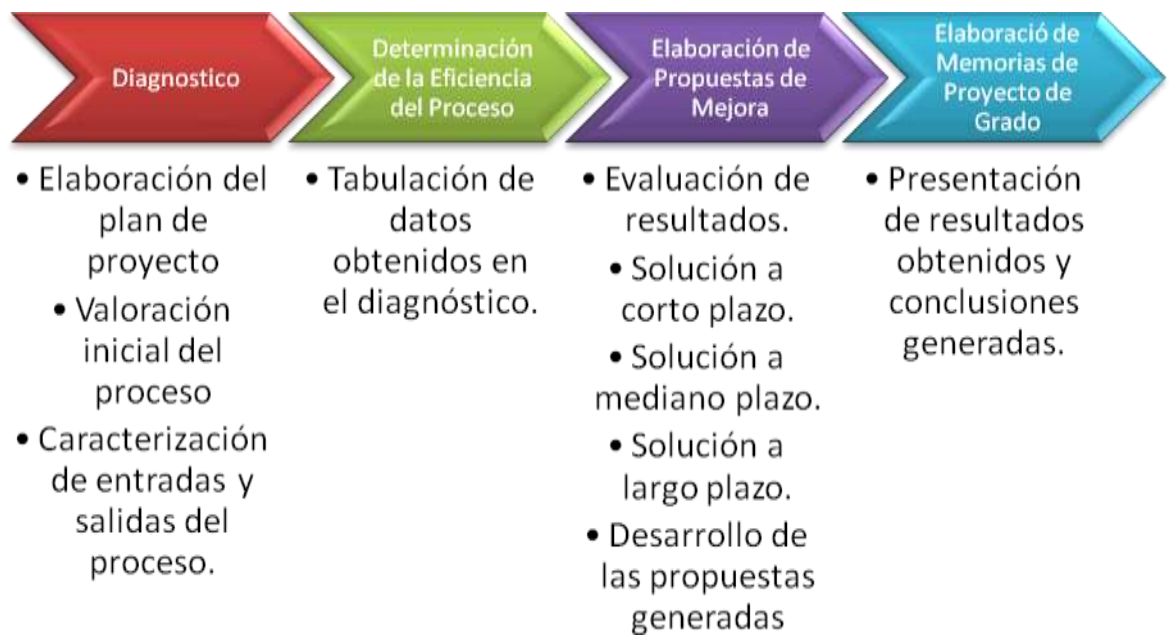
El principio de operación es el mismo que el Sedimentador #1. El agua es descargada por gravedad al tanque T-6 para ser monitoreada con el resto del agua tratada antes de ser descargada al alcantarillado. El lodo formado en este equipo es bombeado hacia el tanque espesador de lodos.

## 4. METODOLOGÍA

La realización del proyecto se llevo a cabo en diferentes etapas, las cuales facilitaron el diagnóstico de la planta para tomar mediadas correctivas con el fin de aumentar la eficiencia de la misma.

Estas etapas son dependientes cada una de la anterior, mientras que al realizar las tareas internas de cada fase se pueden llevar a cabo de manera independiente, como lo muestra el siguiente diagrama.

**Figura 1. Metodología de Trabajo**



En la primera etapa del proyecto se desarrollo la revisión de los equipos utilizados en el proceso, para así determinar las capacidades y manera de operación de los mismos; de igual manera se realizaron caracterizaciones con el fin de determinar los parámetros más sensibles a cambios en el proceso y de establecer las características de cada corriente a tratar en la planta, para definir cuál es la mejor mezcla a tratar.

La segunda etapa es consecutiva y dependiente de la primera, por tanto en esta etapa se evaluaron los resultados obtenidos en las caracterizaciones y posibles causas de valores altos en los parámetros analizados. Igualmente, se tabulo la información recopilada de los equipos del proceso, todo esto con el fin de determinar la eficiencia de los equipos y de la PTARI en general.

En la tercera etapa, se generaron soluciones a corto, mediano y largo plazo, con el fin de proporcionar mejoras que favorezcan el proceso y se logre un aumento de la eficiencia de la Planta de Tratamiento. Se implementaron aquellas que no requerían una alta inversión.

Luego de esta etapa se siguió con la elaboración de las memorias del proyecto de grado, teniendo en cuenta los requerimientos de Crown Colombiana S.A. y adjuntando resultados y conclusiones al mismo.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ETAPA 1. DIAGNOSTICO

#### 5.1.1. ELABORACIÓN DE PLAN DE PROYECTO

Con el fin de proporcionar una propuesta de trabajo, la cual fuera aceptada por Crown Colombiana S.A., se hizo una revisión con la jefe de proceso químico para establecer las actividades y requerimientos necesarios de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial para definir la orientación que debería tener el plan de acción, el cual se encuentra en el Anexo 1.

#### 5.1.2. VALORACIÓN INICIAL DEL PROCESO

Con el fin de tener un punto inicial de referencia del estado en que se encuentra la Planta de Tratamiento se revisaron las caracterizaciones del vertimiento de agua desde el año 2008 para evaluar el estado de los parámetros requeridos por la Resolución de 1110/97 de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca), la siguiente tabla muestra la caracterización realizada al vertimiento en Junio de 2008:

**Tabla 2.** Caracterización Vertimiento PTARI Junio/2008

Parámetro	Entrada	Salida	Mezcla	Resolución 1110/97 CAR
Ph	4,26	7,82	6,9	6,0-9,0
Temperatura(°C)	24,7	23	20,1	<40
Aluminio (mg/L)	236,4	1,72	0,84	-
Arsénico (mg/L)	<0,32	<0,32	<0,32	0,5
Cadmio (mg/L)	0,14	<0,002	<0,002	0,1
Cianuro (mg/L)	0,34	<0,1	<0,1	1,0
Cobre (mg/L)	1,1	<0,04	<0,04	3,0
Coliformes Fecales (NMP)	>24000000	150	1500	10000
Coliformes Totales (NMP)	>24000000	2400	110000	1000000
Cromo +6 (mg/L)	0,24	<0,05	<0,05	0,5
DBO (mg/L)	4750	138	171	200
DQO (mg/L)	87500	256	214	300

<b>Fenoles (mg/L)</b>	0,227	<0,038	<0,038	0,2
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,7	<0,01	0,6	1,0
<b>Grasas y Aceites (mg/L)</b>	153790	<1,0	10,7	50*
<b>Magnesio (mg/L)</b>	32,4	1,44	1,92	-
<b>Manganeso (mg/L)</b>	1,24	0,12	0,12	0,2
<b>Níquel (mg/L)</b>	1,36	0,44	<0,06	2,0
<b>Plomo (mg/L)</b>	0,12	0,08	<0,05	0,5
<b>SAAM (mg/L)</b>	7,94	0,1	0,16	0,5
<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	153790	2917	2324	2500*
<b>Sólidos Suspendidos (mg/L)</b>	35840	27	44	200
<b>Zinc (mg/L)</b>	0,54	0,06	0,12	2,0

\*Resolución 00107 del 6 de Marzo de 2001 CAR.

### 5.1.3. CARACTERIZACIÓN ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO

Para la realización de la evaluación de la PTARI, se requirieron caracterizaciones de los afluentes y efluentes del proceso, por tal motivo se solicitó a un laboratorio externo la realización de los mismos, en este caso las pruebas fueron realizadas por Laboratorios ILAM y CONOSER, este último solo se encargó del agua a tratar en el proceso, mientras que ILAM se encargó de las demás entradas del proceso ya que internamente la planta solo cuenta con una caracterización semestral realizada igualmente por un agente externo.

## 5.2. ETAPA 2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA

### 5.2.1 TABULACIÓN DE DATOS

**Tabla 3.** Análisis Físicoquímico de Aceite Residual Skimmer

<b>Parámetro</b>	<b>mg/L o Indicado</b>
pH	5,9
Alcalinidad	33
Cloro Residual	<0,1
Nitritos	<0,01
Aluminio	9,36
Bario	3,94
Molibdeno	<0,01
Arsénico	<0,32
Fluoruros	<0,1

Fenoles	0,856
Plomo	0,26
Cadmio	0,07
Cromo	2,36
Cromo +6	0,74
Níquel	1,04
Cobre	0,96
Zinc	2,04
Hidrocarburos Totales	182870
Aluminio Disuelto	1,23
Estaño	0,25

Datos Tomados Caracterización Realizada por Lab. ILAM

**Tabla 4.** Análisis Fisicoquímico Agua Residual de la Lavadora

<b>Parámetro</b>	<b>mg/L o Indicado</b>
Temperatura	20°C
pH	5,12
Manganeso	0,24
Aluminio	235,7
Arsénico	<0,32
Fluoruros	<0,01
DBO	114
DQO	2856
Grasas	2801
Sólidos Totales	3858
Sólidos Suspendidos	2511
Fenoles	0,096
Tensoactivos	0,90
Plomo	0,07
Cadmio	0,008
Cobre	0,14
Níquel	<0,06
Calcio	0,24
Magnesio	34,80
Cianuros	0,2
Cromo +6	<0,05

Datos Tomados Caracterización Realizada por Lab. ILAM

**Tabla 5.** Análisis Físicoquímico de Cárcamo

<b>Parámetro</b>	<b>mg/L o Indicado</b>
pH	7,66
Hierro Totales	2,10
Nitritos	<0,01
Manganeso	0,96
Aluminio	69,74
Bario	50,6
Plata	0,33
Selenio	1,79 ug/L
Fosforo Total	5,88
Fluoruros	<0,1
DBO	14688
DQO	367200
Grasas	1041,6
Sólidos Totales	12060
Fenoles	0,196
Mercurio	<0,10
Plomo	0,21
Cadmio	0,009
Cromo	0,22
Níquel	0,062
Cobre	0,4
Zinc	8,63
Calcio	40
Magnesio	52,80
Coliformes Totales	11000 NMP
Coliformes Fecales	240 NMP
Hidrocarburos Totales	668,7
Cromo +6	<0,05
Azufre	0,62
Aluminio	10,36
Estaño	0,12
Silicio	1,2
% Humedad	99,8

Datos Tomados Caracterización Realizada por Lab. ILAM

**Tabla 6.** Análisis Cortes de Lodo Salida de PTARI

<b>Parámetro</b>	<b>mg/Kg o Indicado</b>
Bario	85,2
Cadmio	0,11
Plomo	1,43
Níquel	3,68
Plata	0,82
Selenio	<9,1
Mercurio	<1,0 ug/Kg
Grasas y Aceites	199515
Arsénico	0,82ug/Kg
Hidrocarburos Totales	71907
pH	6,2
% Humedad	70
Zinc	41,10
SAAM	6,62 ppm
DBO	2297 ppm
Cobre	10,60 ppm
Aluminio	30231,5 ppm
DQO	80400 ppm
Manganeso	1,06
Magnesio	40,8 ppm
Sólidos Totales	62820 ppm
Coliformes Totales	110 NMP
Coliformes Fecales	<2 NMP
% Materia Orgánica	4,7
Cromo +6	2,42 ppm
Fosforo Total	0,28 ppm

Datos Tomados Caracterización Realizada por Lab. ILAM

De la misma manera se realizó un cuadro comparativo de las caracterizaciones de la Entrada, Salida de Agua Residual y Mezcla con Agua Domestica de 2008 al 2010, para poder determinar parámetros críticos en la Planta de Tratamiento, se muestra enseguida:

**Tabla 6. Comparativo Vertimiento 2008-2010**

Fecha	pH			Temperatura °C			Aluminio (mg/L)			Arsénico (mg/L)		
	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla
jun-08	4,26	7,82	6,9	24,7	23	20,1	236,4	1,72	0,84	<0,32	<0,32	<0,32
dic-08	4,95	7,19	7,4	31,8	27,2	25,9	316,8	2,26	1,32	<0,32	<0,32	<0,32
sep-09	4,17	7,92	7,63	32	24	21,9	394,7	1,84	1,24	<0,32	<0,32	<0,32
mar-10	4,22- 6,87	7,56- 7,91	7,00- 7,79	31,0- 33,3	25,1- 27,3	21,6- 26,6	46	8,1	7	<0,006	<0,006	<0,006
		<b>CAR</b>	<b>6,0-9,0</b>		<b>CAR</b>	<b>&lt;40</b>		<b>CAR</b>	<b>-</b>		<b>CAR</b>	<b>0,5</b>

Cadmio (mg/L)			Cianuro (mg/L)			Cobre (mg/L)			Coliformes Fecales (mg/L)			Coliformes Totales (mg/L)		
Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla
<b>0,14</b>	<0,002	<0,002	0,34	<0,1	<0,1	1,1	<0,04	<0,04	>24000000	150	1500	24000000	2400	110000
<b>0,17</b>	0,02	<0,002	0,1	<0,1	<0,1	2,26	0,2	<0,04	15000	430	9300	210000	1500	430000
<b>0,1</b>	0,02	<0,002	0,1	<0,1	<0,1	2,92	0,17	<0,04	15000	110	2400	240000	2100	460000
<b>&lt;0,003</b>	<0,003	<0,003	0,008	0,014	0,004	<0,05	<0,05	<0,05	<1,8	540000	130000	<1,8	920000	220000
	<b>CAR</b>	<b>0,1</b>		<b>CAR</b>	<b>1,0</b>		<b>CAR</b>	<b>3,0</b>		<b>CAR</b>	<b>10000</b>		<b>CAR</b>	<b>1000000</b>

Cromo +6 (mg/L)			DBO (mg/L)			DQO (mg/L)			Fenoles (mg/L)			Fluoruros (mg/L)		
Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla
<b>0,24</b>	<0,05	<0,05	4750	138	171	87500	256	214	0,227	<0,038	<0,038	0,7	<0,01	0,6
<b>0,86</b>	0,14	<0,05	4250	194	116	46500	324	194	0,35	<0,038	<0,038	0,54	<0,1	<0,1
<b>0,72</b>	0,12	<0,05	12470	114	102	16250	198	172	0,174	<0,038	<0,038	0,62	<0,1	<0,1
<b>&lt;0,02</b>	<0,02	<0,02	1289	127	186	7030	407	482	0,29	0,06	0,1	1,1	1,14	1,12
	<b>CAR</b>	<b>0,5</b>		<b>CAR</b>	<b>200</b>		<b>CAR</b>	<b>300</b>		<b>CAR</b>	<b>0,2</b>		<b>CAR</b>	<b>1,0</b>

Grasas y Aceites (mg/L)			Magnesio (mg/L)			Manganeso (mg/L)			Níquel (mg/L)			Plomo (mg/L)		
Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla
<b>153790</b>	<1,0	10,7	32,4	1,44	1,92	1,24	0,12	0,12	1,36	0,44	<0,06	0,12	0,08	<0,05
<b>15680,7</b>	2,6	13,4	28,32	0,72	0,48	1,94	0,14	0,1	3,64	0,17	0,12	0,15	0,08	0,1
<b>4890,7</b>	2,2	6,6	44,7	1,68	0,96	2,1	0,17	0,12	4,12	0,15	0,1	0,14	0,1	0,07
<b>1033</b>	22	34	9,6	2,88	2,4	2,2	0,26	0,28	<0,07	<0,07	<0,07	<0,02	<0,02	<0,02
	<b>CAR</b>	<b>50</b>		<b>CAR</b>	<b>-</b>		<b>CAR</b>	<b>0,2</b>		<b>CAR</b>	<b>2,0</b>		<b>CAR</b>	<b>0,5</b>

SAAM (mg/L)			Sólidos Totales(mg/L)			Sólidos Suspendidos(mg/L)			Zinc (mg/L)		
Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla	Entrada	Salida	Mezcla
<b>7,94</b>	0,1	0,16	153790	2917	2324	35840	27	44	0,54	0,06	0,12
<b>8,96</b>	0,14	0,24	109950	2591	2476	98330	35	65	0,72	0,14	0,1
<b>7,94</b>	0,17	0,34	7925	3171	2344	5195	55	46	0,84	0,17	0,08
<b>0,25</b>	<0,2	<0,2	6212	2961	3224	3700	46	49	0,42	0,08	0,12
	<b>CAR</b>	<b>0,5</b>		<b>CAR</b>	<b>2500,0</b>		<b>CAR</b>	<b>200,0</b>		<b>CAR</b>	<b>2,0</b>

### **5.3. ETAPA 3. ELABORACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA**

#### **5.3.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Al realizar un estudio de parámetros que tienen una tendencia a subir, se evaluó el proceso etapa por etapa, de cada situación encontrada se plantearon diferentes propuestas, tal como se muestra.

*\* En análisis realizados a la salida de la PTARI se encontraron valores altos de Coliformes Fecales.*

\_Causas:

Animales entran a la planta y pueden quedar atrapados en algunos de los tanques o equipos.

\_Propuesta:

Colocar tapas o cerrar el equipo completamente para evitar entrada de sustancias diferentes a las del proceso mismo.

*\* Fabricación de Solución de Polímeros no es Constante*

\_Causas:

No se realiza de manera automática, se realiza manualmente, pero no es constante su fabricación.

\_Daños causados:

Floc muy pequeño que se adhiere a paredes y tuberías, generando taponamiento a las mismas.

Calidad de agua deficiente.

Taponamiento de filtros → DQO alto.

\_Propuesta:

Automatizar el proceso y permitir la opción de hacer un enjuague luego de adición de polímero.

Realizar un procedimiento que sea específico para este proceso y que se lleve a cabo al inicio de cada día (manual).

*\*Taponamiento de las Tuberías.*

\_Causas:

Debido a la no formación constante de floc del mismo tamaño, aquel que es menos pesado flota con el agua y se va adhiriendo a las paredes de las tuberías, disminuyendo así su diámetro.

\_Daños Causados:

Desborde de algunos equipos, entre ellos Lamella1 y Filtro Dynasand.

Se forzan algunas bombas, para ayudar a bajar el nivel del T- 4.

Uso innecesario de soda Caustica para ayudar a destapar tuberías.

\_Propuestas:

Constante fabricación de solución de polímero, con las concentraciones establecidas para el tipo de afluente a tratar.

Limpieza permanente de las tuberías, por medio de agua o aire. →Sistema adecuado.

*\* Equivocación en Descarga de Agua del Sistema de Enfriamiento.*

\_Causas:

No se tiene en cuenta donde se debe realizar la descarga.

\_Daños Causados:

El agua que es enviada al T-13, genera una dilución de carga proveniente del cárcamo→Grasas y Aceites.

Gasto excesivo de químicos para poder tratar este tipo de agua, ya que esta contiene un alto contenido de hierro.

Mala calidad de agua a la salida de la planta.

\_Propuesta:

Se estableció enviar esta agua al T-2 ya que la naturaleza del agua de compresores más semejante a la de este tanque.

*\* No hay Tratamiento de Aguas de Regeneración y Retrolavado*

\_Causas:

No están funcionando las bombas de adición de solución de polímero y de ácido sulfúrico.

Preparación automática de solución de polímeros.

\_Daños Causados:

El agua no recibe ningún tratamiento y pasa de esta manera al alcantarillado.

No funciona el sistema de Tratamiento Secundario.

\_Propuestas:

Automatizar el proceso y permitir la opción de hacer un enjuague luego de adición de polímero.

Realizar un procedimiento específico.

Cambiar bombas necesarias para este proceso.

Activar el Sistema de Tratamiento de Aguas de Regeneración y Retrolavado.

Mantenimiento de los equipos usados en este sistema

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

Tras la evaluación del estado de la Planta de tratamiento de Agua Residual Industrial de Crown Colombiana S.A., se evaluaron los diferentes aspectos físicos como los son los equipos y su funcionamiento como tal en el proceso, y se determinó que existen problemas tales como daños en las tuberías, taponamiento de filtros que son de gran importancia para la eficiencia de la planta, al igual que faltan la activación de etapas de tratamiento requeridas en la misma. De igual manera se requiere una documentación de los procesos allí realizados, junto a la estandarización e implementación de los procedimientos, para que el operario maneje siempre los mismos parámetros con sus respectivas condiciones.

En la revisión de los parámetros que tienen una tendencia a aumentar su valor, se encontraron los siguientes: Sólidos Totales, Manganeseo, DQO, entre otros; para los cuales se propusieron cambios en la manera de dosificación de la solución de polímeros ya que estos mejorarían la reacción entre el efluente a tratar y los químicos utilizados. Igualmente se propusieron cambios de los filtros utilizados en el proceso ya que se encontraban tapados y estos ya no estaban funcionando como era debido.

La PTARI de Crown Colombiana S.A. tras la exposición de las situaciones encontradas tiene una eficiencia promedio de 80%, la cual se quiso aumentar llevando a cabo mejoras tal como cambio de tuberías, y lechos de filtros , en el anexo 6 encontramos fotografías del antes y el después de la implementación de cambios que se propusieron en este trabajo.

Igualmente, los resultados de las caracterizaciones de las entradas muestran que la mayor carga a tratar es oleica, pero que el tratamiento que está dispuesto originalmente es capaz de reducir esa carga al igual que los metales presentes en el efluente a tratar.

## 7. CONCLUSIONES

- El diagnóstico inicial del proceso llevado a cabo en la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial de Crown Colombiana S.A, no fue muy favorable para la planta ya que se encontraron situaciones no vistas con anterioridad, pero, al final de la implementación de las mejoras propuestas, es notorio el avance.
- La implementación de documentos específicos sobre el funcionamiento de cada uno de los equipos, junto a los procedimientos que se deben llevar a cabo en cada una de las etapas favorecerá al mejoramiento del proceso, ya que se efectuarán las actividades de una misma manera y no habrá diferencias entre acciones realizadas por los operarios, lo que evitara cambios innecesarios en el proceso que lo afecten de manera excesiva.
- Es necesario la implementación de formatos de mantenimiento preventivo mensual para contrarrestar efectos dañinos a los equipos generados por deterioro de los mismos.
- Según pruebas realizadas con el proveedor de polímeros EXRO Ltda. se concluyó que la mejor mezcla a tratar es cuando la carga tiene 20 pulg del T-2 y 8 pulg de T-13 a una concentración de 1 y 0,1% de solución de polímero aniónico y catiónico, respectivamente.

## 8. RECOMENDACIONES

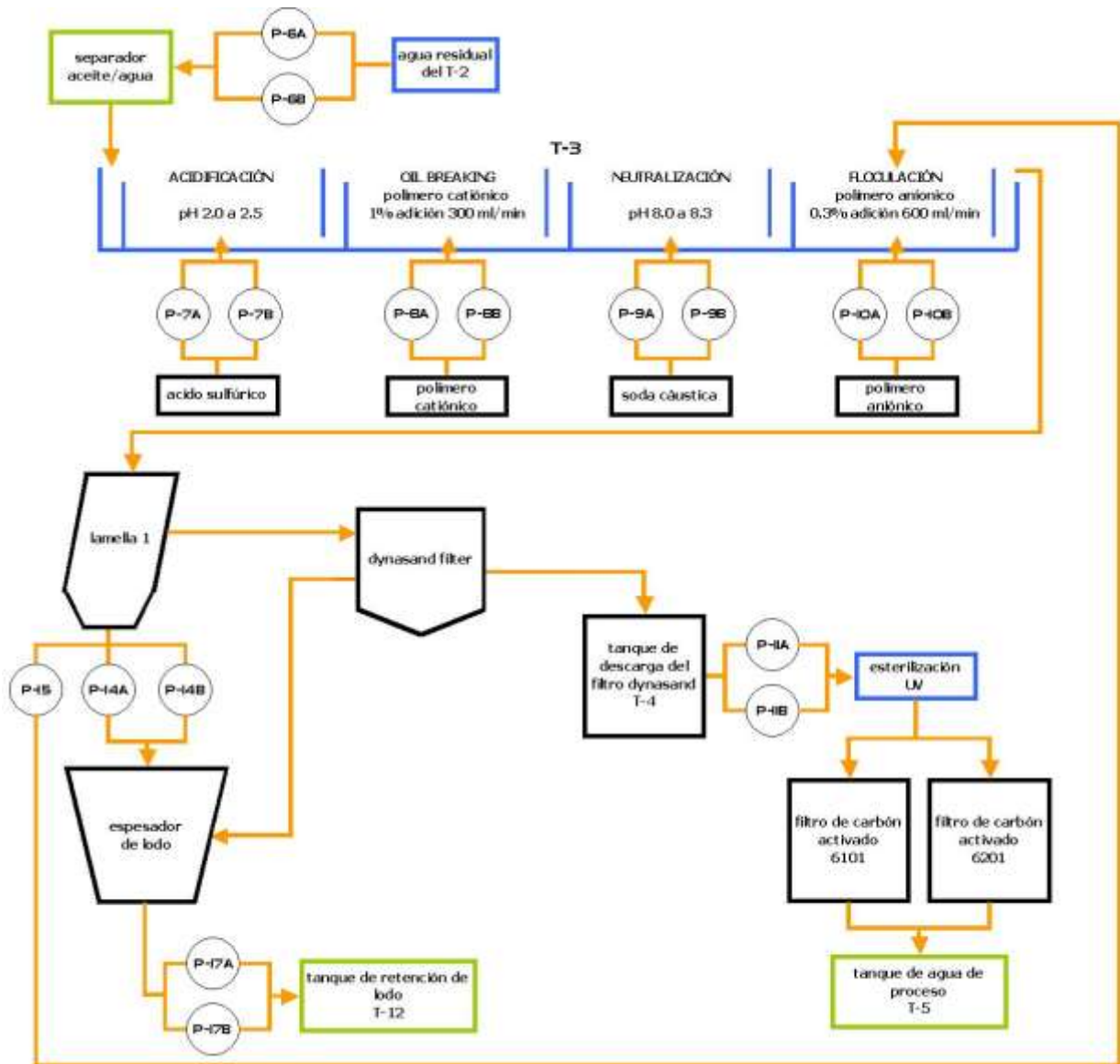
1. Evaluar la posibilidad de cambio de polímeros utilizados en la floculación y coagulación en el tratamiento químico, de tal manera que se puedan recomendar productos más eficientes.
2. Revisar adición de Acido Sulfúrico antes del Separador Agua/Aceite para mejorar la separación de la parte oleica de la emulsión.
3. Establecer tareas a realizar diariamente, en mantenimiento mensual y en overhaul, con responsabilidades.
4. Implementación de un laboratorio de mesa el cual permita evaluar los parámetros más importantes diariamente, con el fin de evitar incumplimiento de parámetros.
5. Evaluación de un deshidratador de lodos con el fin de disminuir la humedad de este, y reducir su peso; para favorecer la manera de disposición.
6. Sugerir la implementación de un flujometro a la entrada de PTARI para asegurar que el flujo de entrada no supere lo determinado para la planta, para así evitar sobrecarga al sistema.
7. Socialización de resultados obtenidos, con el fin de proponer cambios y la estructura de la planta como tal, encontrando un beneficio económico en reducción de costos para la planta y ambiental para el medio ambiente.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

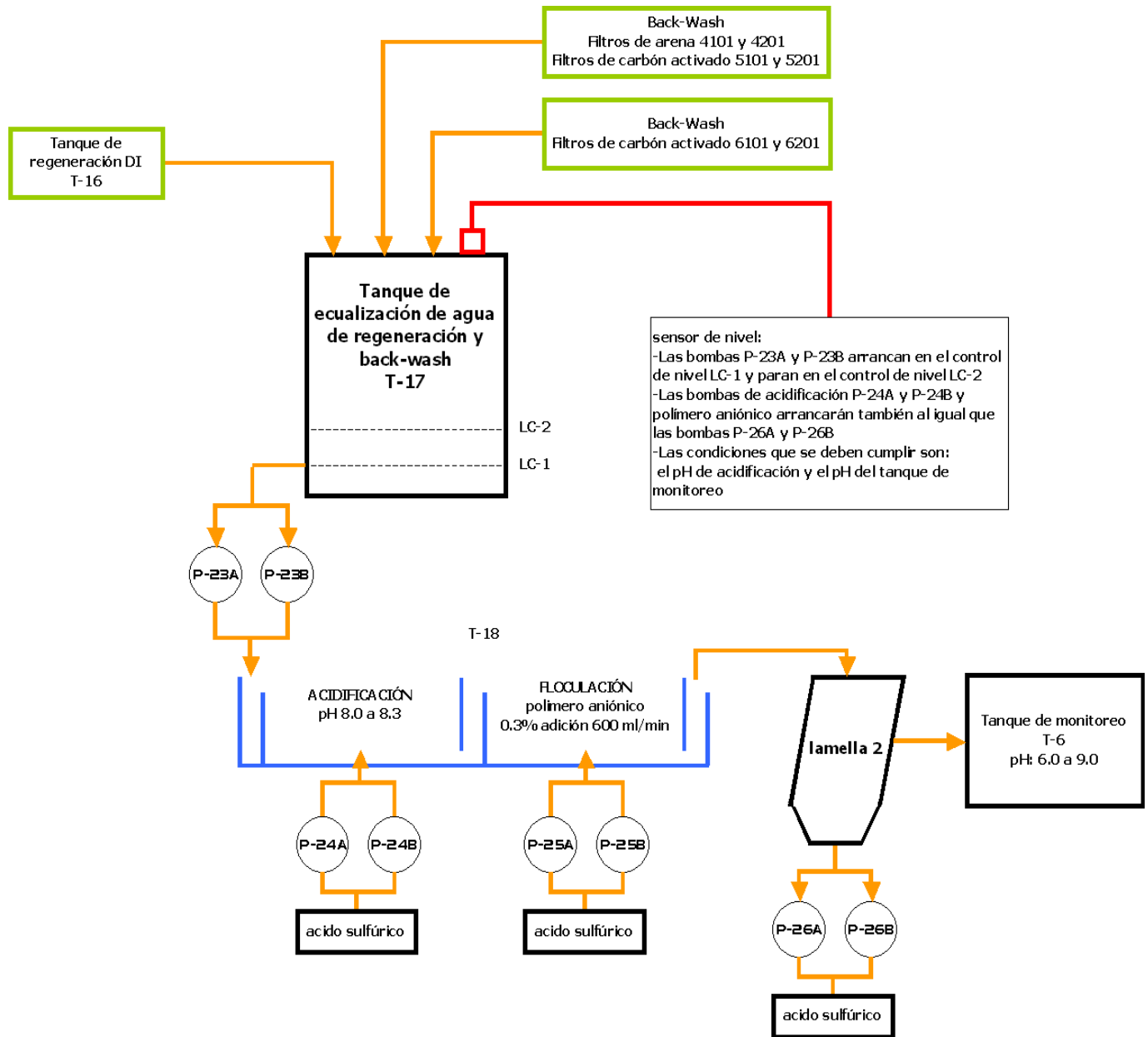
- Montgomery Watson (1998), Sistema de Tratamiento de Agua Desecheken de Crown Cork and Seal Company. Manual de Operación y Mantenimiento. Volumen I.
- Great Lakes Environmental Inc (1997), Installation, Operation and Maintenance Manual for Crown Cork and Seal for SRC-75 FRP, SRC-150 FRP.
- Parkson, (1998), Operating Manual for a Model 125/55 Lamella Gravity Settler.
- Parkson, (1998), Operating Manual for a Model 570/55 Lamella Gravity Settler.
- Parkson, (1998), Operation and Maintenance Manual for Dynasand Filter.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Diagrama de Planta de Tratamiento de Agua Residual



Sistema de Tratamiento Principal de Agua Residual



Sistema de Tratamiento de Agua de Regeneración y Retrolavado

## **Anexo 2.** Plan de Acción Crown Colombiana S.A.

### *1. Diagnostico:*

\*Dimensiones de los equipos y tuberías (Manuales, planos)

\*Condiciones de operación de los equipos (Presión, pH, Contenido)

Objetivo: Determinación de las capacidades y manera de operación de los equipos.

\*Determinación de caudales entrada/salida (los que se puedan calcular)

\*Ratas de filtración de filtros

Objetivo: Mirar si los caudales que se toman, son los que el equipo es capaz de tratar.

\*Manera de fabricación y adición de la solución de los polímeros (concentración)

Objetivo: Determinar si la manera como se está dosificando la solución es la requerida, para que la separación y floculación sea la esperada.

\*Realizar una caracterización compuesta (entradas y salidas de los equipos)

Objetivos:

Identificar las características del afluente sí:

\_El agua a tratar solo proviene de los sumideros de la washer.

\_La descarga realizada se origina del cárcamo.

\_Se realiza una mezcla de la entrada a la planta de tratamiento, mayor cantidad de sumidero y menos del cárcamo y vs.

\*Revisión de caracterización de lodos

Objetivo: Determinación de las características del lodo con el fin de proponer mejoras.

### *2. Determinar eficiencia de los equipos y de la PTARI en general*

Establecer capacidad de la PTARI en carga y en flujo.

### *3. Soluciones:*

Corto plazo: Implementar mejoras posibles de forma inmediata. Mediano y Largo plazo: Equipos y cambios en proceso que no impliquen inversiones altas.

### **Anexo 3** Tanques utilizados en el Proceso

T-1: Tanque de almacenamiento de agua filtrada proveniente del pozo profundo.

Capacidad: 39000 L

T-2: Tanque de ecualización principal, llega agua proveniente de la washer, del Tanque de Ecualización Auxiliar, del área de tratamiento de agua y tanques de almacenamiento externo.

Capacidad: 77000 L

T-3: Tanque de Acidificación, Rompimiento de Aceite, Neutralización y Floculación, llega agua del separador agua/aceite. Capacidad: 8m<sup>3</sup>

Condiciones: \* pH: 3.5

\* T(°C) < 40

\* Contenido: Agua sin tratar

T-4: Tanque de almacenamiento de la descarga del filtro Dynasand.

Capacidad: 6000 L

T-5: Tanque de agua de proceso viene de los filtros 6101 y 6201.

Capacidad: 26000 L

T-6: Tanque de monitoreo de agua tratada, viene del sistema de tratamiento de agua residual de la washer y de regeneración.

Capacidad: 3600 L

T-7: Tanque de mezcla de polímero catiónico.

Capacidad: 700 L (Manual de efluentes 0.85m<sup>3</sup>)

Condiciones: \* pH: 7.0

\* T(°C) < 25

\* Contenido: EXRO 676 + Agua

T-8: Tanque de alimentación de polímero catiónico.

Capacidad: 1000 L (Manual de efluentes 1m<sup>3</sup>)

T-9: Tanque de mezcla de polímero aniónico.

Capacidad: 700 L

Condiciones: \* pH: 7.0

\* T(°C) < 25

\* Contenido: EXRO 632 + Agua

T-10: Tanque de alimentación de polímero aniónico.

Capacidad: 1000 L

T-11: Tanque de descarga (rebose) del espesador de lodo.

Capacidad: 1700 L

T-12: Tanque de retención de lodo.

Capacidad: 1700 L (Manual efluentes 18m<sup>3</sup>)

T-13: Tanque de ecualización auxiliar, recoge aceite y agua de: Cárcamo del inicio de la línea de producción, y sumideros de la planta de producción.

Capacidad: 26000 L

T-15: Tanque de retención de aceite usado, viene del separador agua/aceite.

Capacidad: 26000 L

T-16: Tanque de descarga de regeneración D.I.

Capacidad: 17000 L

T-17: Tanque de ecualización de regeneración y retrolavado.

Capacidad: 37000 L (Manual de efluentes 36 m<sup>3</sup>)

T-18: Tanque de tratamiento de regeneración y retrolavado.

Condiciones: \* pH: Básico

\*  $T(^{\circ}\text{C}) < 40$

\* Contenido: Agua de regeneración y retrolavado

T-19: Tanque de mezcla de polímero aniónico.

Capacidad: 700 L

Condiciones: \* pH: 7.0

\*  $T(^{\circ}\text{C}) < 25$

\* Contenido: EXRO 632 + Agua

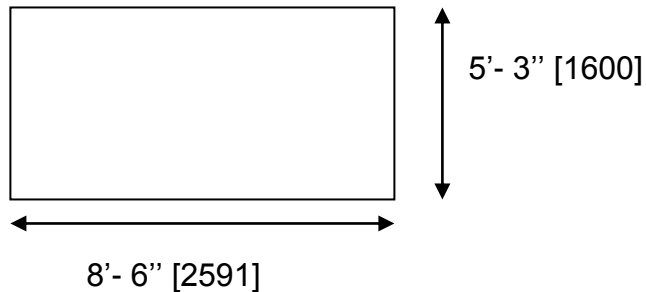
T-20: Tanque de alimentación de polímero aniónico.

Capacidad: 1000 L

#### Anexo 4 Datos Recopilados de los Equipos del Proceso

Dimensiones de los equipos

##### Ж Separador Agua/ Aceite (1)



Tubería Entrada: 6''

Salida: 6''

Datos tomados: Alto: 2.16 m

Prof.: 2.60 m

Ancho: 1.72 m

Esto da un Volumen  $9.656 \text{ m}^3 = 2551.7344 \text{ gal}$

Datos Manual (Planos): Alto 85.125 pulg = 2.16 m

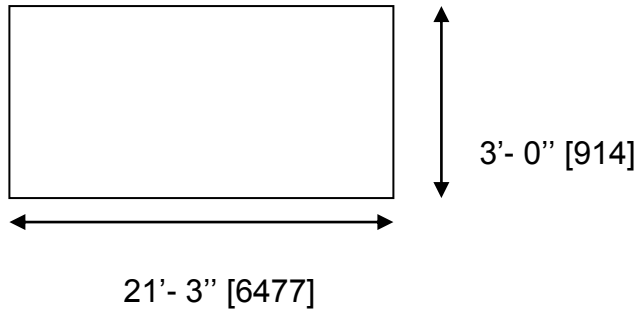
Prof. 100 pulg = 2.54 m

Ancho 66.75pulg = 1.69 m

Esto da un Volumen  $9.272\text{m}^3 = 2450.125 \text{ gal}$

Superficie de área de remoción de aceite libre:  $312\text{m}^2$  ( $3360 \text{ ft}^2$ ) Superficie de área de remoción de sólidos insolubles:  $78\text{m}^2$  ( $840 \text{ ft}^2$ )

### Ж Tanque T-3



Tubería Entrada: 6''

Salida: 10''

Datos tomados: Alto 1.30 m

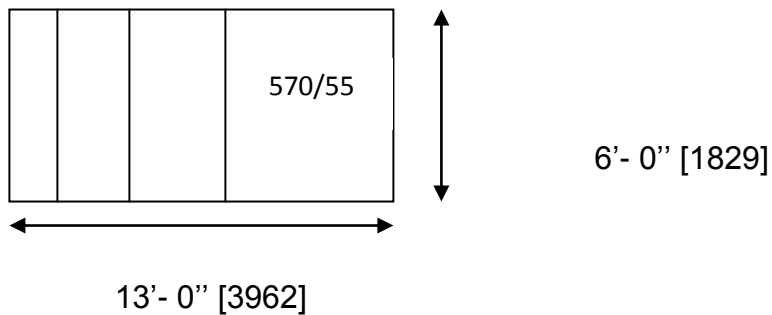
Prof. 0.94 m

Ancho 6.44 m

Esto da una capacidad  $7.870\text{m}^3 = 2079.64 \text{ gal}$

Según plano Wastewater Treatment Process Flow Diagram la capacidad del T-3 = 2100gal ~ 2079.64 gal.

### Ж Lamella 1



Tubería Entrada: 6''

Salida: Agua: 6''

Lodo: 4''

Datos (Planos): Alto 149.375 pulg = 3.80 m

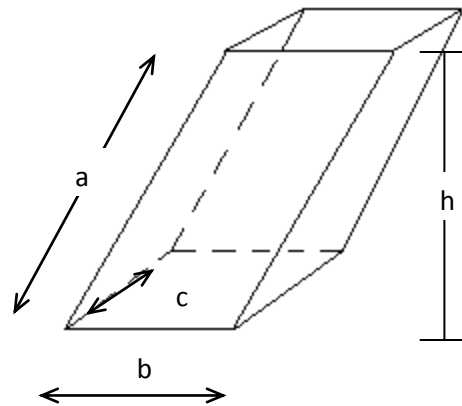
Prof. 75.1875 pulg = 1.90m

Ancho 60 pulg = 1.52 m

Superficie de área de remoción de aceite libre:  $312\text{m}^2$  ( $3360\text{ft}^2$ )

Superficie de área de remoción de sólidos insolubles:  $78\text{m}^2$  ( $840\text{ft}^2$ )

Determinación del volumen:



$$H_T = X - Y$$

$$X = 13' - 1'' = 157''$$

$$Y = 2' - 1 \frac{9}{16}'' = 25.5625''$$

$$H_T = 149.375''$$

$$b = Z - W$$

$$Z = 7' - 0 \frac{3}{16}'' = 84.1875''$$

$$W = 9''$$

$$b = 75.1875''$$

$$75.1875'' \rightarrow 4.4 \text{ cm}$$

$$x \rightarrow 6.2 \text{ cm}$$

$$x = 110.1733'' \Rightarrow h$$

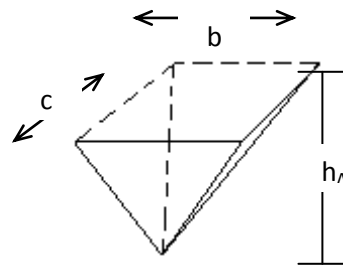
$$A_{\text{base}} = b \cdot c$$

$$c = 60''$$

$$A_{\text{base}} = 4511.25 \text{ pulg}^2$$

$$V_{\text{romb}} = A_{\text{base}} \cdot h$$

$$= 497019.2996 \text{ pulg}^3 = 8.0164 \text{ m}^3$$



$$V_{\text{pir}} = (A_{\text{base}} \cdot h_{\Delta})/3$$

$$75.1875'' \rightarrow 4.4 \text{ cm}$$

$$x \rightarrow 3.1 \text{ cm}$$

$$x = 52.9730'' \Rightarrow h_{\Delta}$$

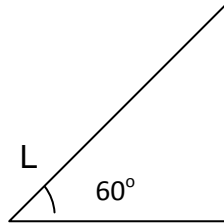
$$V_{\text{pir}} = 79658.1488 \text{ pulg}^3 = 1.31 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{romb}} + V_{\text{pir}}$$

$$= 576677.4484 \text{ pulg}^3 = 9.3264 \text{ m}^3$$

Esto da un Volumen  $9.3264 \text{ m}^3 = 2464.5003 \text{ gal}$

### Determinación del Área Total de Precipitación



$$\text{Sen } 56^\circ = 240 / L$$

240 cm

$$L = 240 / \text{Sen } 56^\circ$$

$$\text{Área del plato} = L * a$$

$$A_{\text{Precipitación}} = n A \cos \alpha$$

$$n = \# \text{Platos} = 32$$

$$A_{\text{Total Precipitación}} = 2 * A_{\text{precipitación}}$$

$$A_{\text{Clarificación}} = 0.8 * A_{\text{Total}}$$

$$A_{\text{Espesamiento}} = 0.2 * A_{\text{Total}}$$

	Calculados			Manual	Altura cm
Longitud del plato cm	243,84	ft:	8,00	8,00	202,1525
Ancho del plato cm	60,96		2,00	2,00	
Numero de platos	32				
Área del plato cm <sup>2</sup>	14864,49	ft <sup>2</sup> :	16,00	16	
A Precipitación cm <sup>2</sup>	265987,7		286,31		
A Total cm <sup>2</sup>	531975,4		572,61	570	
A Clarificación cm <sup>2</sup>	425580,3		458,0908	456	
A Espesamiento cm <sup>2</sup>	106395,1		114,5227	114	

Manual de efluentes: Área de Sedimentación = 53m<sup>2</sup> = 570 ft<sup>2</sup>

Angulo de inclinación de placas = 56 °

### **Ж Filtro Dynasand**

Tubería Entrada: 6"

Salida T-4: 6"

Salida Espesador de lodos: 3''

Diámetro: 5' - 0 3/8" = 60.375" = 1.53m

Altura = 143" = 3.63m

Cantidad de Arena silica = 4.6 toneladas

Tamaño de partícula = 1.4 mm

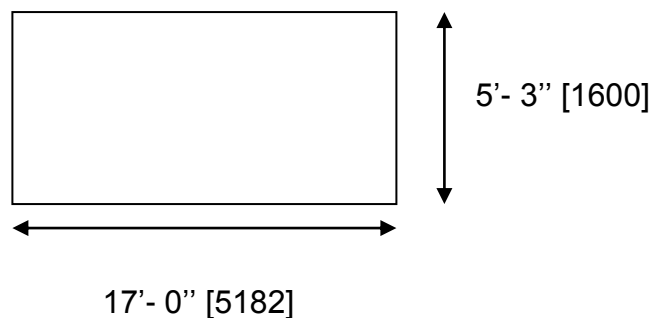
Coeficiente de uniformidad = >1.5

Presión de Aire = 40 lbf

Nivel de Agua = 8

Lamina de Agua de Rechazo = 2 cm de agua por encima.

### Ж Filtro Prensa



Máxima presión bombeada de Alimento entrada: 100 psi [7bar]

Volumen total: 30 ft<sup>3</sup> [0.8 m<sup>3</sup>]

Número de compartimiento: 36

Volumen compartimiento: 0.8 ft<sup>3</sup> [0.02 m<sup>3</sup>]

Área filtración total: 622 ft<sup>2</sup>

Tamaño del plato: 1000 mm

\_Condiciones Iniciales

Presión de Cierre: 1200psi Bomba Hidráulica

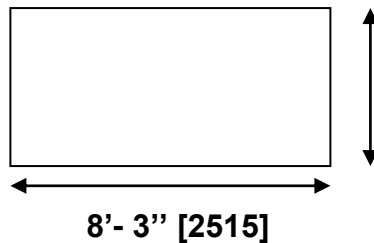
\_Condición Final

Presión de cierre: 3500psi

Sugerido por Manual: 3200psi

Capacidad de Bomba por manual 6000 psi

### Ж Separador Agua/ Aceite (2)



Tubería Entrada: 4"

Salida: 1 1/2"

Datos tomados: Alto 1.80 m

Prof. 2.53 m

Ancho 1.04 m

Esto da un Volumen  $4.74\text{m}^3 = 1252.55\text{gal}$

Datos Manual (Planos): Alto 72.125 pulg = 1.83 m

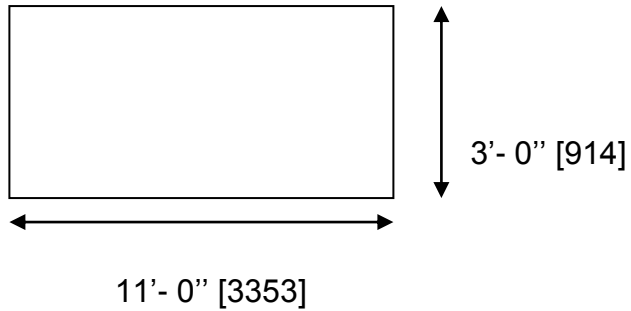
Prof. 100 pulg = 2.54 m

Ancho 42.75 pulg = 1.09 m

Esto da un Volumen  $5.07\text{m}^3 = 1339.75\text{gal}$

Superficie de área de remoción de aceite libre:  $140\text{m}^2$  ( $1350\text{ft}^2$ ) Superficie de área de remoción de sólidos insolubles:  $35\text{m}^2$  ( $377\text{ft}^2$ )

### Ж Танке T-18



Tubería Entrada: 6"

Salida: 10"

Datos tomados: Alto 1.20 m

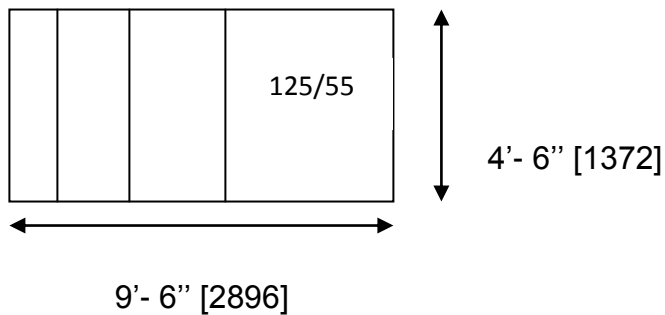
Prof. 2.40 m

Ancho 1.0 m

Esto da una capacidad  $2.88 \text{ m}^3 = 761.04 \text{ gal}$

Según plano Wastewater Treatment Process Flow Diagram la capacidad del T-3 = 770gal ~ 761.04 gal.

### Ж Lamella 2



Tubería Entrada: 4"

Salida: Agua: 6"

Lodo: 4"

Datos tomados: Alto 2.80 m

Prof. 0.90 m

Ancho 1.0 m

Datos Manual (Planos): Alto 131.4375 pulg = 3.34 m

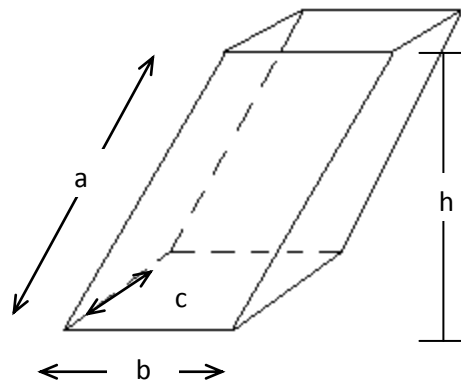
Prof. 21.25 pulg = 0.54 m

Ancho 96 pulg = 0.91 m

Superficie de área de remoción de aceite libre:  $140\text{m}^2$  ( $1530\text{ft}^2$ )

Superficie de área de remoción de sólidos insolubles:  $35\text{m}^2$  ( $377\text{ft}^2$ )

Determinación del volumen:



$$H_T = X - Y$$

$$X = 13' - 1'' = 157''$$

$$Y = 2' - 1 \frac{9}{16}'' = 25.5625''$$

$$H_T = 131.4375''$$

$$b = Z - W$$

$$Z = 2' - 11 \frac{3}{4}" = 25.75"$$

$$W = 4 \frac{1}{2}"$$

$$b = 21.25"$$

$$21.25" \rightarrow 2.4 \text{ cm}$$

$$x \rightarrow 6.4 \text{ cm}$$

$$x = 56.6667" \Rightarrow h$$

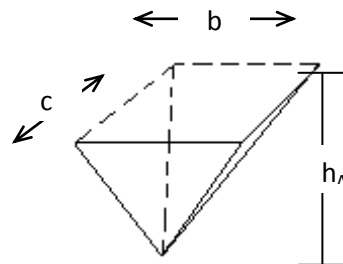
$$A_{\text{base}} = b * c$$

$$c = 36"$$

$$A_{\text{base}} = 765 \text{ pulg}^2$$

$$V_{\text{romb}} = A_{\text{base}} * h$$

$$= 43350.026 \text{ pulg}^3 = 0.7104 \text{ m}^3$$



$$V_{\text{pir}} = (A_{\text{base}} * h_{\Delta}) / 3$$

$$21.25" \rightarrow 2.4 \text{ cm}$$

$$x \rightarrow 2.3 \text{ cm}$$

$$x = 20.3646" \Rightarrow h_{\Delta}$$

$$V_{\text{pir}} = 15578.9063 \text{ pulg}^3 = 0.251 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{romb}} + V_{\text{pir}}$$

$$= 58928.9318 \text{ pulg}^3 = 0.9657 \text{ m}^3$$

Esto da un Volumen  $0.9657\text{m}^3 = 255.1861\text{gal}$

Determinación del Área Total de Precipitación

	Calculados			Manual	Altura cm
Longitud del plato cm	243.84	:ft	8.000	8.00	202.1525
Ancho del plato cm	60.96		2.000	2.00	
Número de platos	14				
Área del plato $\text{cm}^2$	14864.49	:ft <sup>2</sup>	16.000	16	
A precipitación $\text{cm}^2$	116369.6		125.26	125	
A clarificación $\text{cm}^2$	93095.69		100.5433	100	
A espesamiento $\text{cm}^2$	23273.92		25.13584	25	

Manual de efluentes: Área de Sedimentación =  $11.6\text{m}^2 = 125\text{ft}^2$

Angulo de inclinación de placas =  $56^\circ$

**Ж Filtro Multimedia 4101,4201**

Diámetro: 42" Altura: 60"

Tubería: Entrada: 4"

Salida: 4"

Retrolavado: 3"

Rata de Flujo de Servicio de diseño: 100gpm

Rata de Flujo de Retrolavado de diseño a  $60\text{F}=15.5^\circ\text{C}$ : 144gpm

Presión de Trabajo de diseño: 100psig

Lecho	Altura del Lecho	Cantidad
0.85mm-0.95mm Antracita	18"	14 ft <sup>3</sup>
0.45mm-0.55mm Filtro Arena	8"	6.5 ft <sup>3</sup>
30-40 Mesh garnet	4"	3 ft <sup>3</sup>
#8 Mesh	3"	2.5 ft <sup>3</sup>
1/4" x 1/8"	3"	2.5 ft <sup>3</sup>

1/2" x 1/4"	3"	2.5 ft <sup>3</sup>
3/4" x 1/2"	Fondo	5 ft <sup>3</sup>

**\*Regeneración**

Al empezar, asegurarse que el carbón permanezca en remojo por lo menos 8 horas para hidratarlo o se puede perder durante el retrolavado inicial.

Proceso	Flujo (gpm)	Tiempo (min)
Retrolavado	144	15
Aclara		2
Lavado Rápido	90	5

**Ж Filtro Carbón Activado 5101,5201**

Diámetro: 60"    Altura: 96"

Tubería: Entrada: 4"

Salida: 4"

Retrolavado: 3"

Rata de Flujo de Servicio de diseño: 100gpm

Rata de Flujo de Retrolavado de diseño a 60F=15.5°C: 193gpm

Presión de Trabajo de diseño: 100psig

Calidad de efluente: <0.1mg/L Cloro

Lecho	Altura del Lecho	Cantidad
Carbón	60"	96.5 ft <sup>3</sup>
Grava #20 Red Flint	3"	5 ft <sup>3</sup>
1/4" x 1/8" Red Flint	3"	5 ft <sup>3</sup>
1/2" x 1/4" Red Flint	Fondo	15 ft <sup>3</sup>

**\*Regeneración**

Al empezar, asegurarse que el carbón permanezca en remojo por lo menos 8 horas para hidratarlo o se puede perder durante el retrolavado inicial.

<b>Proceso</b>	<b>Flujo (gpm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Retrolavado	193	15
Aclara		2
Lavado Rápido	90	5

**Ж Filtro Carbón Activado 1101,1201**

Diámetro: 48"    Altura: 96"

Tubería: Entrada: 2"

Salida: 2"

Retrolavado: 1 ½"

Rata de Flujo de Servicio de diseño: 60gpm

Rata de Flujo de Retrolavado de diseño: 123gpm

Presión de Trabajo de diseño: 100psig

Calidad de efluente: <0.1mg/L Cloro

<b>Lecho</b>	<b>Altura del Lecho</b>	<b>Cantidad</b>
Carbón	60"	61.5 ft <sup>3</sup>
Grava #20	3"	3 ft <sup>3</sup>
¼" x 1/8"	3"	3 ft <sup>3</sup>
½" x 1/4"	Fondo	10 ft <sup>3</sup>

**\*Regeneración**

Al empezar, asegurarse que el carbón permanezca en remojo por lo menos 8 horas para hidratarlo o se puede perder durante el retrolavado inicial.

Proceso	Flujo (gpm)	Tiempo (min)
Retrolavado	123	15
Lavado Rápido	57	5

### Ж Filtro Carbón Activado 6101,6201

Diámetro: 72" Altura: 108"

Tubería: Entrada: 4"

Salida: 4"

Retrolavado: 2 ½"

Rata de Flujo de Servicio de diseño: 100gpm

Rata de Flujo de Retrolavado de diseño: 279gpm

Presión de Trabajo de diseño: 100psig

Calidad de efluente: <0.1mg/L Cloro

Lecho	Altura del Lecho	Cantidad
Carbón	65"	150 ft <sup>3</sup>
Grava #20	3"	7 ft <sup>3</sup>
1/4" x 1/8"	3"	7 ft <sup>3</sup>
1/2" x 1/4"	Fondo	25 ft <sup>3</sup>

#### \*Regeneración

Al empezar, asegurarse que el carbón permanezca en remojo por lo menos 8 horas para hidratarlo o se puede perder durante el retrolavado inicial.

Proceso	Flujo (gpm)	Tiempo (min)
Retrolavado	279	15
Aclara		2
Lavado Rápido	100	5

## Ж Columnas Deionizadoras 2101,2201

Diámetro: 36" Altura: 96"

Tubería: Entrada: 2"

Salida: 2"

Retrolavado: 1 ½"

Rata de Flujo de Servicio de diseño: 60gpm

Rata de Flujo de Retrolavado de diseño: 34gpm

Presión de Trabajo de diseño: 100psig

Calidad de efluente: 0.1micromhos = microsiemens

Resina: Catiónica: 12 ft<sup>3</sup>

Aniónica: 18 ft<sup>3</sup>

\*Regeneración

Proceso	Flujo (gpm)	Tiempo (min)
Blowdown 1	f.set	f.set
Retrolavado	34	15
Aclarar		5
En soda cáustica/Ácido bloqueado		25
Soda concentrada	0.4	
Dilución Agua Soda	6.5	
Ácido concentrado	0.0	
Dilución Agua Ácido	4.3	
En soda cáustica/En Ácido		20
Soda concentrada	0.4	
Dilución Agua Soda	6.5	
Ácido concentrado	0.8	
Dilución Agua Ácido	4.3	
Lavado lento		21
Soda concentrada	0.0	
Dilución Agua Soda	6.5	
Ácido concentrado	0.0	

Dilución Agua Ácido	4.3	
Lavado Rápido Mezclado	41	20
Blowdown 2	f.set	f.set
Mezcla Agua/Aire		f.set
Agua (gpm)	34	
Aire (scfm)	37	
Mezcla de Aire (scfm)	37	20
Extraer Aire	f.set	f.set
Llenado	f.set	5
Lavado final	57	5

**Anexo 5** Prueba Concentración de Polímeros con EXRO Ltda

Ver Adjunto PDF (GRC-818. INFORME ENERO-FEBRERO CROWN  
COLOMBIANA S.A.)

**Anexo 6** Fotografías del Proceso (Antes y Después)

Fotografías Derechos Reservados Crown Colombiana S.A.



Tanque Ecuación Principal



Tanque de Ecuación Auxiliar



Separador Agua Aceite





Tanque de Tratamiento Químico



Sedimentador de Placas



Filtro Dynasand



Vertimiento de Agua Antes de Implementación de Mejoras



Vertimiento Agua después de implementación