



DIAGNÓSTICO Y PLAN DE ACCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN Y PUESTA EN  
SERVICIO DE LA PLANTA DIAPAC DE LA COORDINACIÓN AMBIENTAL DE LA  
GCB-ECOPETROL S.A.

JAVIER IGNACIO NAVARRO CALDERÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA  
2006

DIAGNÓSTICO Y PLAN DE ACCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN Y PUESTA EN  
SERVICIO DE LA PLANTA DIAPAC DE LA COORDINACIÓN AMBIENTAL DE LA  
GCB-ECOPETROL S.A.

JAVIER IGNACIO NAVARRO CALDERÓN

Trabajo presentado como requisito para optar el título de  
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos

Director  
Milton Ricardo Fernández  
Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA  
2006

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bucaramanga, 15 de junio de 2006

## **AGRADECIMIENTOS**

Para el desarrollo e implementación del informe toma gran importancia la participación, gestión y compromiso de los Ingenieros Hugo Villamizar Ariza, Gilberto Mantilla Robles, Milton Ricardo Fernández, Nicolás González Galvis, Juan Carlos Barros y la Doctora Sonia Meléndez.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVOS GENERALES	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS	22
2.2 PROPÓSITO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO	22
2.3 IMPORTANCIA DE LA POBLACIÓN MICROBIANA EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO	24
2.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA	24
2.5 AIREACIÓN EXTENDIDA (TRATAMIENTO AERÓBICO)	25
2.5.1 Aireación del sistema de tratamiento.	26
2.5.2 Sistemas de aireación.	27

	pág.
2.5.2.1 Aireación con Difusores.	27
2.5.2.2 Aireadores mecánicos.	27
3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS - DIAPAC	28
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR.	28
3.1.1 Origen del agua a tratar.	28
3.1.2 Flujo del agua a tratar.	28
3.1.3 Características del agua tratada.	28
3.2 PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO	28
3.3 PROCESOS DEL TRATAMIENTO	29
3.3.1 Circuito hidráulico de la instalación.	29
3.3.2 Descripción del equipo.	30
3.3.2.1 Rejilla W 3062.	30
3.3.2.2 Unidad de Elevación.	30
3.3.2.3 Piscinas DIAPAC.	31

	pág.
3.3.2.4 Cámara de Almacenamiento de Lodos.	31
3.4 OPERACIÓN DE LA PLANTA	31
3.4.1 Tipos de operación del Diapac.	31
3.4.1.1 Primer caso - Operación normal con Flujo Nominal.	31
3.4.1.2 Operación selector en modo normal.	33
3.4.2 Operación selector en modo mantenimiento.	34
3.4.3 Paradas Cortas.	34
3.4.3.1 Paradas debidas al Proceso.	34
3.4.3.2 Paradas debidas a otras causas.	34
3.4.4 Paradas largas.	35
4. MARCO LEGAL	36
5. DESARROLLO DEL TRABAJO	54
5.1 DIAGNOSTICO TÉCNICO	54
5.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	59

	pág.
5.2.1 Resultados de análisis efectuados al afluente del Diapac.	60
5.2.2 Medición del Flujo de Salida del Diapac.	60
5.2.3 Carga contaminante vertida al caño el Rosario.	61
5.2.4 Análisis de calidad externos en la GCB.	61
5.2.4.1 Parámetros IN SITU año 2003. Afluente.	61
5.2.4.2 Parámetros IN SITU año 2003. Efluente.	62
5.2.4.3. Caracterización físico-químico año 2003.	62
5.2.4.4 Caracterización físico-químico para el año 2004. Afluente	64
5.2.4.5 Caracterización físico-químico para el año 2005. Afluente.	65
5.2.4.6 Caracterización físico-química para el año 2004. Efluente.	66
5.2.4.7 Caracterización físico-química para el año 2005. Efluente.	67
5.2.4.8 Análisis de eficiencia para los años 2004/2005.	68
6. PLAN DE ACCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CONFIABILIDAD	69
6.1 RECUPERACIÓN DE EQUIPO ESTÁTICO Y DE CONCRETOS.	69

	pág.
6.1.1 Actividad.	69
6.1.2 Actividad.	69
6.2 PROGRAMA PARA CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA.	70
6.2.1 Actividad.	70
6.2.2 Actividad.	70
6.3.1 Actividad.	70
6.3.2 Actividad.	71
6.3.3 Actividad.	71
6.3.4 Actividad.	71
6.3.5 Actividad.	72
6.3.6 Actividad.	72
6.3.7 Actividad.	73
6.3.8 Actividad.	73
6.4. OPERACIÓN DEL DIAPAC.	74

	pág.
6.4.1. Actividad.	74
6.4.2 Actividad.	74
6.4.3 Actividad.	74
6.4.4 Actividad.	75
6.4.5 Actividad.	75
6.5 SOSTENIBILIDAD DEL PROCESO	75
6.5.1 Actividad.	75
6.6. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO	75
6.6.1. Actividad.	75
6.7 INVERSIÓN REQUERIDA	76
7. CONCLUSIONES	77
8. RECOMENDACIONES	78
9. BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	80

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ciclos de aireación-decantación de las piscinas BA3063 A/B en operación normal.	33
Tabla 2. Ciclos de aireación-decantación en modo mantenimiento	34
Tabla 3. Resultados de análisis al afluente del Diapac oct-dic/05.	60
Tabla 4. Resultados de análisis al afluente del Diapac ago-dic/05.	60
Tabla 5. Carga contaminante vertida al caño el Rosario	61
Tabla 6. Parámetros IN SITU promedio Diapac Afluente.	61
Tabla 7. Resultado de los análisis programados por la firma Antek S.A.	62
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos Diapac - 1	62
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos Diapac - 2	63
Tabla 10. Análisis fisicoquímico año 2004 - afluente	64
Tabla 11. Análisis fisicoquímico para el año 2005 - afluente	65
Tabla 12. Análisis fisicoquímico para el año 2004 - efluente	66
Tabla 13. Análisis fisicoquímico año 2005 - efluente	67
Tabla 14. Análisis de eficiencia para los años 2004/2005	68
Tabla 15. Plan de muestreo y analíticas a desarrollar.	74

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Fosa de carga.	54
Figura 2. Válvulas motorizadas MOVs (automáticas)	55
Figura 3. Suministro de aire	55
Figura 4. Figura de compresores C-3061 ABC 56	
Figura 5. Tubería efluente del sistema de lodos y retorno a la obra de llegada	56
Figura 6. Celda de lodos sin utilizar.	57
Figura 7. Celdas de secado de lodos.	57
Figura 8. Sistemas de transferencias.	58
Figura 9. Instrumentación.	58
Figura 10. Isótopo trazador	59
Figura 11. Panorámica actual	69
Figura 12. Medidores nuevos instalados.	71
Figura 13. Válvulas MOVs posterior a su reparación.	72
Figura 14. Nuevo aireador instalado en el Diapac.	73

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Curvas de eficiencia de las P-3066 A/B sumergibles.	81
Anexo B. Características de las P-3066 A/B nuevas	82
Anexo C. Curvas de eficiencia del MP-3066 A/B	83
Anexo D. Planos del nuevo aireador	84
Anexo E. Presupuesto ejecutado a válvulas MOV EIM	85
Anexo F. Especificaciones técnicas para recuperar el equipo estático.	86

## GLOSARIO

**AIREADOR:** estructura metálica en forma de espina de pescado dotado de orificios con el objetivo de realizar una inyección de aire distribuida en un cuerpo de agua.

**ATP:** departamento de la refinería de Barrancabermeja que cuenta con un personal profesional encargado de prestar soporte técnico a la producción.

**CÁMARA:** piscina en concreto donde se realiza el proceso de aireación.

**CATALOGAR:** ingresar la información técnica a una base de datos sobre un producto o un repuesto con el objetivo de obtener un número consecutivo que facilite su compra.

**COACHING:** metodología utilizada en ECOPETROL para realizar un entrenamiento y acompañamiento a funcionarios en proceso de aprendizaje.

**CSI:** equipo electrónico que mide las vibraciones (oscilaciones radiales o axiales) de los equipos rotativos con el objetivo de detectar fallas.

**DIAPAC:** equipo donde se realiza el tratamiento a las aguas sanitarias o domesticas provenientes del club Miramar y Área de Balance en la GCB de ECOPETROL.

**ELLIPSE:** software usado en ECOPETROL para realizar pagos, manejo de inventarios, ordenes de trabajo.

**MOV:** accesorios (válvulas) con control motorizado de actuación eléctrica que controla el flujo de un determinado fluido.

**OT:** orden de trabajo, requisito previo a la realización de una actividad de mantenimiento.

**PLC:** equipo eléctrico de control calibrado con una secuencia lógica realizando la función de memoria para que se ejecute movimientos de apertura o cierre en las válvulas MOV'S.

**POCKET:** equipo electrónico portátil usado para tomar los datos claves de las diferentes variables de un proceso para la posterior alimentación en una base de información.

SUMERGIBLE: equipo rotativo usado para desplazar un producto y que por la naturaleza del proceso, se encuentra operando en una fosa inundada.

VENTANA OPERATIVA: rangos permisibles para un correcto control de un proceso con el objetivo de asegurarlos y tener confiabilidad en los equipos participantes.

## RESUMEN

**TITULO:\***

DIAGNOSTICO Y PLAN DE ACCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA PLANTA DIAPAC DE LA COORDINACIÓN AMBIENTAL DE LA GCB. ECOPETROL S.A.

**AUTOR:**

JAVIER IGNACIO NAVARRO CALDERÓN.

**PALABRAS CLAVES:**

AERÓBICO, TRATAMIENTO, DOMESTICAS, SANITARIAS, DIAGNOSTICO.

**CONTENIDO.**

Con el informe elaborado se analizó la situación técnica de la planta de tratamiento de aguas sanitarias Diapac de la coordinación Ambiental de la GCB y el impacto ambiental generado por su baja confiabilidad e inoperabilidad. A partir de este diagnostico se estructuró un plan de acciones encaminadas a la recuperación y puesta en servicio, integrando los recursos técnicos y humanos disponibles en la refinería con el objetivo de manejar un desarrollo sostenible y cumplir con el compromiso social. Se realizaron las siguientes recomendaciones: Identificar y eliminar los puntos de conexión con los sistemas de aguas lluvias y aceitosas. En épocas de lluvia se verifica un incremento del caudal y presencia de aceite al afluente lo cual hace perder el control fisicoquímico y microbiológico.

Establecer los rangos de operación para el correcto control de la operación y cuidado básico de los equipos. Se debe incluir en la ruta de la POCKET la ronda estructurada al igual con el CSI.

Aumentar las competencias técnicas del personal de operaciones encargado de su control teniendo como herramienta la capacitación y el coaching.

Definir con ATP y planeación, un programa de mantenimiento predictivo de todos los equipos del Diapac.

Incluir al Diapac dentro del programa anual de mantenimiento general que se realiza a los separadores.

Establecer un programa de muestreo de control de calidad para el afluente y efluente del Diapac.

---

\* Monografía

## SUMMARY

### 1. TITLE:\*

DIAGNOSTIC AND PLAN OF ACTION FOR THE RECOVERY AND SETTING IN SERVICE OF THE PLANT DIAPAC OF THE ENVIRONMENTAL COORDINATION OF THE GCB. ECOPETROL S.A.

### 2. AUTHOR:

JAVIER IGNACIO NAVARRO CALDERÓN.

### 3. CODE WORDS:

AEROBIC, TREATMENT, YOU TAME, SANITARY, DIAGNOSTIC.

### 4. RESUME:

With the elaborated report the technical situation of the plant of treatment of sanitary waters Diapac of the Environmental coordination of the GCB and the environmental impact generated by its low dependability and inoperabilidad was analyzed. Starting from this I diagnose a plan of actions it was structured guided to the recovery and setting in service, integrating the available technical and human resources in the refinery with the objective of to manage a sustainable development and to fulfill the social commitment. They were carried out the following recommendations:

to Identify and to eliminate the connection points with the systems of waters rains and oily. In rain times it is verified an increment of the flow and presence of oil to the tributary that which makes lose the physiochemical control and microbiologic.

To establish the operation ranges for the correct control of the operation and basic care of the teams. It should be included in the route of the POCKET the beat structured to the similar with the CSI.

The personnel's of operations technical competitions in charge of their control having as tool the training and the coaching to Increase.

To Define with ATP and planeación, a program of maintenance predictive of all the teams of the Diapac.

To Include the Diapac inside the annual program of general maintenance that is carried out to the separators.

To establish a program of sampling of control of quality for the tributary and effluent of the Diapac.

---

\* monograph

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas domésticas y de efluentes industriales es la forma principal y la segunda más antigua, después de la producción de cerveza, de lo que ahora se conoce como Biotecnología. El objetivo principal del tratamiento de aguas domésticas es la protección de los recursos hídricos, teniendo en cuenta, que los ríos son los receptores de efluentes de aguas domésticas y que a su vez, proporcionan agua para producir agua potable, aguas abajo.

Las aguas residuales o domesticas están constituidas en más de un 99% por agua y son de un color grisáceo a café amarillento, en algunas ocasiones están coloreadas por algunos efluentes industriales.

La planta de aguas sanitarias Diapac es una estructura concebida para minimizar el impacto ambiental de las corrientes de aguas domésticas generadas por el sector industrial de la Unidad de Balance y del Club Miramar hacia el caño El Rosario. Para el cumplimiento de las exigencias que el Ministerio del Medio Ambiente ha aprobado para la legislación ambiental como es el caso del decreto 1594 de 1.984 “Por medio de la cual se reglamentan las tasas retributivas por utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas”, ha obligado a que las empresas tengan visión de su negocio con mayor productividad y respeto por el medio ambiente.

El presente trabajo tiene por objetivo realizar un diagnóstico y evaluación para establecer un plan de acción tendiente a recuperar la confiabilidad operativa y hacer de este sistema un proceso continuo que permita un desarrollo sostenible, cumpliendo de esta manera el compromiso social de ECOPETROL y con la normatividad estatal.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVOS GENERALES**

Diagnóstico ambiental, técnico y planes de acción para la puesta en servicio de la planta de aguas sanitarias (Diapac) de la coordinación ambiental de la GCB – ECOPETROL S.A.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar Físico, Química y Microbiológicamente los afluentes y efluentes del tratador (Diapac) en cuanto a pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos, caudal, temperatura y coliformes.
- Realizar un diagnostico técnico de los equipos en falla.
- Estructurar un plan de acción para recuperar la confiabilidad operativa.
- Asegurar la sostenibilidad de operación.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS**

Etapas del tratamiento. El tamizado, la eliminación de arena y el asentamiento primario sirven para retirar los sólidos. La etapa de tratamiento secundario usualmente es una etapa biológica destinada a la eliminación de contaminantes disueltos por oxidación y asentamiento de la biomasa producida. El tratamiento terciario no se usa con frecuencia, pero esencialmente consiste en la eliminación de bajas concentraciones de sólidos suspendidos mediante separación física<sup>1</sup>.

### **2.2 PROPÓSITO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Los sistemas de tratamiento secundario son utilizados para remover la materia orgánica soluble y coloidal en suspensión; generalmente, este tratamiento implica procesos de tipo biológicos en los cuales los microorganismos son esenciales para el proceso.

Las aguas sanitarias, además de contener materia orgánica, también transportan un gran número de microorganismos que son capaces de estabilizar esta materia mediante procesos de purificación natural. El tratamiento biológico es la aplicación de un proceso natural controlado, en el cual las bacterias remueven materia orgánica soluble coloidal del residuo y a su vez ellas mismas son removidas. Adicionalmente la eliminación de compuestos que se forman en trazas y que puedan resultar tóxicos, son también un objetivo importante del tratamiento.

Para realizar este proceso natural en un tiempo razonable es necesario que un número muy grande de microorganismos esté disponible en un recipiente. Los sistemas de tratamiento biológico son diseñados para mantener una gran masa activa de bacterias dentro del sistema. Si bien los mismos principios básicos permanecen en todos los procesos biológicos, las técnicas usadas en su aplicación pueden variar ampliamente. Una clasificación útil divide estos sistemas en procesos de crecimiento adherido o crecimiento suspendido, aunque hay técnicas en que ambos tipos están incorporados.

---

<sup>1</sup> CORREA ALFONSO, GONZÁLEZ JULIÁN. Optimización del separador de aguas sanitarias. Especialización en Ingeniería Ambiental. UIS. Bucaramanga 2000.

Los procesos de crecimiento adherido utilizan un medio sólido en el que las bacterias sólidas están acumuladas con el fin de mantener una alta población. El área disponible para el crecimiento es un parámetro de diseño importante.

En crecimiento suspendido, como en crecimiento adherido, hay muchos diseños posibles que satisfacen los requerimientos definidos por el proceso. Los lodos activados convencionales representan la configuración original, consistente en un tanque rectangular relativamente largo y angosto con aire para abastecimiento de oxígeno y mezcla que es suministrada a través de difusores en el fondo del tanque. El caudal pasa a un clarificador, desde el fondo del cual los sólidos son retornados al tanque de aireación. Los sólidos en exceso son desechados del conducto de retorno de lodos aunque es posible hacerlo independientemente del tanque de aireación, lo cual es posible y puede ser preferible. Los sólidos retornados son mezclados con el agua residual entrante, pasando a través del tanque a manera de flujo de pistón. En general, el aire es suministrado a través de difusores porosos.

La aireación extendida es un proceso de mezcla completa operado con un largo tiempo de retención hidráulica y una alta edad de lodos. La aplicación del proceso se limita a pequeñas plantas donde su ineficiencia es más considerable que su estabilidad y simplicidad de operación. Muchas plantas de aireación extendida son unidades prefabricadas que requieren apenas las bases y las conexiones eléctricas e hidráulicas. En la selección o especificación de plantas compactas, se debe considerar cuidadosamente la calidad y capacidad de las bombas, motores y compresores, así como también la capacidad establecida del sistema.

Normalmente las aguas domésticas son pasadas por una malla y luego se dejan asentar en recipientes de asentamiento primario. A continuación, se pasan a un recipiente de aireación junto con una corriente de lodo de retorno, que es el lodo obtenido del asentamiento del líquido mixto del recipiente de aireación. La mezcla de lodo y aguas domésticas se somete a aireación para transferir oxígeno a la biomasa y para evitar el depósito de sólidos de lodo. La aireación se efectúa ya sea mediante aireadores mecánicos o con difusores de aire colocados en la base del recipiente.

Las reacciones microbiológicas son auto catalíticas, es decir, que la presencia de uno de los productos, organismos adicionales, aumenta la rapidez de reacción. Las aguas domésticas son un substrato débil (150 - 300 mg DBO) y por lo tanto, la producción de biomasa en un sistema de un solo paso es baja. Por tanto, el reciclaje de una parte de la biomasa ayuda a incrementar la rapidez del tratamiento.

Se debe mantener la concentración de la masa bacteriana en el tanque de aireación tan alta como sea posible hasta que empiece la reducción de sustrato; en este punto, comenzará el decrecimiento de la población microbiana y por ende empezará la competencia entre ellas y la muerte de algunas. El incremento en la concentración de biomasa consigue dos propósitos:

- Aumentar la rapidez del tratamiento.
- Reducir la cantidad de biomasa producida a partir de la DBO removida.

### **2.3 IMPORTANCIA DE LA POBLACIÓN MICROBIANA EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

La eliminación de la DBO, la coagulación de los sólidos coloidales (floculación) no sedimentables, y la estabilización de la materia orgánica se consigue, biológicamente, por la acción de una variedad de microorganismos, como se enunció en la sección 3.2.

Los microorganismos se suelen clasificar, según su estructura y funcionamiento celular en Eucariotas, Eubacterias y Arqueobacterias.

Los grupos Procariotas (eubacterias y arqueobacterias) suelen denominarse simplemente bacterias, y son primordiales en este tratamiento.

Las condiciones ambientales del medio de desarrollo de estas bacterias tales como temperatura y pH, influyen de manera directa su desarrollo y crecimiento. A pesar de que las bacterias pueden sobrevivir en un intervalo amplio de temperatura y pH, el crecimiento óptimo se suele producir en un intervalo muy restringido de valores de estos dos parámetros. Se ha comprobado que las tasas de crecimiento se doblan por cada aumento de diez (10) grados centígrados de temperatura hasta alcanzar el grado óptimo. La mayoría de las bacterias no toleran niveles de pH por debajo de 4.0 ni superiores a 9.5. En general, el pH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6.5 y 7.5.

### **2.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA**

Existen algunos organismos indicadores de la contaminación en los cuerpos de agua dulce como son el grupo de bacterias coliformes, las cuales tienen su hábitat primario en el conducto intestinal de los seres humanos; este grupo es un indicador de contaminación fecal del agua y de la posible presencia consecuente



Un tipo de sistema común para el tratamiento de lodos activados es el de reactor discontinuo secuencial (SBR) en el cual no es necesario retornar los lodos al sistema y consta de las siguientes fases de proceso:

- Llenado: el objetivo de esta fase es la adición de sustrato (agua residual o doméstica) al reactor. Esta fase permite que el nivel de líquido ascienda desde el 25 hasta el 100% de la capacidad. Este proceso suele llevar aproximadamente una cuarta parte del tiempo de duración del ciclo.
- Reacción: el propósito de esta fase es que se completen las reacciones que se inician durante la fase de llenado. Suele ocupar el 35% de la duración total del ciclo.
- Sedimentación: el objetivo de esta fase es permitir la separación de sólidos, para conseguir un sobrenadante efluente clarificado. En estos reactores el proceso es más eficiente que en un reactor de flujo continuo debido a que el contenido del reactor está en reposo.
- Vaciado: el propósito de esta fase es la extracción del agua clarificada al reactor. El tiempo que dura el vaciado del reactor puede variar entre el 20% y el 50% de la duración del ciclo, siendo 45 minutos una duración típica.
- Fase Inactiva: el objetivo de la fase inactiva en un sistema de múltiples tanques es permitir que un reactor termine su fase de llenado antes de conectar con otra unidad. En algunos casos se omite esta fase.

Cabe anotar que la purga del lodo es un paso importante en el funcionamiento del reactor discontinuo dado que influencia de manera importante el rendimiento del reactor. La cantidad de lodo que hay que purgar y la frecuencia con que se debe efectuar la purga se determina según las necesidades de rendimientos, similar como se realiza en un reactor continuo. La purga del lodo se realiza en la fase de sedimentación o inactividad. Los reactores discontinuos tienen una característica única y es que no necesitan el retorno de lodos activados debido a que tanto la aireación como la decantación se realizan en el mismo tanque por lo cual no se pierde lodo en la fase de reacción, y no se necesita recircular parte del lodo en la sedimentación para mantener el nivel de lodos en el tanque de aireación.

**2.5.1 Aireación del sistema de tratamiento.** El crecimiento de un organismo aerobio en un cultivo sumergido requiere de oxígeno disuelto en el medio. El oxígeno debe ser aportado continuamente debido a su baja solubilidad en un medio acuoso mediante algún sistema de aireación; adicional a esto, se requiere un mezclado intenso a fin de que los sólidos biológicos permanezcan en

suspensión, se dispersen los residuos y se logre la adecuada estabilización del sistema.

La transferencia de gas desde o hacia un líquido es un fenómeno superficial, por tanto, el equipo de aireación debe maximizar el área interfacial. Dicha transferencia se hace con mayor facilidad mediante el paso de burbujas muy finas del gas a través del líquido o gotas muy finas del líquido a través del gas. La transferencia mejora y se afecta por la presión parcial del gas de lo cual se deduce aquí un potencial de mejora para cualquier sistema.

**2.5.2 Sistemas de aireación.** Los principales elementos en sistemas de aireación que se encuentran comúnmente son:

- Aireación con difusores
- Aireadores mecánicos

**2.5.2.1 Aireación con Difusores.** Está formado por unos difusores sumergidos en el agua residual. Los difusores se clasifican de dos tipos: Difusores de burbujas finas y Difusores de burbuja gruesa. Los primeros son más eficaces en la transferencia de oxígeno.

Comercialmente, existen otro tipo de difusores los cuales son: los difusores de chorro, de aspiración y de aireación con tubos en "U".

**2.5.2.2 Aireadores mecánicos.** Se clasifican en dos grupos según sus características de diseño y de funcionamiento: Aireadores de eje vertical y Aireadores de eje horizontal. Estos a su vez pueden ser superficiales o de tipo sumergido. En los superficiales, el oxígeno se obtiene de la atmósfera y en los sumergidos, el oxígeno además de obtenerlo de la atmósfera, se puede adicionar a partir de oxígeno puro que se introduce por la parte inferior del tanque.

### 3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS - DIAPAC

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR.

##### 3.1.1 Origen del agua a tratar.

El afluente del sistema de aguas sanitarias no contiene aceite.  
La DBO<sub>5</sub> del afluente debe ser según diseño de 480 mg/l.  
La temperatura mínima del agua a tratar es de 22°C.

##### 3.1.2 Flujo del agua a tratar.

Promedio Diario:	76 m <sup>3</sup> / día	20000 GPD
Promedio Horario:	3,17 m <sup>3</sup> / h.	837 GPH
Flujo Máximo:	20 m <sup>3</sup> / h.	5283 GPH
Carga Diaria:	36Kg DBO <sub>5</sub> / día.	
Carga Máxima:	0,2 Kg. DBO / m <sup>3</sup> / día.	

**3.1.3 Características del agua tratada.** Teniendo en cuenta que el afluente tiene las características anteriormente anotadas y que su tratamiento sea acorde con las instrucciones, el agua tratada presentará como mínimo según el diseño de la planta las siguientes remociones:

Remoción del 85% de la DBO<sub>5</sub>.  
Remoción del 85% de Sólidos Suspendidos.

#### 3.2 PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO

La base del tratamiento es la aireación extendida. Este proceso implica el tratamiento directo de las aguas sanitarias con lodos activados con un bajo factor de carga.

La aireación extendida consiste en reunir, durante un tiempo suficientemente largo, una gran cantidad de lodos activados con una pequeña cantidad de materia orgánica, de tal manera que se obtenga la purificación del agua en forma tan completa como sea posible, y se facilite la auto-oxigenación de la materia orgánica resultando un lodo residual libre de olores.

La materia orgánica introducida en el afluente es utilizada completamente en la solubilización y absorción de materia suspendida y coloidal.

Una vez se ha establecido la tasa de crecimiento, la masa de lodos compuesta por la colonia bacteriana necesaria para la purificación no debería incrementarse, excepto por la acumulación de minerales insolubles existentes previamente en el agua o resultantes de la mineralización de la materia orgánica oxidada. Sin embargo, una porción de la célula bacteriana no es biodegradable; de esta forma, la masa orgánica de lodos se incrementa lentamente.

Estos lodos activados completamente oxidados son muy ligeros y es necesario calcular la clarificación secundaria en forma generosa a fin de obtener el grado de pureza deseado.

Los lodos acumulados durante la clarificación son comúnmente reutilizados en la aireación. Cuando la concentración de lodos se hace demasiado densa, es necesario retirar el exceso de éstos.

Debido al alto grado de mineralización, la cantidad real de lodos es baja y puede ser dirigida directamente a lechos de secado o, en ciertos casos, regada en tierra. En resumen, se puede obtener con este proceso de aireación extendida un alto grado de purificación y la reducción de las dificultades encontradas en la eliminación de lodos.

### **3.3 PROCESOS DEL TRATAMIENTO**

**3.3.1 Circuito hidráulico de la instalación.** La aireación extendida se lleva a cabo en una estructura especialmente diseñada para este proceso: DIAPAC

La planta **DIAPAC** consiste de dos cámaras de oxidación - clarificación precedidos por una pequeña estructura de distribución de agua cruda, cargadas por bombas sumergibles protegidas en ambos lados por un tabique de fondo abierto. La estructura también incluye una rejilla y un triturador.

El agua cruda fluye dentro de cada cámara en forma alterna por medio de válvulas motorizadas MOV'S, integrada en el programa general para operación automática utilizando un sistema de control lógico de proceso PLC.

El requerimiento de oxígeno es de dos clases: el oxígeno necesario para la degradación de la DBO y el requerido para la vida de la masa bacteriana en la cámara. Estos requerimientos de oxígeno son hasta ahora valores teóricos y se deben tener en cuenta factores correctivos que compensen las pérdidas ocurridas durante la transferencia de este oxígeno al medio ambiente. Consecuentemente, la cantidad de oxígeno que se está adicionando es mucha mayor que el valor teórico y es esta la cantidad que debe ser utilizada como base en el dimensionamiento de los aireadores.

Después de la aireación, la mezcla activada fluye hacia la segunda cámara cuyo aireador se encuentra en stand by (reposo) y su amplia área de superficie y volumen permiten una buena separación del agua y el material suspendido.

La salida de cada cámara consiste de un tubo dividido en una porción de su longitud, la cual sirve como vertedero. Esta parte, protegida por una división de fondo abierto, se prolonga en una tubería de recolección de agua tratada. La evacuación tiene lugar a través de una tubería similar a la de entrada de agua cruda e igualmente integrada al programa general de operación automática.

El exceso de lodos es evacuado por el fondo de las cámaras, por medio de tubería utilizada en forma alterna y conducido a una cámara de almacenamiento de lodos.

### **3.3.2 Descripción del equipo.**

#### **3.3.2.1 Rejilla W 3062.**

Una rejilla (W 3062) recibe el afluente del sistema de aguas sanitarias y se encarga de hacer la retención de sólidos gruesos.

#### **3.3.2.2 Unidad de Elevación.**

Dos Bombas Sumergibles (P-3066 A/B) con impeler abierto para aguas turbias.

- Capacidad: 50 m<sup>3</sup>/h 13208 GPH
- Cabeza: 15 m
- Potencia del motor: 3,0 KW

## Piscinas de Elevación

- Dimensiones: 4.0 m x 5.0 m

La bomba auxiliar arrancará cuando el nivel en la unidad de elevación sea del 60%.

### 3.3.2.3 Piscinas DIAPAC.

Cada cámara tendrá las siguientes características:

Volumen:	90 m <sup>3</sup>	23775 gal
Longitud:	7.5 m	
Ancho:	3.5 m	
Área de Superficie:	26 m <sup>2</sup>	
Profundidad:	3.5 m	

Las características operacionales serán las siguientes:

Carga DBO:	0.2 Kg. DBO/m <sup>3</sup> /día
	Menos de 12,5 lb. DBO/100 pies <sup>3</sup>
- Tiempo de Retención:	57 horas en flujo promedio
	9 horas en flujo máximo
- Rata de Elevación:	0.122 m/h en flujo promedio
	0.77 m/h en flujo máximo

### 3.3.2.4 Cámara de Almacenamiento de Lodos.

- Volumen: 25 m<sup>3</sup> 6604 GAL
- Equipo: 1 Múltiple de aireación
- 1 Descarga de sobreflujo hacia el punto de elevación de agua cruda.

## 3.4 OPERACIÓN DE LA PLANTA

**3.4.1 Tipos de operación del Diapac.** Existen algunas posibilidades concernientes a la operación de la instalación.

**3.4.1.1 Primer caso - Operación normal con Flujo Nominal.** Una sola bomba será suficiente para enviar el afluente a las cámaras del DIAPAC (bomba P-3066 con capacidad de 50 m<sup>3</sup>/h). La bomba se detendrá en bajo nivel por un interruptor de nivel para prevenir que funcione al vacío.

El ciclo de operación es como sigue:

- Admisión de agua cruda.
- Aireación en presencia de lodos activados.
- Transferencia a la segunda cámara y clarificación.
- Evacuación del efluente.
- Parada total antes del ciclo inverso.

Durante la operación automática, las cámaras funcionan como aireadores o clarificadores; los periodos de operación varían en longitud dependiendo del ajuste de los tiempos de aireación - decantación y el tiempo de oxidación.

La tabla 1 indica el orden de las diversas operaciones que tienen lugar automáticamente como una función de la disposición o ajuste de los tiempos.

NOTA: Los valores indicados en la tabla representan porcentajes de disposición que han sido durante la puesta en marcha como una función de la calidad de los afluentes.

Es recomendable ajustar los tiempos de la DIAPAC para ciclos completos de 8 horas por cámara (correspondiente a una duración de 6 horas entre la transferencia de una cámara a otra por la inversión de las válvulas de entrada y salida de agua) por las siguientes razones:

- Dividiendo las 24 horas del día en ciclos pares ( $4 * 6 = 24$ ), la afluencia de cargas máximas, al mismo tiempo cada día, ocurre un día en una cámara y el siguiente en la segunda cámara; la producción de lodos en cada unidad se equilibra automáticamente.
- Este procedimiento simplifica la inspección de la planta. En realidad, estas plantas son visitadas generalmente una sola vez al día y es aconsejable que la inspección se realice al mismo tiempo cada día.

Ciclos más cortos de 6 horas ( 5 horas, por ejemplo ) pueden ser necesarios si se trabaja con aguas muy fermentadas o podridas o si el clima es extremadamente caliente, pero la experiencia actual ha demostrado que tales casos son bastante raros.

**3.4.1.2 Operación selector en modo normal.** Las celdas tienen un periodo de actividad de 5 horas durante las cuales airean continuamente durante 21 minutos y descansan 9 minutos. Al cabo de este tiempo ambas celdas entran en proceso de decantación hasta completar 6 horas, tiempo en el cual, se hace la inversión del ciclo, es decir que la celda que estaba en actividad pasa a reposo y la que estaba en reposo inicia el ciclo de Aireación (21 minutos) - Decantación (9 minutos).

Tabla 1. Ciclos de aireación - decantación de las piscinas BA 3063 A/B en operación normal.

Tiempo	1 H	2 H	3 H	4 H	5 H	6 H	Cambio de ciclo	1 H	2 H	3 H	4 H
Celda BA 3063 A	21 A 9 D 21 A 9 D	Igual	Igual	Igual	Igual	D	10 seg	D	D	D	D
Celda BA 3063 B	D	D	D	D	D	D	10 seg	21A 9D 21A 9D	Igual	Igual	Igual

Fuente: Optimización del separador de aguas sanitarias.

A= Aireación  
H= Hora  
D= Decantación

Posición de las válvulas automáticas durante un ciclo de Aireación - Decantación con celda 1 aireando y celda 2 decantando:

- Celda 1. En aireación.
  - AS1: entrada de aire. Se abre durante 21 minutos y se cierra durante 9 minutos. Esta operación se realizará mientras la celda permanezca activa (5 horas).
  - A1: entrada de agua a tratar. Entrada de agua de la descarga de la P 3066 A/B. Permanece abierta durante todo el ciclo. (5 horas).
  - S1: salida de agua purificada durante operación normal. Permanece cerrada durante 6 horas.
  - S6: descarga del efluente durante operación con una sola cámara. Permanece cerrada. Trabaja solamente cuando la celda 2 está en mantenimiento.

Celda 2. En Decantación.

- A2: entrada de agua a tratar. Permanece cerrada durante todo el ciclo. (6 horas).

- AS2: entrada de aire a cámara 2. Posición cerrada durante las 6 horas.
- S2: salida de agua purificada durante operación con una sola cámara. Permanece cerrada. Trabaja solamente cuando la celda 1 esté en mantenimiento.

**3.4.2 Operación selector en modo mantenimiento.** Esta posición se escoge por trabajos de mantenimiento en cualquiera de las celdas. El ciclo de aireación - decantación para tratamiento del agua debe cumplirse en una sola celda; por tanto, depende del flujo de agua que le llega a la celda que permanecerá activa durante 6 horas y descargará al caño cuando finaliza el ciclo. Estos periodos suspenden automáticamente si se presenta muy alto nivel en la fosa del Diapac en periodo de reposo o alto nivel en la celda si está en periodo activo (21 minutos aireando, 9 minutos decantando).

Tabla 2. Ciclos de aireación - decantación en modo mantenimiento.

Min/Válv	1 Hora				Alto nivel celda 1	2 Hora			
	21	9	21	9		21	9	21	9
<b>A 1</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>AS2</b>	A	C	A	C	C	A	C	A	C
<b>S1</b>	C	C	C	C	A	C	C	C	C
<b>S6</b>	C	C	C	C	A	C	C	C	C

Fuente: Optimización del separador de aguas sanitarias.

Después de la 2ª hora las válvulas continuarán en esta posición durante las 6 horas, a menos que se presente alto nivel de la celda.

A = válvula abierta.

B = válvula cerrada.

Esta operación se utiliza cuando la celda 2 está en mantenimiento.

### 3.4.3 Paradas Cortas.

**3.4.3.1 Paradas debidas al Proceso.** Las paradas pueden ser causadas por el programa automático y en tal caso, la parada será corta.

### 3.4.3.2 Paradas debidas a otras causas.

- Si se detiene el arribo de afluentes, es conveniente dejar el programa automático en operación para mantener los lodos aireados. Puede ser necesario

acortar ligeramente los tiempos de aireación para evitar el sobre-oxigenación de los lodos (verificación de oxígeno disuelto en las cámaras).

- No existe problema con las bombas, ya que sólo se encienden a niveles apropiados.
- Se debe sacar provecho de las paradas limpiando todo el equipo posible (rejillas, triturador, cámaras) y haciendo los ajustes y reparaciones necesarios.

#### **3.4.4 Paradas largas.**

- Durante paradas largas, es conveniente dejar las cámaras llenas de agua limpia y no con agua turbia o lodosa. De esta forma se pueden presentar depósitos, taponamientos y deterioro de los lodos activados. Desafortunadamente se requiere desalojar los lodos activados; la masa de lodos debe reconstituirse al inicio y esto toma cierto tiempo.
- Deben apagarse todos los interruptores.

#### **4. MARCO LEGAL**

Teniendo en cuenta la naturaleza del negocio y su relación con el entorno, la GCB ECOPETROL S.A., se apoya en la legislación colombiana para dar cumplimiento a las normas ambientales y para este caso, el Decreto 1594 de 1984 reglamenta el uso y los vertimientos de y hacia los recursos hídricos<sup>2</sup>.

Para el trabajo realizado, se relacionaran los artículos de mayor interés del mencionado decreto.

**REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
DECRETO No. 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984.**

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

**EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, en uso de las atribuciones que le confiere el numeral 3 del artículo 120 de la Constitución política,  
DECRETA:**

#### **CAPITULO I DEFINICIONES**

**Artículo 1:** Cuando quiera que el presente Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

**Artículo 2:** La sigla EMAR utilizada en el presente Decreto, corresponde a: entidad encargada del manejo y administración del recurso.

**Artículo 3:** Entiéndese por entidad encargada del manejo y administración del recurso (EMAR), aquella que tenga asignadas esas funciones por la ley o por delegación, como el INDERENA, el HIMAT en los distritos de riego, las

---

<sup>2</sup> Tomado del Decreto 1594 de 1984.

Corporaciones Autónomas Regionales de Desarrollo y la Dirección Marítima y Portuaria, DIMAR.

**Artículo 4:** Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto, son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

**Artículo 5:** Entiéndese por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

**Artículo 6:** Entiéndese por vertimiento líquido cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

**Artículo 7:** Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.

**Artículo 8:** Entiéndese por usuario nuevo aquella cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

**Artículo 9:** Entiéndese por usuario existente aquel cuya actividad ha venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

**Artículo 10:** Entiéndese por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

**Artículo 11:** Denominase vertimiento no puntual aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de esorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

**Artículo 12:** Denomínase todo a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

**Artículo 13:** Denomínase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

**Artículo 14:** Denomínase carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg/d).

**Artículo 15:** Denomínase bioensayo acuático al procedimiento por el cual la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

**Artículo 16:** Denomínase toxicidad la propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

**Artículo 17:** Denomínase toxicidad aguda la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

**Artículo 18:** Denomínase toxicidad crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados por el bioensayo acuático.

## **CAPITULO II DEL ORDENAMIENTO DEL RECURSO**

**Artículo 22:** Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos de que trata el artículo 29 del presente decreto, se deberá desarrollar un plan de ordenamiento del recurso por parte de las EMAR o del Ministerio de Salud en donde aquellas no existan.

**Artículo 23:** Para el ordenamiento de que trata el artículo anterior deberá tenerse en cuenta:

a) Los factores pertinentes señalados en los Decretos 2811 de 1974, 2857 de 1981, 1875 de 1979 y 1541 de 1978. b) Los usos existentes. c) Las proyecciones de usos de agua por aumento de demanda y por usuarios nuevos. d) El establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables. e) Los criterios de calidad y normas de vertimiento establecidos, vigentes en el momento del ordenamiento. f) La preservación de las características naturales del recurso. g) La conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

**Artículo 24:** Para el establecimiento de los modelos de simulación de calidad de que trata el literal d del artículo anterior la EMAR deberá realizar periódicamente, a

partir de la vigencia del presente decreto los análisis pertinentes para obtener, por lo menos, la siguiente información:

- a) DBO: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días.
- b) DQO: Demanda química de oxígeno.
- c) SS: Sólidos suspendidos.
- d) pH: Potencial del ion hidronio, H<sup>+</sup>.
- e) T: Temperatura.
- f) OD: Oxígeno disuelto.
- g) Q: Caudal.
- h) Datos Hidrobiológicos
- i) Coliformes (NMP)

### **CAPITULO III**

#### **DE LA DESTINACIÓN GENÉRICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, SUBTERRÁNEAS, MARÍTIMAS, ESTARÍAS Y SERVIDAS**

**Artículo 28:** Para la administración y manejo del recurso agua, la EMAR deberá tener en cuenta, además de las disposiciones del presente Decreto, las contenidas en los Decretos 1541 de 1978, 2857 de 1981 y demás normas que rigen la materia.

**Artículo 29:** Para los efectos del presente Decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- a. Consumo humano y doméstico; b. Preservación de flora y fauna; c. Agrícola; d. Pecuario; e. Recreativo; f. Industrial; g. Transporte.

**Parágrafo:** Cuando quiera que el agua se utilice para fines distintos de las opciones previstas en el presente Decreto, el Ministerio de Salud, para efectos del control sanitario y la EMAR por razones de administración del recurso, establecerán la denominación para su uso y definirán el contenido o alcance del mismo. Así por ejemplo, el empleo del agua para la recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo del mismo, se denominará dilución y asimilación, su uso para contribuir a la armonización y embellecimiento del paisaje, se denominará estético.

**Artículo 30:** Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como: a. Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución. b. Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato. c. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, d. Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

## **CAPITULO IV DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO**

**Artículo 37:** Los valores asignados a las referencias indicadas en el presente Capítulo se entenderán expresados en miligramos por litro, mg/L, excepto cuando se indiquen otras unidades.

**Artículo 38:** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional: Referencia Expresado como Valor Amoníaco N 1.0 Arsénico As 0.05 Bario Ba 1.0 Cadmio Cd 0.01 Cianuro CN- 0.2 Cinc Zn 15.0 Cloruros Cl- 250.0 Cobre Cu 1.0 Color Color real 75 unidades, escala Platino - cobalto Compuestos Fenólicos Fenol 0.002 Cromo Cr + 6 0.05 Difenil Policlorados Concentración de agente activo No detectable Mercurio Hg 0.002 Nitratos N 10.0 Nitritos N 10. pH Unidades 5.0 - 9.0 unidades Plata Ag 0.05 Plomo Pb 0.05 Selenio Se 0.01 Sulfatos SO<sub>4</sub> 400.0 Tensoactivos Sustancias activas al azul de metileno 0.5 Coliformes totales NMP 20.000 microorganismos/100 ml. Coliformes fecales NMP 2.000 microorganismos/100 ml.

**Parágrafo 1:** La condición de valor "no detectable" se entenderá que es la establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

**Parágrafo 2:** No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.

## **CAPITULO V DE LAS CONCESIONES**

**Artículo 51:** Todo usuario del agua que no haya legalizado su uso de conformidad con el Decreto 1541 de 1978 y con las disposiciones de la EMAR, deberá solicitar ante esta la correspondiente concesión de agua, para cuya expedición se tendrá en cuenta las disposiciones del presente Decreto. La disposición del inciso anterior será también aplicable a los responsables de la administración de los acueductos urbanos o rurales y de la exploración y explotación petrolífera, de gas natural y minera, que utilicen agua.

## **CAPITULO VI DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS**

**Artículo 60:** Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.

**Artículo 61:** Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

**Artículo 62:** Se prohíbe la utilización de aguas del recurso, del acueducto público o privado y las de almacenamiento de aguas lluvias, con el propósito de diluir los vertimientos, con anterioridad a la descarga al cuerpo receptor.

**Artículo 63:** Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impida los usos actuales o potenciales.

**Artículo 64:** Cuando en el presente Decreto se haga referencia a normas de vertimiento, se entenderá por tales las contenidas en este Capítulo con las modificaciones o adiciones que el Ministerio de Salud o la EMAR, establezcan de acuerdo con los procedimientos señalados en el Capítulo XI de este Decreto.

**Artículo 65:** Con fundamento en las disposiciones de este Decreto y las demás vigentes sobre la materia, la EMAR fijará en cada caso las normas que deben cumplir los vertimientos a un cuerpo de agua o a un alcantarillado, previamente a la instalación, modificación, ampliación de una fuente contaminante, o desarrollo de un plan de cumplimiento por parte de cualquier usuario. Cuando se trate de normas específicas de vertimiento para protección de los recursos naturales, estas deberán ser fijadas por la EMAR.

**Artículo 66:** Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso. En los tramos en donde se asignen usos múltiples, las normas de vertimiento se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso. El control de los criterios de calidad se hará por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por la EMAR.

**Artículo 67:** Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

**Artículo 68:** Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

**Artículo 69:** Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas en el presente Decreto.

## **DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO**

**Artículo 72:** Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas: Referencia Usuario Existente Usuario Nuevo pH 5 a 9 unidades 5 a 9 unidades Temperatura < 40°C < 40°C Material flotante Ausente Grasas y aceites Remoción > 80% en carga Remoción > 80% en carga Sólidos suspendidos, domésticos o industriales Remoción > 50% en carga Remoción > 80% en carga Demanda bioquímica de oxígeno: Para desechos domésticos Remoción > 30% en carga Remoción > 80% en carga Para desechos industriales Remoción > 20% en carga Remoción > 80% en carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

**Parágrafo:** De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cuál o cuáles de las normas de control de vertimiento señaladas en este artículo podrán excluirse.

**Artículo 73:** Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Referencia Valor pH 5 a 9 unidades Temperatura < 40°C Ácidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables. Ausentes Sólidos sedimentables 10 ml/l Sustancias solubles en hexano 100 mg/l Referencia Usuario Existente Usuario Nuevo Sólidos suspendidos para desechos domésticos e industriales Remoción > 50% en carga Remoción > 80% en carga

Demanda bioquímica de oxígeno: Para desechos domésticos Remoción > 30% en carga Remoción > 80% en carga Para desechos industriales Remoción > 20% en carga Remoción > 80% en carga Caudal máximo

1.5 veces el caudal promedio horario Carga máxima permisible (CMP) de acuerdo a lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

**Parágrafo:** De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cuál o cuáles de las normas de control de vertimiento anotadas, podrán excluirse.

**Artículo 74:** Las concentraciones para el control de la carga de las siguientes sustancias de interés sanitario, son: Sustancia Expresada como Concentración

(mg/l) Arsénico As 0.5 Bario Ba 5.0 Cadmio Cd 0.1 Cobre Cu 3.0 Cromo Cr+6 0.5 Compuestos fenólicos Fenol 0.2 Mercurio Hg 0.02 Níquel Ni 2.0 Plata Ag 0.5 Plomo Pb 0.5 Selenio Se 0.5 Cianuro CN- 1.0 Difenil policlorados Concentración de agente activo No detectable Mercurio orgánico Hg No detectable Tricloroetileno Tricloroetileno 1.0 Cloroformo Extracto Carbón Cloroformo (ECC) 1.0 Tetracloruro de carbono Tetracloruro de Carbono 1.0 Dicloroetileno Dicloroetileno 1.0 Sulfuro de carbono Sulfuro de carbono 1.0 Otros compuestos organoclorados, Concentración de cada variedad agente activo 0.05 Compuestos organofosforados, Concentración de cada variedad agente activo 0.1 Carbamatos 0.1

**Parágrafo:** Cuando los usuarios, aún cumpliendo con las normas de vertimiento, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, el Ministerio de Salud o las EMAR podrán exigirles valores más restrictivos en el vertimiento.

**Artículo 75:** La carga de control de un vertimiento que contenga las sustancias de que trata el artículo anterior, se calculará mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$A = (Q) (CDC) (0.0864)$$

$$B = (Q) (.CV) (0.0864)$$

**Parágrafo:** Para los efectos de las ecuaciones a que se refiere el presente artículo adoptanse las siguientes convenciones:

A: Carga de control, kg/día. Q: Caudal promedio del vertimiento, l/seg. B: Carga en el vertimiento, kg/día. CDC: Concentración de control, mg/l. CV: Concentración en el vertimiento, mg/l. 0.0864: Factor de conversión.

Parágrafo 2: La carga máxima permisible (CMP) será el menor de los valores entre A y B.

**Artículo 76:** Cuando la carga real en el vertimiento sea mayor que la carga máxima permisible (CMP), aquella se deberá reducir en condiciones que no sobrepase la carga máxima permisible.

**Artículo 77:** Cuando el caudal promedio del vertimiento se reduzca y por consiguiente la concentración de cualesquiera de las sustancias previstas en el artículo 74 se aumente, la carga máxima permisible (CMP) continuará siendo la fijada según el parágrafo 2 del artículo 75 del presente Decreto.

**Artículo 78:** El control del pH, temperatura (T), material flotante, sólidos sedimentables, caudal y sustancias solubles en hexano, en el vertimiento, se hará con base en unidades y en concentraciones. El de los sólidos suspendidos y el de la demanda bioquímica de oxígeno con base en la carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con las regulaciones que establezca la EMAR.

**Artículo 90:** En ningún caso se permitirán vertimientos de residuos líquidos que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos señalados en el presente Decreto.

**Artículo 91:** No se admite ningún tipo de vertimiento: a. En las cabeceras de las fuentes de agua. b. En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la EMAR conjuntamente con el Ministerio de Salud. c. En aquellos cuerpos de agua que la EMAR y el Ministerio de Salud, total o parcialmente declaren especialmente protegidos.

**Artículo 92:** El Ministerio de Salud o su entidad delegada, así como la EMAR, establecerán el sitio de toma de muestras para la evaluación de las concentraciones de sustancias de interés sanitario en un vertimiento.

**Artículo 93:** Cuando en un cuerpo de aguas se presenten vertimientos accidentales o por fuerza mayor o caso fortuito, tales como de petróleo, hidrocarburos y otras sustancias, que originen situaciones de emergencia, el Ministerio de Salud coordinará con las EMAR los procedimientos tendientes a controlar dicha situación.

**Artículo 96:** Los usuarios que exploren, exploten, manufacturen, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias nocivas para la salud y para los recursos hidrobiológicos, deberán estar provistos de un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberán contar con la aprobación de la EMAR y el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

**Artículo 97:** El Ministerio de Salud o la EMAR podrán prohibir el vertimiento de residuos líquidos que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos, o exigir la ejecución de un programa de control de emergencia.

## **CAPITULO VII DE LOS REGISTROS DE LOS VERTIMIENTOS**

**Artículo 98:** Los usuarios que de conformidad con este Decreto y demás disposiciones sobre la materia, deban solicitar concesiones y de agua y que produzcan vertimientos, deberán registrar estos vertimientos ante la EMAR correspondiente dentro del plazo que esta señale.

**Parágrafo:** Se exceptúan del requerimiento del presente artículo los vertimientos residenciales y comerciales que estén conectados a los sistemas de alcantarillado público.

**Artículo 99:** Los usuarios que produzcan vertimientos que contengan sustancias de interés sanitario en concentraciones superiores a las contempladas en el artículo 74 del presente Decreto, deberán registrarse ante el Ministerio de Salud o su entidad delegada y ante la EMAR, dentro de los seis (6) meses siguientes a la fecha de expedición del presente Decreto.

**Parágrafo:** El Ministerio de Salud o su entidad delegada y la EMAR podrán exigir a cualquier usuario el registro a que se refiere el artículo anterior, antes del vencimiento de los términos señalados, de acuerdo con las prioridades que el Ministerio de Salud establezca.

## **CAPITULO VIII DE LA OBTENCIÓN DE LOS PERMISOS DE VERTIMIENTO Y DE LOS PLANES DE CUMPLIMIENTO PARA USUARIOS EXISTENTES**

**Artículo 100:** Las EMAR podrán exigir a cualquier usuario la caracterización de sus residuos líquidos, indicando las referencias a medir, la frecuencia y demás aspectos que consideren necesarios.

**Parágrafo:** Los usuarios tendrán, a partir de la vigencia de este Decreto un plazo de seis (6) meses para la presentación ante la EMAR correspondiente, de la caracterización exigida.

Cada año el usuario deberá actualizar la caracterización del vertimiento.

## **CAPITULO IX DE LOS PERMISOS DE VERTIMIENTO Y AUTORIZACIONES SANITARIAS PARA USUARIOS NUEVOS Y USUARIOS EXISTENTES QUE REALICEN AMPLIACIONES O MODIFICACIONES**

**Artículo 121:** Los usuarios existentes que desarrollen ampliaciones o modificaciones que impliquen cambios en el tipo, cantidad o concentración de los vertimientos, deberán obtener permiso provisional de vertimiento por parte de la EMAR. Los usuarios nuevos deberán obtener permiso de instalación por parte de la misma entidad.

**Parágrafo:** El permiso de instalación que otorgue la EMAR comprende el de vertimiento.

## **CAPITULO X DE LAS AUTORIZACIONES SANITARIAS DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 130:** Todo usuario del recurso para efectos de vertimientos, requiere autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad en quien este delegue, con sujeción al procedimiento señalado en el presente Decreto.

**Parágrafo 1:** Se excluyen del requerimiento de este artículo los usuarios indicados en el parágrafo del artículo 52 del presente Decreto y los residenciales y comerciales conectados al alcantarillado público, siempre y cuando no sean los mencionados en el artículo 84.

**Parágrafo 2:** La autorización sanitaria a que se refiere el presente artículo, deberá tramitarse por conducto de la EMAR correspondiente, de conformidad con los mecanismos previstos en los Capítulos VIII y IX de este Decreto.

**Artículo 131:** El Ministerio de Salud otorgará las siguientes clases de autorizaciones: a. Autorización sanitaria de instalación - parte agua, a usuarios nuevos que hayan obtenido permiso de instalación por parte de la EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto. b. Autorización sanitaria provisional de funcionamiento - parte agua, a usuarios existentes que hayan obtenido permiso provisional de vertimiento por parte de la EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto. c. Autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua a usuarios nuevos o existentes que hayan obtenido permiso de vertimiento definitivo por parte de la EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto.

## **CAPITULO XI DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA MODIFICACION DE NORMAS DE VERTIMIENTO Y CRITERIOS DE CALIDAD**

**Artículo 138:** Teniendo en cuenta que las normas de vertimiento y criterios de calidad señalados en el presente Decreto únicamente constituyen las disposiciones básicas iniciales, el Ministerio de Salud y las EMAR con fundamento en el artículo 7 de la Ley 9 de 1979 podrán modificar, restringir, incluir o ampliar las normas de vertimiento y criterios de calidad siguiendo los procedimientos señalados en el presente Capítulo.

## CAPITULO XII DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS

**Artículo 142:** De acuerdo con el artículo 18 del Decreto - Ley 2811 de 1974, la utilización directa o indirecta de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas, se sujetará al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas expresadas. Dichas tasas serán pagadas semestralmente en los términos del presente Decreto.

**Artículo 143:** La tasa retributiva ordinaria (TO) se calculará mediante la aplicación de la siguiente ecuación:  $TO = CC \times SM1 + TOX \times SM2$

$CC = 2DBO + DOO + S.S. \cdot 3$

$SM1 = A \times SMD$

$SM2 = B \times SMD \times P$

**Parágrafo 1:** Para efectos de la aplicación de las ecuaciones a que se refiere el presente artículo, se adoptan las siguientes convenciones: CC: Carga combinada, Kg/día. TO: Tasa retributiva ordinaria diaria, en pesos. DBO: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días, en kg/día. DQO: Demanda química de oxígeno, en kg/día. SS: Sólidos suspendidos, en kg/día. TOX: Sumatoria de sustancias de interés sanitario, en kg/día. SM1: Factor que permite expresar el costo del programa de control por unidad de carga combinada, en pesos/kg. SM2: Factor que permite expresar el costo del programa de control de las sustancias de interés sanitario, en pesos/kg. SMD:

Salario mínimo diario vigente en la fecha de evaluación. A:  $2.5 \times 10^{-4}$  días/kg. B: 0.2 días/kg. P: Factor que prevé la acumulación de sustancias de interés sanitario en el recurso.

Se considera igual a 20.

**Parágrafo 2:** Para la aplicación de las ecuaciones se tomará como base la caracterización promedio del vertimiento en el semestre inmediatamente anterior, teniendo en cuenta los períodos en que no se produjo, siempre y cuando haya habido notificación previa por parte del usuario.

**Artículo 144:** Los factores A y B de la tasa retributiva ordinaria diaria (TO) se podrán modificar mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$A = CACC \cdot TCC \cdot 365 \cdot SMD$

$B = CATOX \cdot TTOX \cdot 365 \cdot SMD$

Parágrafo: Para los efectos de la aplicación de la ecuación a que se refiere el presente artículo, se adoptan las siguientes convenciones:

CACC: Costo administrativo y de investigación del programa de control de los parámetros de la carga combinada, en pesos/año. TCC: Total de carga combinada

vertida al recurso dentro del área de jurisdicción, en kg/año, descontando la carga que existe en el punto de captación del recurso, siempre y cuando el vertimiento ocurra en el mismo cuerpo de agua.

CATOX: Costo administrativo y de investigación del programa de control de sustancias de interés sanitario, en pesos/año. TTOX: Total de sustancias de interés sanitario vertidas al recurso dentro del área de jurisdicción en kg/año, descontando la carga existente en el punto de captación del recurso, siempre y cuando el vertimiento ocurra en el mismo cuerpo de agua.

**Artículo 145:** En ningún caso el pago de la tasa retributiva exonera a los usuarios del cumplimiento de las obligaciones relativas a las normas de vertimiento, ni de la aplicación de las medidas preventivas, de seguridad, o de las sanciones a que haya lugar de conformidad con el presente Decreto.

### **CAPITULO XIII DE LOS ESTUDIOS DE EFECTO AMBIENTAL O IMPACTO AMBIENTAL**

**Artículo 150:** El Ministerio de Salud o la EMAR exigirán prioritariamente a las personas naturales o jurídicas responsables de las actividades indicadas en el siguiente artículo, la presentación de un estudio de efecto o impacto ambiental, cuando ellas, por su magnitud, puedan causar efectos nocivos para la salud o sean susceptibles de producir deterioro ambiental.

**Artículo 151:** Se podrá exigir prioritariamente la presentación de un estudio de efecto ambiental o impacto ambiental, en las siguientes situaciones entre otras:

- a. Cuando los vertimientos contengan sustancias de interés sanitario y presenten alto riesgo para la salud humana.
- b. En proyectos de generación de energía y embalses.
- c. En complejos de exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.
- d. En modificaciones del curso de las aguas entre cuencas.
- e. En construcción de terminales aéreos, marítimos y fluviales.
- f. En obras civiles que impliquen grandes movimientos de tierra.
- g. En exploraciones y explotaciones de cauces y de suelos y subsuelos marinos.
- h. En nuevos asentamientos humanos y parques industriales.

**Artículo 152:** El estudio de efecto ambiental o de impacto ambiental, deberá contener como mínimo los siguientes puntos:

- a) Descripción del proyecto;
- b) Información sobre las características del recurso reales o estimadas;
- c) Información detallada de las actividades del proyecto;
- d) Predicción de las alteraciones que se ocasionarían sobre el recurso;
- e) Medidas correctivas que se adoptarán para minimizar el impacto;
- f) Manejo de situaciones de emergencia;
- g) Aspectos físicos y de carácter económico y social que sean consecuencia de la actividad;
- h) Conclusiones y recomendaciones.

**Parágrafo:** El Ministerio de Salud y las EMAR o la EMAR correspondiente podrán establecer requisitos adicionales derivados de las características del proyecto.

## **CAPITULO XIV DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS Y DE LA TOMA DE MUESTRAS**

**Artículo 155:** Se consideran como oficialmente aceptados los siguientes métodos de análisis. El Ministerio de Salud establecerá los procedimientos detallados para su aplicación:

### Referencia Métodos

1) Color - De comparación visual - Espectofotométrico - Del filtro tristímulo Sólidos sedimentables - Del cono Imhoff Turbiedad - Nefelométrico - Visual Salinidad - De la conductividad - Argentométrico - Hidrométrico Sólidos en suspensión - Filtración Crisol Gooch

2) Constituyentes inorgánicos no metálicos: Boro - De la curcumina - Del ácido carmínico Cloruro - Argentométrico - Del nitrato de mercurio - Potenciométrico Cianuro - De Titulación - Colorimétrico - Potenciométrico Amoniac - De Nessler - Del fenato - De titulación - Del electrodo específico Nitrato - De la espectrofotometría ultravioleta - Del electrodo específico - De la reducción con Cadmio - Del ácido cromotrópico Oxígeno - Iodométrico - Acido modificado - Del permanganato modificado - Del electrodo específico pH - Potenciométrico Fósforo - Del ácido vanadomolibdofosfórico - Del Cloruro estano - Del ácido ascórbico Flúor - Del electrodo específico - Spadns - De la alizarina Cloro residual total - Iodométrico - Amperométrico Sulfato - Gravimétrico - Turbidimétrico Sulfuro - Del azul de metileno - iodométrico

3) Constituyentes orgánicos: Grasas y aceites - De la extracción Soxhlet Fenoles - De la extracción con cloroformo - Figuramétrico directo - Cromatográfico Carbono orgánico total - Oxidación Tensoactivos - Del azul de metileno - De la cromatografía gaseosa Demanda química de oxígeno - Reflujo con dicromato Demanda bioquímica de oxígeno - Incubación

4) Metales: Aluminio - De la absorción atómica - De la cianina-ericromo Arsénico - De la absorción atómica - Del dietilditiocarbato de plata - Del bromuro mercurico-estano Bario - De la absorción atómica Berilio - De la absorción atómica - Del aluminio Cadmio - De la absorción atómica - De la ditizona - Polarográfico Cromo - De la absorción atómica - Colorimétrico Hierro - De la absorción atómica - De la fenantrolina Plomo - De la absorción atómica - De la ditizona Litio - De la absorción atómica - De la figurametría de llama Mercurio- De la absorción atómica - De la Ditizona Níquel - De la absorción atómica - Del dimetil glioxima Selenio - De la absorción atómica - De la diaminobencidina Plata - De la absorción atómica - De la ditizona Vanadio - De la absorción atómica - Del ácido gálico Cinc - De la absorción atómica - De la ditizona - Del zincon Manganeso - De la absorción atómica - Del persulfato Molibdeno - De la absorción atómica Cobalto - De la absorción atómica

5) Constituyentes biológicos: Grupos coliformes totales y fecales - De la fermentación en tubos múltiples - Filtro de membrana

**Parágrafo:** El Gobierno Nacional por conducto del Ministerio de Salud, por razones de innovaciones científicas o de su acción de vigilancia y control sanitarios, podrá adicionar o modificar los métodos de análisis contemplados en el presente artículo.

## **CAPITULO XV DE LA VIGILANCIA Y EL CONTROL**

**Artículo 162:** Corresponde al Ministerio de Salud y a las EMAR ejercer la vigilancia y control general indispensables y tomar, en forma directa o a través de las entidades delegadas, cuando sea el caso, las medidas de previsión y correctivas para dar cumplimiento a las disposiciones del presente Decreto.

**Artículo 163:** Las instalaciones de los usuarios podrán ser visitadas en cualquier momento por parte de funcionarios del Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas, previamente identificados para tal propósito, a fin de tomar muestras de sus vertimientos e inspeccionar las obras o sistemas de captación y de control de vertimientos.

**Artículo 164:** Cuando el Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas lo exijan, los usuarios deberán caracterizar sus vertimientos y reportar los resultados periódicamente a la entidad solicitante.

**Parágrafo:** Los usuarios de interés sanitario deberán además reportar los resultados a que se refiere este artículo el Ministerio de Salud o a su entidad delegada.

## **CAPITULO XVI DE LAS MEDIDAS SANITARIAS, LAS SANCIONES Y LOS PROCEDIMIENTOS**

**Artículo 175:** Las medidas sanitarias, y las sanciones previstas en este Capítulo, serán aplicables a los usuarios que infrinjan cualquiera de las disposiciones del presente Decreto o las que se dicten en desarrollo del mismo o con fundamento en la Ley 9 de 1979, sin perjuicio de las que corresponda aplicar a las EMAR de conformidad con su competencia legal.

**Artículo 176:** De acuerdo con el artículo 576 de la Ley 9 de 1979, son medidas de seguridad las siguientes: la clausura temporal del establecimiento, que podrá ser total o parcial, la suspensión parcial o total de trabajos o servicios, el decomiso de

objetos y productos, la destrucción o desnaturalización de artículos o productos si es el caso y la congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos y objetos mientras se toma una definición al respecto.

**Artículo 177:** Clausura temporal de establecimientos: consiste en impedir por un tiempo determinado la realización de las tareas que se desarrollan en un establecimiento, cuando se considere que está causando un problema de contaminación del recurso. La clausura podrá aplicarse sobre todo el establecimiento o sobre parte del mismo.

**Artículo 178:** Suspensión parcial o total de trabajos o servicios: consiste en la orden de cese de las actividades o servicios regulados en el presente Decreto o de aquellos que se adelanten como consecuencia del otorgamiento de un permiso o autorización, cuando con ellos estén violando las disposiciones sanitarias.

**Artículo 179:** Decomiso de objetos o productos: el decomiso de objetos o productos consiste en su aprehensión material, cuando su utilización incida en el incumplimiento de las normas de vertimiento o los criterios de calidad admisibles para la calidad del recurso. El decomiso se cumplirá colocando los bienes en depósito o en poder de la autoridad sanitaria.

De la diligencia se levantará acta detallada, por triplicado, que suscribirán el funcionario y las personas que intervengan en la diligencia y una copia se entregará a la persona a cuyo cuidado se encontraron los objetos o productos.

**Artículo 180:** Destrucción o desnaturalización de artículos o productos: la destrucción consiste en la inutilización de un producto o artículo.

La desnaturalización consiste en la aplicación de medios físicos, químicos o biológicos tendientes a modificar la forma, las propiedades o las condiciones de un producto o artículo.

**Artículo 181:** Congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos y objetos: la congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos y objetos consiste en colocar fuera del comercio, temporalmente y hasta por un (1) mes, algún producto.

Será procedente la congelación o suspensión temporal de la venta cuando con el uso del producto bajo cualquier circunstancia, se violan los criterios de calidad del recurso y las normas de vertimiento, procede la suspensión del empleo del producto cuando con su uso en circunstancias especiales se producen los mismos efectos anteriores.

Se cumplirá mediante depósito dejado en poder del tendero, quien responderá por los bienes. Ordenada la congelación, se practicará una o más diligencias en los lugares donde se encontraren existencias y se colocarán bandas, sellos u otras

señales de seguridad, si es el caso. De cada diligencia se levantará acta detallada, por triplicado, que suscribirán el funcionario y las personas que intervengan en la diligencia. En el acta se dejará constancia de las sanciones en que incurra quien viole la congelación y una copia se entregará a la persona a cuyo cuidado se encontró la mercancía.

El producto cuya venta o empleo haya sido suspendido o congelado deberá ser sometido a un análisis en el cual se verifiquen sus condiciones. Según el resultado del análisis el producto se podrá decomisar o devolver a los interesados.

**Artículo 186:** Las medidas de seguridad son de inmediata ejecución, tienen carácter preventivo y transitorio y se aplicarán sin perjuicio de las sanciones a que hubiere lugar. Se levantarán cuando se compruebe que han desaparecido las causas que las originaron.

**Artículo 187:** Las medidas sanitarias surten efectos inmediatos; contra ellas no proceden recurso alguno y no requieren formalismos especiales.

**Artículo 196:** Aplicada una medida de seguridad, se procederá inmediatamente a iniciar el procedimiento sancionatorio.

## **SANCIONES**

**Artículo 197:** El procedimiento sancionatorio se iniciará de oficio, a solicitud o información de funcionario público, por denuncia o queja presentada por cualquier persona, como consecuencia de haberse tomado previamente una medida preventiva o de seguridad.

**Artículo 198:** Aplicada una medida preventiva o de seguridad, sus antecedentes deberán obrar dentro del respectivo proceso sancionatorio.

**Artículo 213:** Las sanciones deberán imponerse mediante resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada, y deberán notificarse personalmente al afectado, dentro del término de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha de su expedición.

Si no pudiere hacerse la notificación personal, se hará por edicto de conformidad con lo dispuesto por el Decreto 01 de 1984.

**Artículo 221:** Multa: consiste en la pena pecuniaria que se impone a alguien por la ejecución de una actividad o la omisión de una conducta contraria a las disposiciones contenidas en el presente Decreto.

Las multas podrán ser sucesivas y su valor en conjunto no excederá una suma equivalente a 10.000 salarios diarios mínimos legales al máximo valor vigente en el momento de imponerse.

**Artículo 222:** La multa será impuesta mediante resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

**Artículo 231:** Se impondrá sanción de suspensión o cancelación de registro o autorización sanitarias de funcionamiento - parte agua, cuando quiera que mediante amonestación, multa o decomiso, no haya sido posible obtener el cumplimiento de las disposiciones infringidas.

## 5. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 5.1 DIAGNOSTICO TÉCNICO

Durante el mes de Julio de 2005 se realizó una sesión de trabajo, se realizo una inspección visual para determinar el estado actual de los equipos y sistemas de la planta Diapac de la Coordinación Ambiental de la GCB, encontrándose los siguientes hallazgos:

Figura 1. Fosa de carga



Fuente: tomada por el autor

Actualmente se encuentra trabajando con un sifón ya que las P-3066 A/B y P-3067 A/B se encuentran fuera de servicio.

Figura 2. Válvulas Motorizadas MOV'S (automáticas):



Fuente: tomada por el autor

Las válvulas MOV'S no presentaba respuesta a las acciones de apertura o cierre.

Figura 3. Suministro de aire:



Fuente: tomada por el autor

Se encuentra habilitado el sistema de la red de aire industrial de la GCB para la alimentación de los aireadores.

El sistema de aireación de las cámaras se encuentra en avanzado deterioro por corrosión y se encuentran sin las válvulas dispersoras.

Los compresores C-3061 A/B/C Proveen los requerimientos de aire del sistema de 2300 m<sup>3</sup>/h a presión de 0.7 bar, se encuentran fuera de servicio.

Figura 4. Figura de compresores C-3061 ABC



Fuente: tomada por el autor

- Lecho de secado de lodos: Actualmente no se realiza el retiro de lodos hacia la celda respectiva, así como su respectivo secado y menos aun su disposición final. Se encuentran tuberías rotas y otras se suponen obstruidas (ver figuras).

Figura 5. Tubería efluente del sistema de lodos y retorno a la obra de llegada



Fuente: tomada por el autor

Figura 6. La celda de lodos sin utilizar.



Fuente: tomada por el autor

Figura 7. Las celdas de secado de lodos.



Fuente: tomada por el autor

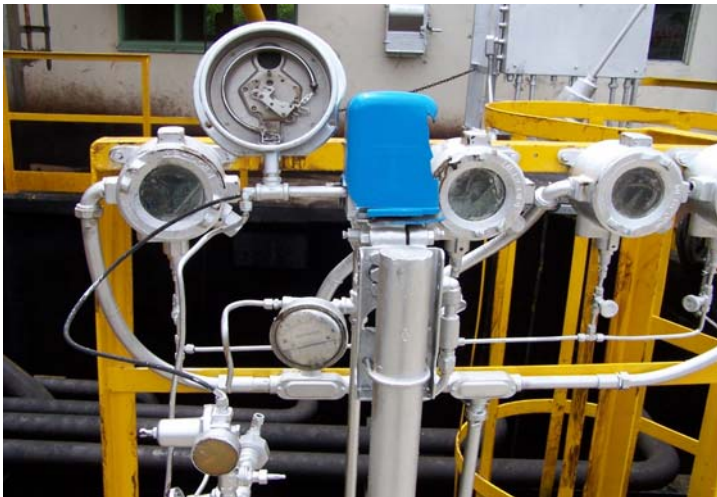
Figura 8. Sistemas de transferencia



Fuente: tomada por el autor

Los indicadores de presión, nivel, flujo y solenoides, no brindan la confiabilidad requerida para el proceso.

Figura 9. Instrumentación.



Fuente: tomada por el autor

- Triturador de lodos. Se encuentra fuera de servicio.



- En el Laboratorio de ATB (biodegradación de lodos aceitosos) se efectuaron los análisis de DBO, Coliformes Totales y Coliformes Fecales.
- In situ, se realizaron los análisis de pH y Temperatura.

**5.2.1 Resultados de análisis efectuados al afluente del Diapac.** Durante el periodo julio - agosto de 2005 se realizaron los análisis de pH, DQO, DBO5, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Temperatura y Sólidos suspendidos de los cuales se tienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados de Análisis al Afluente del Diapac Oct – Dic /05

Fecha	pH	DQO Ppm	DBO <sub>5</sub> ppm	Coliformes Totales, NMP/colonia	Coliformes Fecales, NMP/colonia	Temperatura °C	Sólidos suspendidos, ppm
Oct 1	6.81	94	60	11000000	6400000	31.2	151
Dic 12	6.45	61	45	110000	<10000	32.1	42

Fuente: elaborada por el autor

Durante el periodo Agosto - Diciembre 2005 se realizaron los siguientes análisis:

Tabla 4. Resultados de Análisis al Afluente del Diapac Agosto – Diciembre /05.

Fecha	PH	DQO ppm	Temperatura °C	Sólidos suspendidos, ppm	Sólidos Totales, ppm	Contenido Hidrocarburo, ppm
Agosto12	6.41	85	30.9	64	105	35
Octubre12	6.52	96	22.4	112	120	20
Novie 16	6.48	82	28.3	73	210	360
Diciem 5	6.40	94	31.2	85	158	123

Fuente: elaborada por el autor

## 5.2.2 Medición del Flujo de Salida del Diapac.

Para la estimación del flujo que se tuvo en cuenta la rata de bombeo de la bomba portátil electro sumergible instalada actualmente y que es manipulada por periodos de 45 minutos y que tiende a mantener el nivel del foso en un 60% aproximadamente.

Las características de la bomba son las siguientes:

3 Hp

4250 gal/hora

El tiempo promedio de utilización es de 6 horas / día.

**5.2.3 Carga contaminante vertida al caño el Rosario.** Teniendo en cuenta la información de datos de calidad y caudales, se establecieron promedios obteniendo así la carga contaminante que no se trata en el Diapac y que pasa directamente al caño el Rosario.

Tabla 5. Carga contaminante vertida al caño el Rosario

	Caudal, Litros / día	DBO Kgs/día	DQO Kgs/día	Sólidos suspendidos Kgs/día	Sólidos totales kgs/día
ENTRADA	102000	5.355	9.10	8.517	15.121
DISEÑO	1200000	576	--	--	--

Fuente: elaborada por el autor

**5.2.4 Análisis de calidad externos en la GCB.** Para los años 2003,2004 y 2005 la firma ANTEK S.A. realizó una serie de muestreos a fin de determinar la eficiencia de la planta Diapac; los cuales son tomados como soporte. La toma de las muestras se llevó a cabo de manera compuesta tomando cuatro alícuotas durante la jornada de trabajo, para realizar la composición final de la jornada. Esto se realizó día por medio durante la semana de trabajo, para un total de tres muestras a la entrada y salida del sistema.

#### 5.2.4.1 Parámetros IN SITU año 2003. Afluente.

Resultado de los análisis programados por la firma ANTEK S.A.

Tabla 6. Parámetros IN SITU promedio DIAPAC, Afluente

PARÁMETROS IN SITU PROMEDIO DIAPAC, AFLUENTE					
PARÁMETRO	UNIDAD	AÑO 2003			PROMEDIO
		07-Oct	09-Oct	11-Oct	
TEMP. AMB	°C	29,6	29,6	33	<b>30,7</b>
TEMP MUESTRA	°C	31,4	31,5	33,8	<b>32,2</b>
pH	Unidades	6,85	6,79	6,87	<b>6,84</b>
Conductividad	uS/cm	303	310	298	<b>303</b>
Sólidos Disueltos	mg/L	184	148	181	<b>171</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	1,9	4,95	3,83	<b>3,56</b>
Caudal	L/seg		1,38		<b>1,38</b>

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

### 5.2.4.2 Parámetros IN SITU año 2003. Efluente.

Tabla 7. Resultado de los análisis programados por la firma ANTEK S.A.

PARÁMETROS IN SITU PROMEDIO DIAPAC, EFLUENTE					
PARÁMETRO	UNIDAD	AÑO 2003			PROMEDIO
		07-Oct	09-Oct	11-Oct	
TEMP. AMB	°C	29,2	29,7	32,9	30,6
TEMP MUESTRA	°C	29,7	30,4	32	30,7
Ph	Unidades	7,09	7,1	7,36	7,19
Conductividad	uS/cm	131	246	241	206
Sólidos Disueltos	mg/L	63	118	147	109
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,55	5,25	5,93	5,58
Caudal	L/seg	0,93	0,09	1,33	0,78

Fuente: elaborado por la firma ANTEK S.A.

**5.2.4.3. Caracterización físico-químico año 2003.** Resultado de los análisis realizados en el mes de octubre de 2003 por la firma ANTEK S.A., en ejercicio del plan de muestreo.

Tabla 8. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DIAPAC - 1

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DIAPAC					
PARÁMETRO	UNIDAD	DÍA 1		DÍA 2	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
DBO	mg/L	172	96	142	78
DQO	mg/L	320	1890	260	120
FENOLES	mg/L	3,221	0,925	8,24	0,972
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	6,2	2,2	4,2	1,2
SULFUROS	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
FÓSFORO	mg/L	0,512	0,318	0,612	0,215
FOSFATOS	mg/L	0,305	0,21	0,218	0,205
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	231	92	186	143
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	38	21	32	18
NIQUEL	mg/L	0,06	0,042	0,058	0,033
VANADIO	mg/L	0,022	< 0.019	0,025	0,021
Cr HEXAVALENTE	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
ARSÉNICO	mg/L	0,00028	0,00018	0,00031	0,00027
ALUMINIO	mg/L	0,07	0,065	0,032	0,027
BARIO	mg/L	0,18	0,15	0,112	0,092
BORO	mg/L	0,22	0,18	0,310	0,200
CADMIO	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC	mg/L	0,218	0,110	0,290	0,092
COBRE	mg/L	0,03	0,018	0,042	0,032
MERCURIO	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010

<b>PLOMO</b>	mg/L	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/L	78,5	2,11	62,1	1,18
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/L	49,6	52,1	45,2	48,3
<b>DUREZA</b>	mg/L	70,3	62,4	82,4	63,1
<b>CIANUROS</b>	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
<b>CLORUROS</b>	mg/L	6,2	5,1	12,1	8,5
<b>NITRITOS</b>	mg/L	1,051	0,87	0,71	0,501
<b>NITRATOS</b>	mg/L	2,18	1,112	1,203	0,875
<b>PCBs</b>	mg/L	< 0.00025	< 0.00025	< 0.00025	< 0.00025
<b>SAAM</b>	mg/L	0,928	0,761	0,612	0,318
<b>HAPs</b>	mg/L	1,05	0,75	0,875	< 0.008
<b>BTEX</b>	mg/L	4,55	1,82	2,86	0,063
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	NMP/100 mL	1500	200	2000	150
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP/100 mL	200	10	200	20

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

Resultado de los análisis realizados en el mes de octubre de 2003 por la firma ANTEK S.A., en ejercicio del plan de muestreo.

Tabla 9. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DIAPAC - 2

<b>PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DIAPAC</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DÍA 3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
		<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
<b>DBO</b>	mg/L	121	62	145	79
<b>DQO</b>	mg/L	192	98	257	133
<b>FENOLES</b>	mg/L	2,52	0,755	4,66	0,884
<b>NITRÓGENO AMONIAICAL</b>	mg/L	5,2	1,3	5,2	1,6
<b>SULFUROS</b>	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>FÓSFORO</b>	mg/L	0,315	0,125	0,480	0,219
<b>FOSFATOS</b>	mg/L	0,18	0,09	0,234	0,168
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/L	212	163	210	133
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	mg/L	26	12	32	17
<b>NIQUEL</b>	mg/L	0,043	0,032	0,054	0,036
<b>VANADIO</b>	mg/L	0,028	0,022	0,025	0,022
<b>Cr HEXAVALENTE</b>	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<b>ARSÉNICO</b>	mg/L	0,00027	0,00021	0,00029	0,00022
<b>ALUMINIO</b>	mg/L	0,081	0,06	0,061	0,051
<b>BARIO</b>	mg/L	0,092	0,072	0,128	0,105
<b>BORO</b>	mg/L	0,18	< 0.01	0,237	0,127
<b>CADMIO</b>	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
<b>ZINC</b>	mg/L	0,270	0,120	0,259	0,107
<b>COBRE</b>	mg/L	0,051	0,021	0,041	0,024

<b>SELENIO</b>	mg/L	0,00031	0,0002	0,00027	0,00018
<b>MERCURIO</b>	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010
<b>PLATA</b>	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
<b>PLOMO</b>	mg/L	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/L	58,6	2,24	66	1,84
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/L	43,6	58,1	46,1	52,8
<b>DUREZA</b>	mg/L	68,1	44,1	73,6	56,5
<b>CIANUROS</b>	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
<b>CLORUROS</b>	mg/L	10,5	8,6	9,6	7,4
<b>NITRITOS</b>	mg/L	0,72	0,08	0,827	0,484
<b>NITRATOS</b>	mg/L	1,120	0,500	1,501	0,829
<b>PCBs</b>	mg/L	< 0.00025	< 0.00025	< 0.00025	< 0.00025
<b>SAAM</b>	mg/L	0,815	0,51	0,785	0,530
<b>HAPs</b>	mg/L	1,812	0,71	1,25	0,49
<b>BTEX</b>	mg/L	5,28	0,52	4,23	0,80
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	NMP/100 mL	850	50	1450	133
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP/100 mL	10	< 2	137	10

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

#### 5.2.4.4 Caracterización físico-químico para el año 2004. Afluente

Tabla 10. Análisis fisicoquímico año 2004 – afluente

AÑO		2004		PROMEDIO AFLUENTE DIAPAC
FECHA DE MUESTREO		29-JUN-2004	01-JUL-2004	
Componente	Unidad	200141732	200142384	
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>				
CAUDAL		1,01	NM	
OXIGENO DISUELTO	mg O <sub>2</sub> /L	6,8	1,9	4,35
TEMPERATURA	°C	32,3	31,1	31,7
pH	Uni. pH	7,01	7,12	7,065
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>				
CONDUCTIVIDAD / T	micromhos/cm	241/20	203/21.9	222/20.1
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	21,2	50,7	36,0
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	53,2	47,8	50,5
CLORUROS	mg Cl-/L	9,2	9,0	9,1
NITRATOS NO <sub>3</sub>	mg NO <sub>3</sub> /L	27,5	0,243	13,9
NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	mg NO <sub>2</sub> /L	<0.02	2,77	1,4
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> -3/L	<1.62	<1.62	<1,62
FÓSFORO	microg/L	0,816	0,5120	0,664
NITRÓGENO AMONIACAL	mg NH <sub>4</sub> /L	5,51	6,87	6,19
FENOLES	mg/L	0,01	0,076	0,043
SURFACTANTES	mg MBAS/L	<0.10	<0.10	<0,10

SÓLIDOS TOTALES	mg/L	69,5	122,4	96,0
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	<b>mg/L</b>	<b>4,6</b>	<b>23</b>	<b>13,8</b>
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	<b>mg/L</b>	<b>3,35</b>	<b>113,45</b>	<b>58,4</b>
<b>DBO5</b>	<b>mg O2/L</b>	<b>5,22</b>	<b>22,9</b>	<b>14,06</b>
DQO	mg O2/L	41,3	219,8	130,6
SULFUROS	mg S=/L	<0.05	<0.05	<0.05
CIANUROS	mg/L	NA	NA	NA
MERCURIO	microg/L	<0.6	<0.6	<0.6
ARSÉNICO	microg/L	0,5	0,3800	0,44
ALUMINIO	mg/L	0,05	0,16	0,10
ZINC	mg/L	83,4	239,8	161,6
COBRE	microg/L	29,9	27,6	28,8
PLOMO	microg/L	3,11	4,48	3,79
BTEX	microg/L	ND	18,5	18,5
PCB'S	microg/L	ND	ND	ND
PHA'S	microg/L	ND	ND	ND
COLIFORMES TOTALES	CT/100 mL	12X104	67X104	39X104
COLIFORMES FECALES	CF/100 ML	46X102	5X104	28x103
NA : No analizado      NC : No Calculado      ND : No Detectable      NM : No medido				

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

#### 5.2.4.5 Caracterización físico-químico para el año 2005. Afluente.

Tabla 11. Análisis fisicoquímico para el año 2005 - afluente

AÑO		2005			PROMEDIO AFLUENTE DIAPAC
FECHA DE MUESTREO		21-APR-2005	23-APR-2005	25-APR-2005	
Componente	Unidad	200167698	200167931	200168136	
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CAUDAL		1,99	2,07	2,27	2,11
OXIGENO DISUELTO	mg O2/L	3,5	1,7	1,4	2,2
TEMPERATURA	°C	27,6	33,1	31,9	30,9
pH	Uni. pH	6,24	7,02	6,64	6,63
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CONDUCTIVIDAD / T	micromhos/cm	120/21.1	175/21.1	194/21.8	163/21.3
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3/L	37,72	16,22	52,93	35,62
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	51,91	47,11	43,51	47,51
CLORUROS	mg Cl-/L	5,49	9,47	8,92	7,96
NITRATOS NO3	mg NO3/L	9,58	25,65	0,51	11,91
NITRITOS (NO2)	mg NO2/L	2,53	<0.02	17,89	10,21
FOSFATOS	mg PO4-3/L	<1,62	2,74	<1.62	2,74
FÓSFORO	microg/L	<0,53	0,89	<0,53	0,65
NITRÓGENO AMONIACAL	mg NH4/L	3,65	0,77	7,66	4,03
FENOLES	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

SURFACTANTES	mg MBAS/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	118,80	135,90	130,80	128,50
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	<b>mg/L</b>	8,40	7,60	12,40	<b>9,47</b>
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	<b>mg/L</b>	10,80	6,80	<1.4	<b>8,80</b>
<b>DBO5</b>	<b>mg O2/L</b>	11,90	13,74	14,36	<b>13,33</b>
DQO	mg O2/L	91,88	131,43	85,27	102,86
SULFUROS	mg S=/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
CIANUROS	mg/L	0,12	0,07	0,30	0,17
MERCURIO	microg/L	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
ALUMINIO	mg/L	168,29	86,16	112,30	122,25
ZINC	mg/L	84,34	51,05	61,14	65,51
COBRE	microg/L	7,55	5,52	8,78	7,28
PLOMO	microg/L	2,24	1,67	1,57	1,83
BTEX	microg/L	5,74	3,20	12,95	7,30
PCB'S	microg/L	ND	ND	ND	ND
PHA'S	microg/L	1,36	7,10	6,49	4,99
COLIFORMES TOTALES	CT/100 mL	1,95E+05	3,90E+07	3,00E+05	1,32E+07
COLIFORMES FECALES	CF/100 ML	8,40E+04	1,30E+07	1,79E+05	4,42E+06
NA : No analizado      NC : No Calculado ND : No Detectable      NM : No medido					

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

#### 5.2.4.6 Caracterización físico-química para el año 2004. Efluente.

Tabla 12. Análisis fisicoquímico para el año 2004 – efluente

AÑO		2004			PROMEDIO EFLUENTE DIAPAC
FECHA DE MUESTREO		29-JUN-2004	01-JUL-2004	03-JUL-2004	
Componente	Unidad	200141708	200142389	200142394	
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CAUDAL		NM	NM	NM	NC
OXIGENO DISUELTO	mg O2/L	3,8	3,7	6	4,5
TEMPERATURA	°C	31,9	31,4	31,5	31,6
pH	Uni. pH	7,1	7,77	6,74	7,2
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CONDUCTIVIDAD / T	micromhos/cm	181.5/19.5	109.2/22.0	81/20.3	99.6/20.6
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3/L	16,8	25,01	16	19,27
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	49,2	27,4	49,4	42,0
CLORUROS	mg Cl-/L	7,9	5,2	2,3	5,1
NITRATOS NO3	mg NO3/L	0,054	3,43	1,37	1,6
NITRITOS (NO2)	mg NO2/L	2,09	1,08	0,18	1,1
FOSFATOS	mg PO4-3/L	<1.62	<1.62	<1.62	<1,62
FÓSFORO	microg/L	0,6290	0,21	0,138	0,3
NITRÓGENO AMONICAL	mg NH4/L	0,15	3,86	1,63	1,9
FENOLES	mg/L	<0.010	<0.010	< 0.01	<0,01

SURFACTANTES	mg MBAS/L	<0.10	<0.10	<0.1	<0,10
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	131,5	118,8	119,2	123,2
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	<b>mg/L</b>	<b>12,1</b>	<b>19,5</b>	<b>18,2</b>	<b>16,6</b>
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	<b>mg/L</b>	<b>3,36</b>	<b>NM</b>	<b>8,32</b>	<b>5,8</b>
<b>DBO5</b>	<b>mg O2/L</b>	<b>3,55</b>	<b>3,26</b>	<b>3,76</b>	<b>3,5</b>
DQO	mg O2/L	28,5	75,4	20,77	41,6
SULFUROS	mg S=/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
CIANUROS	mg/L	NA	NA	NA	NA
MERCURIO	microg/L	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
SELENIO	microg/L	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
ARSÉNICO	microg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
ZINC	mg/L	61,6	134,1	96,3	97,3
CROMO	microg/L	0,64	1,48	1,02	1,0
PLOMO	microg/L	2,84	2,70	2,96	2,83
BTEX	microg/L	ND	19,95	4,7	12,325
PCB'S	microg/L	ND	ND	ND	ND
PHA'S	microg/L	ND	ND	ND	ND
COLIFORMES TOTALES	CT/100 mL	37X103	16X103	40X103	31X103
COLIFORMES FECALES	CF/100 ML	23X103	6X104	1X103	28X103
NA : No analizado      NC : No Calculado ND : No Detectable      NM : No medido					

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

#### 5.2.4.7 Caracterización físico-química para el año 2005. Efluente.

Tabla 13. Análisis fisicoquímico año 2005 – efluente

AÑO		2005			PROMEDIO EFLUENTE DIAPAC
FECHA DE MUESTREO		21-APR-2005	23-APR-2005	25-APR-2005	
Componente	Unidad	200167699	200167932	200168137	
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CAUDAL		2,54	2,14	2,37	NC
OXIGENO DISUELTO	mg O2/L	6,3	7,1	5,1	6,2
TEMPERATURA	°C	26,4	32	31,7	30,0
pH	Uni. pH	6,42	7,00	6,91	6,8
<b>ANÁLISIS IN SITU</b>					
CONDUCTIVIDAD / T	micromhos/cm	115/21.5	162/21.6	146/21.6	141/21.6
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3/L	21,29	15,41	24,63	20,44
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	37,88	46,16	46,54	43,53
CLORUROS	mg Cl-/L	5,11	8,08	7,79	6,99
NITRATOS NO3	mg NO3/L	11,79	23,05	22,71	19,18
NITRITOS (NO2)	mg NO2/L	<0.02	<0.02	0,03	0,03
FOSFATOS	mg PO4-3/L	<1.62	2,11	<1.62	<1,62
FOSFORO	microg/L	<0,53	0,69	<0,53	0,58
NITROGENO AMONICAL	mg NH4/L	3,04	0,73	2,46	2,08

FENOLES	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0,01
SURFACTANTES	mg MBAS/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0,10
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	93,40	150,20	103,20	115,60
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	<b>mg/L</b>	11,00	18,60	6,20	<b>11,93</b>
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	<b>mg/L</b>	7,60	2,22	<1.4	<b>4,91</b>
<b>DBO5</b>	<b>mg O2/L</b>	5,94	3,43	5,74	<b>5,04</b>
DQO	mg O2/L	37,82	27,78	51,49	39,03
SULFUROS	mg S=/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
CIANUROS	mg/L	0,09	0,10	0,06	0,08
MERCURIO	microg/L	1,30	<0,60	<0,60	<0,60
COBRE	microg/L	8,30	6,23	2,37	5,63
NÍQUEL	microg/L	19,74	10,39	3,84	11,32
PLOMO	microg/L	2,64	1,60	<0,086	2,12
BTEX	microg/L	582,31	ND	1,27	291,79
PCB'S	microg/L	ND	ND	ND	ND
PHA'S	microg/L	465,94	0,76	0,61	155,77
COLIFORMES TOTALES	CT/100 mL	9,10E+04	7,00E+05	5,80E+04	2,83E+05
COLIFORMES FECALES	CF/100 ML	1,89E+03	3,21E+04	1,96E+04	1,79E+04
NA : No analizado      NC : No Calculado					
ND : No Detectable      NM : No medido					

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

**5.2.4.8 Análisis de eficiencia para los años 2004/2005.** Con los resultados de los análisis de calidad del afluente y el efluente para los periodos en los cuales se realizaron los muestreos, se obtiene los porcentajes de remoción midiendo de esta forma la eficiencia de la planta Diapac.

Tabla 14. Análisis de eficiencia para los años 2004/2005

% REMOCIÓN			
		2004	2005
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</b>	mg/L	<b>90,0</b>	<b>44,2</b>
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/L	<b>74,9</b>	<b>62,2</b>
<b>DBO5</b>	mg O2/L	<b>68,2</b>	<b>62,1</b>

Fuente: elaborada por la firma ANTEK S.A.

## 6. PLAN DE ACCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CONFIABILIDAD

Con base en el diagnóstico técnico realizado, se establece un plan de actividades tendientes a recuperar la estructura física, componentes mecánicos, electrónicos, eléctricos y operativos.

### 6.1 RECUPERACIÓN DE EQUIPO ESTÁTICO Y DE CONCRETOS.

**6.1.1 Actividad.** Emitir recomendación para la reparación y recuperación de las estructuras en concreto del foso, cámaras de tratamiento, cámaras de recuperación y disposición final de lodos (lechos de secado), líneas de transferencia, válvulas, aireadores, rejillas y retiro de lodos.

**Responsable.** Profesionales de ATP.

**Inicio.** Enero 2005.

**Meta.** Febrero 2005

**Entregable.** PIM Z2 recomendación.

**Observaciones.** Fue recibido de conformidad.

Figura 11. Panorámica actual



Fuente: tomada por el autor

**6.1.2 Actividad.** Ejecución por medio de contratación de las recomendaciones emitidas por ATP.

**Responsable.** Jefe de departamento de Materias Primas, Coordinador Ambiental y Gestor de contratación de Materias Primas.  
**Inicio.** Octubre de 2005.  
**Meta.** Noviembre de 2005.  
**Entregable.** Informe final de contrato.  
**Observaciones.** El contrato fue ejecutado de acuerdo a las recomendaciones emitidas y se inspeccionó los internos obteniendo nuevas recomendaciones técnicas con respecto a los aireadores y las bombas de carga P-3166 A/B.

## **6.2 PROGRAMA PARA CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA.**

**6.2.1 Actividad.** Determinación de muestreo, periodicidad, analíticas a revisar y determinación línea base.

**Responsable.** Ingeniero de proceso de ATP asignado a la coordinación ambiental.

**Inicio.** 20 de Febrero de 2006.

**Meta.** 15 de Marzo de 2006.

**Entregable.** Plan de muestreo.

**Observaciones.** Fue entregado el plan de muestreo teniendo en cuenta lo requerido por ley y los históricos solicitados al DRI (departamento de responsabilidad integral).

**6.2.2 Actividad.** Determinación de los puntos de interconexión con el sistema de aguas aceitosas.

**Responsable.** Ingenieros de proceso de ATP asignados a la coordinación ambiental y de Materias Primas.

**Inicio.** 1 de Marzo de 2006.

**Meta.** 15 de Mayo de 2006.

**Entregable.** Informe técnico.

**Observaciones.** Se tiene identificado un punto de interconexión en el Área de la Casa Bombas A.

## **6.3 MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD.**

**6.3.1 Actividad.** Evaluación y recomendación de los compresores C-3061 ABC.

**Responsable.** Profesional de rotativo de ATP asignado al departamento de Materias Primas.

**Inicio.** 6 de Abril de 2006.

**Meta.** 11 de Junio de 2006.

**Entregable.** Informe técnico.

**Observaciones.** Se realizó visita de inspección técnica en el área.

- 6.3.2 Actividad.** Evaluación y recomendación del PLC.  
**Responsable.** Profesionales de electrónica y eléctrica de ATP asignados al departamento de Materias Primas.  
**Inicio.** 6 de Abril de 2006.  
**Meta.** 11 de Junio de 2006.  
**Entregable.** Informe técnico.  
**Observaciones.** Las pruebas se realizan una vez se instalen los medidores de nivel ultrasónicos de las cámaras de tratamiento.
- 6.3.3 Actividad.** Instalación de medidores de nivel en cámara de aireación.  
**Responsable.** Profesional de electrónica asignado al departamento de Materias Primas.  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.  
**Meta.** 10 de Marzo de 2006.  
**Entregable.** Operación de los sistemas.  
**Observaciones.** Se instalaron los medidores de nivel ultrasónico en la piscina de entrada del Diapac con la OT 184087 (se tenía en existencia dos en bodega para ser montados). Instalados el 20 de Marzo.

Figura 12. Medidores nuevos instalados



Fuente: tomada por el autor

- 6.3.4 Actividad.** Evaluación del sistema de suministro de aire alterno. (aire industrial de la red).  
**Responsable.** Ingenieros de ATP asignados al departamento de Materias Primas de proceso y electrónica.  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.

**Meta.** 30 de Mayo de 2006.  
**Entregable.** Informe y recomendación técnica.  
**Observaciones.** El suministro de aire de la red de aire industrial de la GCB, se tiene como contingencia hasta que se mejore la confiabilidad de los C 3061 A/B.

**6.3.5 Actividad.** Verificar, validar estado y operación de las válvulas motorizadas MOV'S.

**Responsable.** Ingenieros de ATP asignados al departamento de Materias Primas de proceso y eléctrico.

**Inicio.** 18 de Marzo de 2006.

**Meta.** 30 de Abril de 2006.

**Entregable.** Operación de los equipos.

**Observaciones.** La firma INSURCOL desmontó las válvulas MOV'S el 18 de Abril y realizó mantenimiento correctivo: entrada piscina 1-2, salida de piscinas 1-2 y entrada de aire. Se tiene en cuenta realizar pruebas de comunicación y el trabajo con la lógica del PLC.

Figura 13. Válvulas MOV'S posterior a su reparación



Fuente: tomada por el autor

**6.3.6 Actividad.** Emitir recomendación para la granulometría de las gravas de los lechos de secado.

**Responsable.** Ingeniero de proceso asignado a la coordinación ambiental.

**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.

**Meta.** 15 de Marzo de 2006.

**Entregable.** Recomendación técnica.

**Observaciones.** Se emitió recomendación de la granulometría para los lechos de secado y se debe gestionar la compra y su instalación.

**6.3.7 Actividad.** Revisión de los switches y niveles de la fosa del Diapac.  
**Responsable.** Profesional de electrónica de ATP asignado al departamento de Materias Primas.  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.  
**Meta.** 15 de Mayo de 2006.  
**Entregable.** Pruebas de equipos.  
**Observaciones.** Se generó la OT 189501 y se priorizó para la realización del trabajo. Queda ejecutado.

**6.3.8 Actividad.** Compra e instalación de nuevas bombas sumergibles y equipos de aireación.  
**Responsable.** Jefe de departamento de Materias Primas de la GCB, Coordinador Ambiental de la GCB, Ingeniero de proceso de ATP asignado a la coordinación Ambiental.  
**Inicio.** 30 de Noviembre de 2005.  
**Meta.** 15 de Marzo de 2006.  
**Entregable.** Equipo instalado en el sitio.  
**Observaciones.** Los equipos fueron comprados e instalados en la planta.

Figura 14. Nuevo aireador instalado en el Diapac.



Fuente: tomada por el autor

## 6.4. OPERACIÓN DEL DIAPAC.

**6.4.1. Actividad.** Actualización de manual de operación.  
**Responsable.** Supervisores de operaciones de la coordinación Ambiental y profesional de proceso de ATP.  
**Inicio.** 5 de Febrero 2006.  
**Meta.** 10 de Mayo de 2006.  
**Entregable.** Manual de operación.  
**Observaciones.** Se tiene la información y se actualiza con éste informe.

**6.4.2 Actividad.** Capacitación a operaciones acerca del proceso de tratamiento de la planta Diapac y operación.  
**Responsable.** Profesional de proceso asignado a la coordinación Ambiental y operaciones de la coordinación Ambiental.  
**Inicio.** Mayo 15 de 2006.  
**Meta.** 30 de Mayo de 2006.  
**Entregable.** Memorias de la capacitación.  
**Observaciones.** Se estructura el material de capacitación incluyendo los nuevos equipos instalados.

**6.4.3 Actividad.** Determinación de las analíticas y frecuencia para el control del proceso.  
**Responsable.** Ingeniero de proceso de ATP asignado a la coordinación Ambiental y operaciones de la misma coordinación.  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.  
**Meta.** 30 de Abril de 2006.  
**Entregable.** Programa de muestreo de la planta Diapac.  
**Observaciones.** Se estableció un programa y se coordina con el laboratorio industrial de la GCB para su aprobación.

Tabla 15. Plan de muestreo y analíticas a desarrollar.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	SM-5520	diaria
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	SM-2540	diaria
pH	Unidades de pH	SM-2540	diaria
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DBO <sub>5</sub>	mg/l		semanal
Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	ASTM D 1252	semanal

Fuente: Elaborado por la firma ANTEK S.A.

**6.4.4 Actividad.** Determinación de la disposición de los lechos secos.  
**Responsable.** Ingeniero de proceso asignado a la coordinación Ambiental.  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.  
**Meta.** 15 de Abril de 2006.  
**Entregable.** Informe técnico.  
**Observaciones.** Se evalúa con los ingenieros del Instituto Colombiano de Petróleos ICP el sitio de disposición final de los lodos.

**6.4.5 Actividad.** Arrancada y puesta en marcha.  
**Responsable.** Coordinador Ambiental de la GCB y operaciones.  
**Inicio.** 20 de Mayo.  
**Meta.** 20 de Mayo.  
**Entregable.** Planta en operación normal.  
**Observaciones.** Se debe realizar con previa revisión y pruebas de todos los equipos de la planta para garantizar la confiabilidad. Igualmente se requiere desmontar las tuberías de descarga de las P-3066 A/B con el objetivo de destapar los tramos que posiblemente se han obstruido con la parada y la reparación del equipo.

## **6.5 SOSTENIBILIDAD DEL PROCESO**

**6.5.1 Actividad.** Incluir las variables del Diapac de acuerdo al modulo de integridad operativa.  
**Responsable.** Coordinador Ambiental de la GCB y operaciones de la misma coordinación  
**Inicio.** 5 de Febrero de 2006.  
**Meta.** 01 de Junio de 2006.  
**Entregable.** Informe técnico y programa.  
**Observaciones.** Se deben establecer las ventanas operativas de todos los equipos de la planta, la ronda estructurada para la operación y la ruta de tribología para dar cumplimiento al modulo de integridad operativa en la GCB.

## **6.6. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO**

**6.6.1. Actividad.** Mejoramiento y planes de optimización.  
**Responsable.** Profesional de ATP asignado a la coordinación Ambiental de la GCB.  
**Inicio.** 01 de Julio de 2006.  
**Meta.** 01 de Agosto de 2006.  
**Entregable.** Informe técnico sobre las propuestas de optimización.

**Observaciones.** Se tiene un plan de mejoramiento de la operación de la planta presentado por un grupo de ingenieros químicos en el año 1.999 el cual se va a evaluar.

## 6.7 INVERSIÓN REQUERIDA

PROPUESTA DE INVERSIÓN					
IT	DESCRIPCIÓN	UNID	CAN	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
1	SUMINISTRO DE BOMBA TIPO SUMERGIBLE ITT FLYGT AB, MODELO CP3102, 181 MT, CON CAPACIDAD DE 5.1 L/S, ALTURA DINÁMICA TOTAL DE 14.5 M, SEGÚN CURVA 63-432-00-3703, SELLOS MECÁNICOS DE CARBURO DE TUNGSTENO WWCR, IMPULSOR INATASCABLE MONOALBE TIPO C: 183 MM, PASO DE SÓLIDOS DE 76 MM. MOTOR:18-11-4AL / 3,7 KW/ 460 VAC/60 HZ/ 4 POLOS/ 1745 RPM / 3 FASES.	EA	2	\$ 15.465.000,00	\$ 30.930.000,00
2	DESMONTE DE BOMBAS EXISTENTES, INCLUYE TODOS LOS TRABAJOS NECESARIOS PARA EL RETIRO Y TRASLADO DE LAS BOMBAS ACTUALES AL SITIO QUE DISPONGA ECOPETROL S.A. DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA GCB.	EA	2	\$ 1.000.000,00	\$ 2.000.000,00
3	MONTAJE DE LAS BOMBAS MENCIONADAS EN EL ITEM 1, INCLUYE TODOS LOS TRABAJOS NECESARIOS PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN, AL IGUAL QUE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL CABLE DE FUERZA Y CONTROL HASTA EL PANEL DE FUERZA Y CONTROL ELÉCTRICO EXISTENTE. FINALIZADO EL MONTAJE Y LA PUESTA EN MARCHA SE DARÁ UN CONCEPTO DE LAS CONDICIONES DE ESTE TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.	EA	2	\$ 1.250.000,00	\$ 2.500.000,00
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO DE AIREACIÓN	EA	2	\$ 21.450.000,00	\$ 42.900.000,00
5	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL EQUIPO ESTÁTICO, INCLUYE LIMPIEZA Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS, TUBERÍAS, VÁLVULAS, REJILLAS Y RETIRO DE LODOS.	GLB	1	\$ 85.000.000,00	\$ 85.000.000,00
6	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE VÁLVULAS MOTORIZADAS MOV'S EIM	EA	5	\$ 3.100.000,00	\$ 15.500.000,00
7	REPARACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN	GLB	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
8	COMPRA DE SENSORES DE NIVEL	EA	2	\$ 2.500.000,00	\$ 5.000.000,00
8	REPARACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	GLB	1	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
	REPARACIÓN DE COMPRESORES C-3061 ABC	GLB	1	\$ 18.000.000,00	\$ 18.000.000,00
	REPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL PLC	GLB	1	\$ 15.000.000,00	\$ 15.000.000,00
9	COMPRA DE GRANULOMETRÍA PARA LOS LECHOS DE SECADO	GLB	1	\$ 22.000.000,00	\$ 22.000.000,00
				<b>SUBTOTAL</b>	\$ 243.330.000,00
				<b>IVA</b>	\$ 38.932.800,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 282.262.800,00

## 7. CONCLUSIONES

- Existe bajos conocimientos técnicos del proceso de la planta Diapac dentro del personal que la opera.
- La planta de aguas sanitarias Diapac no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de sus equipos.
- Los equipos dispuestos para la operación y control del proceso en la Diapac, no cuentan con rangos límites de operación normal (ventanas operativas).
- Existe baja información técnica (catálogos, curvas de eficiencias, planos) de los equipos.
- Las partes de los equipos no se encuentran catalogados en ellipse.
- El Diapac no está incluido dentro del programa de reparación de los separadores.

## 8. RECOMENDACIONES

- Identificar y eliminar los puntos de conexión con los sistemas de aguas lluvias y aceitosas. En épocas de lluvia se verifica un incremento del caudal y presencia de aceite al afluente lo cual hace perder el control fisicoquímico y microbiológico.
- Establecer los rangos de operación para el correcto control de la operación y cuidado básico de los equipos. Se debe incluir en la ruta de la POCKET la ronda estructurada al igual con el CSI.
- Aumentar las competencias técnicas del personal de operaciones encargado de su control teniendo como herramienta la capacitación y el coching.
- Definir con ATP y planeación, un programa de mantenimiento predictivo de todos los equipos del Diapac.
- Incluir al Diapac dentro del programa anual de mantenimiento general que se realiza a los separadores.
- Establecer un programa de muestreo de control de calidad para el afluente y efluente.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ANTEK S.A., Programa para análisis de eficiencia del Diapac. 2003-2004 y 2005.

CORREA, Alfonso y GONZÁLEZ, Julián. Optimización del separador de aguas sanitarias. Especialización en Ingeniería Ambiental. UIS. Bucaramanga 2000.

FERNÁNDEZ MILTON, Ricardo. Datos de seguimiento de la operación y mantenimiento del Diapac.

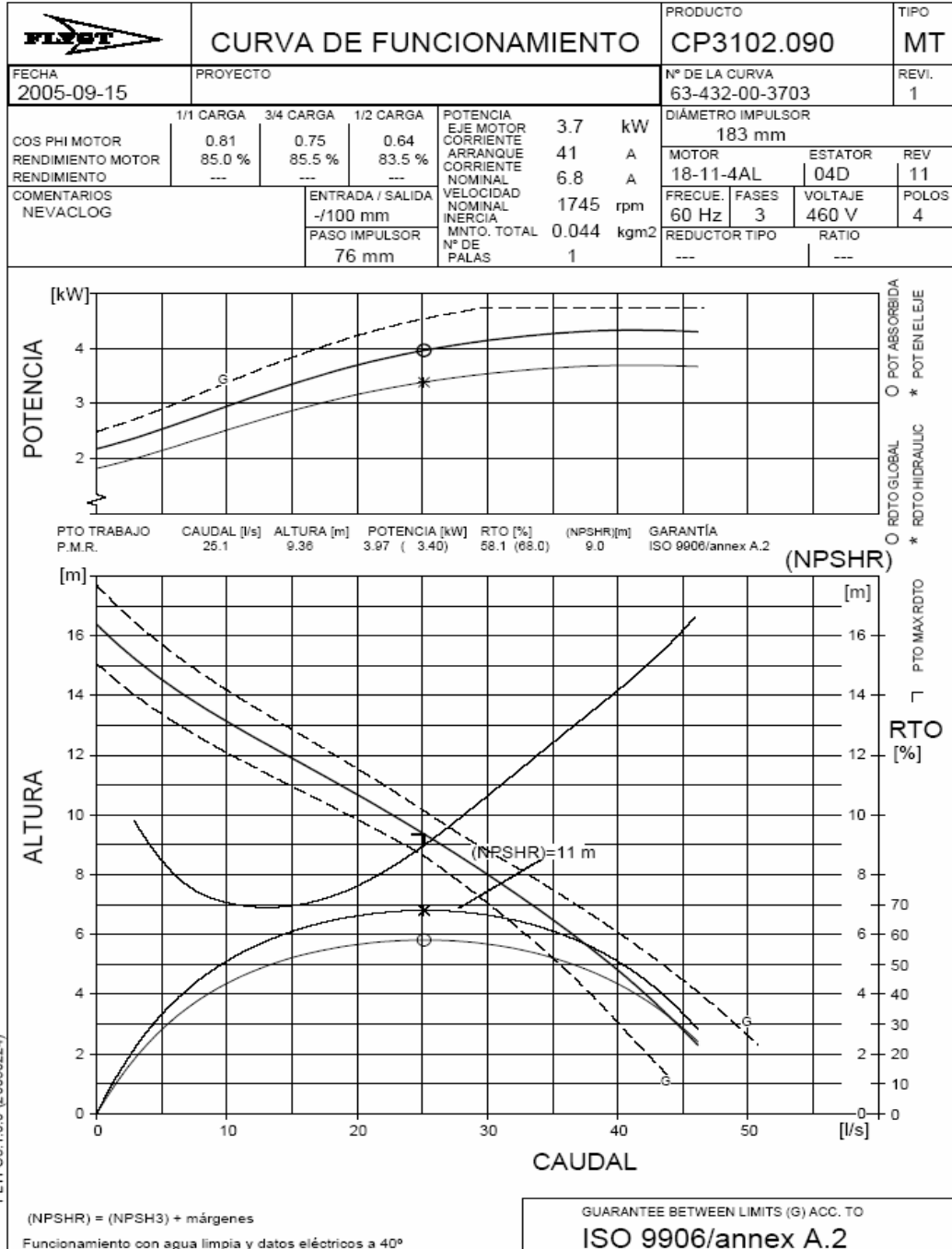
LEGISLACIÓN COLOMBIANA. Decreto 1594 de 26 de Junio de 1.984.

McGHEE, J. Terence, abastecimiento de agua y alcantarillado. Ingeniería Ambiental. Sexta Edición. Mc Graw Hill. Lafayette Collage, 1999.

SCRAGG, Alan. Biotecnología para ingenieros. Sistemas biológicos en procesos tecnológicos. Primera edición. Editorial Limusa. México, 1999.

## **ANEXOS**

## Anexo A. Curvas de eficiencia de las P-3066 A/B (sumergibles)



Fuente: Data sheet de equipos.

## Anexo B. Características de las P-3066 A/B nuevas



C 3102



### C 3102

#### Product

Submersible pump for pumping clean water, surface water and waste water containing solids or long-fibred material.

#### Denomination

Product code 3102.181  
Installation P, S, T, Z  
Impeller characteristics LT, MT, HT

#### Process data

Liquid temperature max +40 °C  
Depth of immersion max 20 m  
The pH of the pumped liquid pH 5,5-14  
Liquid density max. 1100 kg/m<sup>3</sup>  
Impeller throughlet See Motor rating table

#### Motor data

Frequency 60 Hz  
Insulation class H (+180 °C)  
Voltage variation  
- continuously running max ± 5%  
- intermittent running max ± 10%  
Voltage imbalance between phases max 2%  
No. of starts/hour max 30

#### Cable

**Direct-on-line start**  
SUBCAB® 4G2,5 mm<sup>2</sup>  
4G2,5+2x1,5 mm<sup>2</sup>

**Y/D start**  
SUBCAB® 7G2,5 mm<sup>2</sup>  
7G2,5+2x1,5 mm<sup>2</sup>

#### VFD Application

NSSHÖU..3E+St 3x2,5+3x2,5/3E+3x1,5 St

#### Monitoring equipment

Thermal contacts opening temperature 125 °C

#### Material

Impeller Cast iron  
Pump housing Cast iron  
Stator housing Cast iron  
Shaft Stainless steel  
O-rings Nitrile rubber

#### Mechanical face seals

Alternative	Inner seal	Outer seal
1	Aluminium oxide/ Corrosion resistant cemented carbide	Aluminium oxide/ Corrosion resistant cemented carbide
2	Aluminium oxide/ Corrosion resistant cemented carbide	Corrosion resistant cemented carbide/ Corrosion resistant cemented carbide
3	Corrosion resistant cemented carbide/ Corrosion resistant cemented carbide	Aluminium oxide/ Corrosion resistant cemented carbide
4	Corrosion resistant cemented carbide/ Corrosion resistant cemented carbide	Corrosion resistant cemented carbide/ Corrosion resistant cemented carbide

#### Surface Treatment

All cast parts are primed with a water-borne primer. The finishing coat is a high-solid two pack paint.

#### Weight

See dimensional drawing.

#### Option

3102.090 Ex. proof design  
3102.980 Industrial design  
Warm liquid version on request  
Leakage sensor in stator housing FLS  
Leakage sensor in oil housing CLS  
Surface treatment Epoxy treatment  
Other cables  
Zinc anodes

#### Accessories

Discharge connections, adapters, hose connections and other mechanical accessories.  
Electrical accessories such as pump controller, control panels, starters, monitoring relays, cables.  
See separate booklet or [www.flygt.com](http://www.flygt.com), for further information.

Fuente: Data sheet de equipos.

## Anexo C. Curvas de eficiencia del MP-3066 A/B



**C 3102**

### LT-Motor rating and performance curve

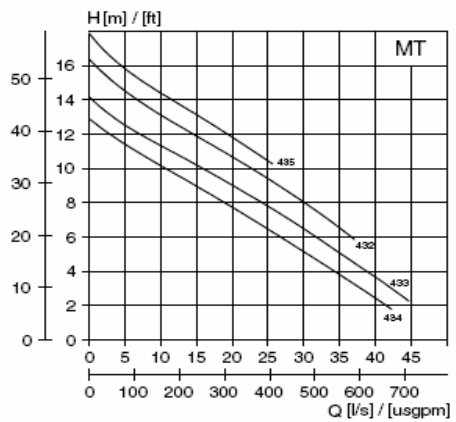
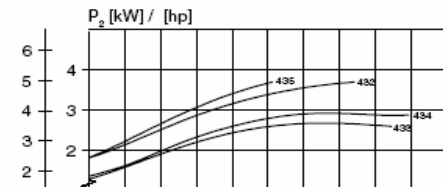
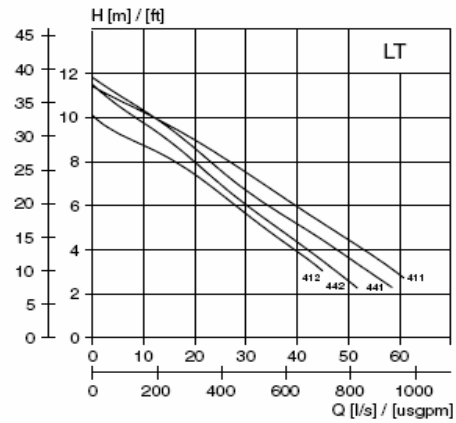
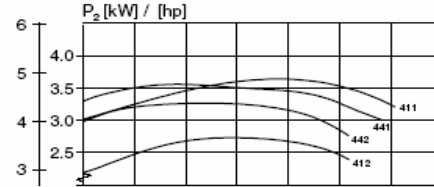
Curve/Impeller No	Rated power, kW	Rated current, A	Starting current, A	Power factor cos φ	Impeller thoughtlet, mm	Ex proof version available	Installation			
							P	S	T	Z
<b>460 V, 60 Hz, 3 ~, 1760 r/min</b>										
412	2,8	5,4	41,0	0,75	54	*			*	*
<b>460 V, 60 Hz, 3 ~, 1745 r/min</b>										
411	3,7	6,8	41,0	0,81	52	*	*	*		
412	3,7	6,8	41,0	0,81	54	*	*	*		
441	3,7	6,8	41,0	0,81	100	*	*	*		
442	3,7	6,8	41,0	0,81	100	*	*	*		

*Y1D starting current is approximately 1/3 of D starting current.*

### MT-Motor rating and performance curve

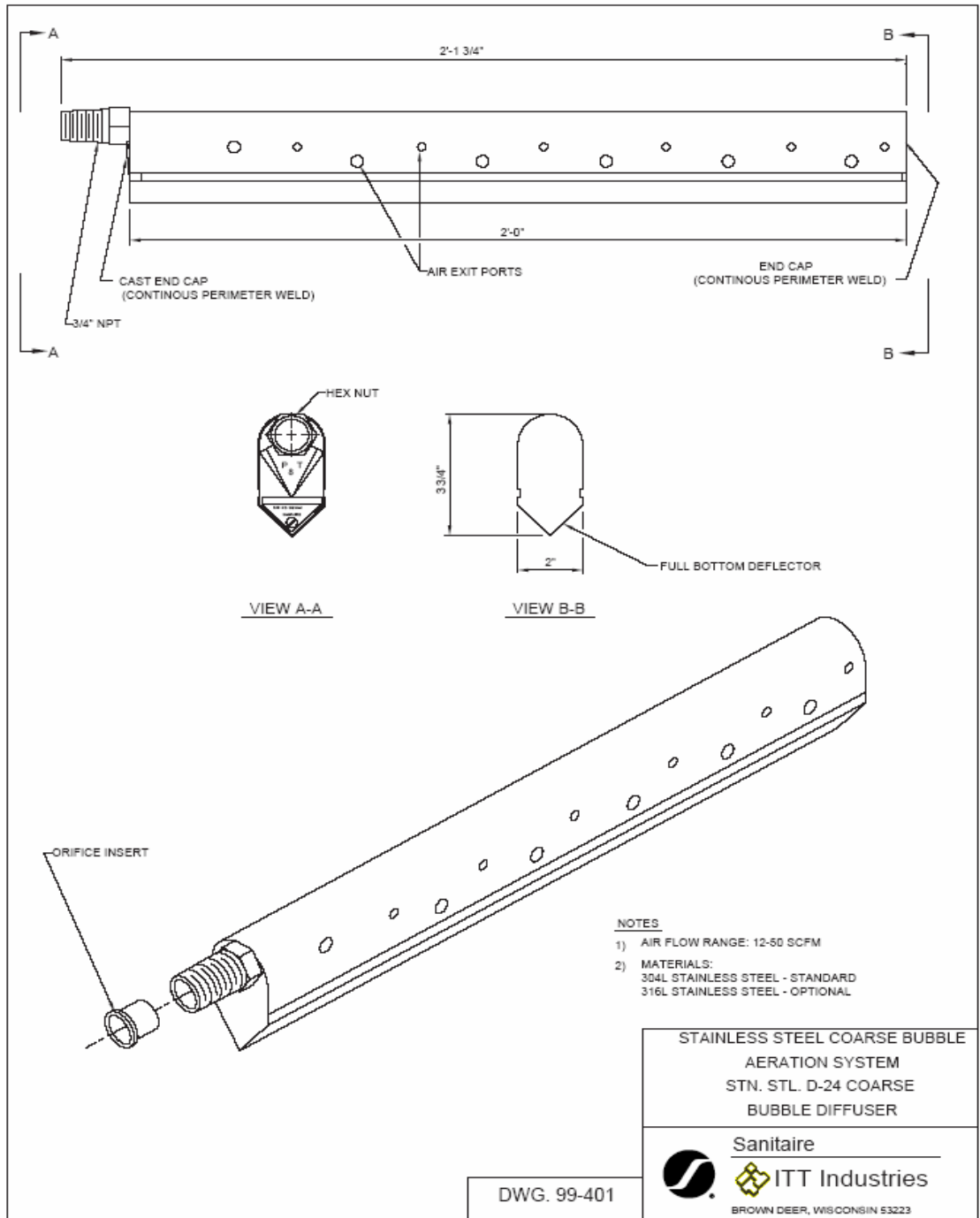
Curve/Impeller No	Rated power, kW	Rated current, A	Starting current, A	Power factor cos φ	Impeller thoughtlet, mm	Ex proof version available	Installation			
							P	S	T	Z
<b>460 V, 60 Hz, 3 ~, 1760 r/min</b>										
433	2,8	5,4	41,0	0,75	76	*			*	*
<b>460 V, 60 Hz, 3 ~, 1745 r/min</b>										
432	3,7	6,8	41,0	0,81	76	*	*	*		
433	3,7	6,8	41,0	0,81	76	*	*	*		
434	3,7	6,8	41,0	0,81	76	*	*	*		
435	3,7	6,8	41,0	0,81	76	*	*	*		
<b>230 V, 60 Hz, 1 ~, 1755 r/min</b>										
433	2,9	16,0	45,0	0,94	76	*	*	*		
434	2,9	16,0	45,0	0,94	76	*	*	*		

*Y1D starting current is approximately 1/3 of D starting current.*



Fuente: Data sheet de equipos.

## Anexo D. Planos del nuevo aireador



Fuente: Catálogo de aireadores.

## Anexo E. Presupuesto ejecutado a válvulas MOV EIM

### PLANTA DIAPAC

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	COSTO
1	<p>MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO DE ACTUADORES. De acuerdo al siguiente alcance: 1. Verificación de su operación abrir - cerrar en cada Actuador 2. Verificación de operación manual 3. Verificar el estado del Space Heater y su funcionamiento. 4. Verificar el estado de los ORING y el sello que estos hacen 5. Operar eléctricamente el Actuador comprobando y verificando el recorrido de la válvula y el estado del Stem Nut del Actuador, verificar el Torque ejercido por el Actuador en el Torque Switch DIAL. Visualmente determinar el estado de la retención y el accionamiento de la Bobina del contactor inversor en ambos sentidos. 6. Desmontaje de tarjetas y contactor (si es necesario) para su limpieza. 7. Instalación de tarjetas y partes desmontadas para limpieza. 8. Accionamiento Eléctrico de cerrado verificando que el límite éste corresponda al sello de la válvula.</p> <p>9. Accionamiento Eléctrico de abrir verificado que tenga límite. 10. Ajuste de conexiones y terminales, cerrado de la tapa del paquete eléctrico. 11. Prueba final de operación en local y en Remoto. 12. recuperación de hermeticidad Cambio de O'RINGS y cambio de grasa en caso que se requiera. 13. Verificación y ajustes al sistema de comunicaciones entre los Actuadores y la Estación Maestra. 14. Elaboración y firma de Acta de Entrega por cada Actuador.</p> <p style="text-align: right;">Item 1</p>	EA	\$ 1.240.194	5	\$ 6.200.970
2	<p>MANTENIMIENTO GENERAL A VÁLVULA DE BOLA DE 2" A 12" ANSI 150 - 300. De acuerdo al siguiente alcance: 5.1) Desensamble de Actuador Eléctrico. 5.2) Desensamble de Válvulas para rectificación o cambio de Sellos, Orings, empaques de grafito. Recuperación de hermeticidad de la Válvula en ambos sentidos de flujo. 5.3) Reensamble de la MOV (válvula y actuador) y puesta en funcionamiento, Prueba de hermeticidad de la Válvula.</p> <p style="text-align: right;">Item 5</p>	EA	\$ 1.844.213	5	\$ 9.221.065

**SUBTOTAL \$ 15.422.035**  
**IVA \$ 2.467.526**  
**TOTAL \$ 17.889.561**

NOTAS: - En la descripción de cada ÍTEM se relaciona el ÍTEM correspondiente al anexo 1 del contrato 4008643  
Fuente: Contrato válvulas motorizadas.

## Anexo F. Especificaciones técnicas para recuperar el equipo estático

Recomendación PIM-Z2-10095 emitida por ATP.			
<b>No. PIM-Z2-10095</b>	EQUIPO: DIAAC UI	No. COMPONENTE:	MDD
SERVICIO : TRATAMIENTO DE AGUAS SANITARIAS			PPY
OT No. : DIRIGIDO A: DPTO. DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN			POSTERIOR
CON COPIA: DPTO. APOYO TÉCNICO A LA PRODUCCIÓN	VALORACIÓN RAM= M	FRP:	REVISIÓN No:

### DIAGNOSTICO:

El DIAPAC UI se construyo para tratar aguas residuales sanitarias de baja carga de la unidad de balance y el club Miramar; bajo la tecnología de lodos activados en lecho fluidizado y con aireación extendida, facilitando de esta manera la auto-oxidación de la materia orgánica presente y generando un lodo residual estabilizado libre de olores. Actualmente se encuentra trabajando en las siguientes condiciones:

### FOSA

Esta trabaja con cuatro bombas de carga según diseño original pero actualmente trabaja con solo una (P-3066B) y un sifón, las otras tres restantes no se encuentran instaladas. Esta fosa de carga maneja aguas sanitarias pero se observa contaminación por hidrocarburo. Por evidencia de un estudio anterior realizado mediante isótopo trazador, se tiene que puede llegar al afluente del DIAPAC aguas residuales aceitosas, estas provienen del sumidero AA10A ubicado junto al D-2506 y llegar a la caja de aguas sanitarias AS2. El agua aceitosa entorpece el proceso realizado en el Diapac por lo cual la falla debe ser verificada y corregida, específicamente en la conexión de aguas sanitarias y aceitosas.

### PISCINA DE OXIDACIÓN BA-3061A/B

En lo que se observa exteriormente su estructura de concreto presenta buenas condiciones y no se aprecia filtraciones.

### CELDAS DE SECADO

Actualmente se encuentran fuera de servicio. Su estructura de concreto se encuentra agrietada en diferentes sectores debido al crecimiento de un árbol en esta área , adicionalmente una de sus cuatro compuertas de concreto que se utiliza para retirar el lodo se encuentra totalmente destruida.

## **CELDA DE LODOS**

Su estructura de concreto presenta buenas condiciones, no se observan grietas ni fugas.

En esta zona la línea de 2" de aire y la línea de 6" efluente del sistema de lodos y retorno presenta corrosión severa y roturas.

## **VALORACIÓN RAM**

Personas:	2C: L
Económica:	3C: M
Ambiental:	3C: M
Imagen de la empresa:	3C: M

## **3. ACCIONES RECOMENDADAS:**

### **3.1 RETIRO DE LODOS ACEITOSOS Y LIMPIEZA DEL SISTEMA DIAPAC**

Realizar retiro manual de lodos y limpieza general hasta dejar libre de hidrocarburo y grasas a:

- FOSA E INTERNOS (escaleras barandas etc.)
- PISCINA BA-3061A/B E INTERNOS
- CELDA DE LODOS E INTERNOS

### **3.2 LAVADO Y LIMPIEZA DE ÁREAS ANEXAS, PARTES Y EQUIPOS**

**3.2.1** Se debe realizar una limpieza y lavado hasta dejar libre de grasa e hidrocarburo a muros e internos que componen la fosa, piscina BA-3061A/B y la celda de lodos, mediante la aplicación de agua a alta presión (hidro-lavado) con producto desengrasante biodegradable, ref. Simple Green o similar homologado para poder realizar inspección y determinar alcances de los trabajos a realizar.

## **4. TRABAJOS METALISTERIA Y PINTURA**

- Hacer limpieza mecánica o manual con cepillo de alambre a la superficie exterior de las paredes en concreto de las BA-3061A/B y celda de lodos del sistema DIAPAC aplicando desengrasante biodegradable Simple Green o similar homologado hasta dejarlos completamente libres de aceites, grasa, sales, partículas sueltas, polvo, mugre. Luego se deben lavar con solución de ácido clorhídrico (Muriático) al 15% en agua dejándolo actuar por 15 minutos y luego enjuagar con abundante agua. Finalmente aplicar a todas las zonas de

concreto pintura Pintucoat de Pintuco ref. 113.221 / 113.227 o similar homologado en 2 manos con rodillo o brocha, la primera mano podrá tener una dilución del 15%, la segunda mano aplicarla sin dilución, asegurando que las áreas estén totalmente libres de humedad.

- Realizar limpieza mecánica de acuerdo a norma SSPC-SP3 a todas las tuberías del sistema DIAPAC UI (ver listado de líneas, Anexo B, con los respectivos colores aplicar) y aplicar anticorrosivo epoxico rojo a 4 mils y como acabado aplicar Mastic Epoxic ref. 13211/13218 de pintuco o pintura serie 100 de sika 5 y 6 mils.
- Para las líneas o estructuras metálicas en inmersión (dentro de las piscinas o fosas) realizar limpieza grado comercial hasta logra perfil de anclaje entre 40 y 60 micrones y aplicar el mismo sistema de pintura del ítem anterior.
- Una vez se haya aplicado la pintura se deben identificar las líneas con nombre del producto y sentido de flujo, de acuerdo al estándar de código de colores de ECOPETROL
- Limpiar, Suavizar, destapar y probar las dos válvulas de compuerta y dos líneas (4") que comunica los lodos de la BA-3061A/B a la celda de lodos. Al terminar los trabajos el ejecutor debe garantizar la operación libre y adecuada de las válvulas y líneas en mención. ver ubicación en diagrama. (Anexo A)
- Limpiar, Suavizar, destapar y probar línea de 4" desde la celda de lodos hasta las celdas de secado. Al terminar los trabajos el ejecutor debe garantizar la operación libre y adecuada de la línea en mención
- Cambiar tramo aproximadamente 6 mts. de línea de aire de 2" Diam. ubicada en la celda de lodos (ver figura). Utilizar tubería 2" A-106 de acero al carbón Gr B sch 80 soldadura E-7018.
- Instalar aislamiento térmico a línea de vapor de 1" y de longitud 12 mts.. Utilizar silicato de calcio de 1" de espesor y foil de aluminio. Ubicada sobre el banco de tubería.
- Instalar cadena para operación válvula de 6" de diámetro ubicada en parte superior externa de la BA3061A/B, lado sur de la estructura. Y se debe suavizar la válvula. Ver ubicación y figura en anexo A.
- Prefabricar e instalar dos rejillas en las cajas de las válvulas de 4" de drenaje de las piscinas de oxidación BA3061A/B. ubicadas en lado norte de la estructura, parte inferior, ver ubicación, figura y dimensiones en anexo A, usar ángulos y platinas de 2" x ¼" en ASTM A36

- Prefabricar e instalar rejillas en la caja del efluente de la celda de lodos, ubicada en lado occidente de la estructura, parte inferior. ver ubicación, figura y dimensiones en anexo A. usar ángulos y platinas de 2" x ¼" en ASTM A36
- Cambiar válvula de 2 ½" de diámetro, en A216 grado WCB, de ¼ de vuelta del monitor M0333 ubicado frente a los tanques K-3065/67 lado occidental.
- Cambiar colector y línea de aproximadamente 3 mts de longitud de 6" de diámetro según muestra de la celda de lodo que permite el retorno de las aguas de esta celda a la fosa.  
Materiales: 2 codos de 6" WPB A-234 sch 80 radio largo, 2 bridas de 6"x150# WN A-105 utilizar soldadura E-6010/7018. ver figura.

## 5. OBRA CIVIL

Fundir piso de concreto en el sistema DIAPAC (en área marcada en diagrama. Anexo A.). Área aproximada 500 m<sup>2</sup>

Reparar las grietas verticales (6) en los muros de mampostería 50 cms de longitud (alto) en que conforman las celdas de secado de lodos. Para ello, se requiere romper el muro en área aledaña a la grieta y reconstruir con ladrillo y revoque nuevo.

Reparar concreto en mal estado (bordillos) de las 6 columnas que sirven de soporte y guía a las compuertas de acceso a las celdas de secado.

Reparar 3 juntas verticales agrietadas (abiertas hasta 4 cms.) entre columna de soporte y guía de las compuertas de acceso las celdas de secado y los muros de mampostería. Para ello retirar muro de mampostería hasta dar espacio que permita instalar anclajes en U, con varilla de 3/8" a las columnas. Para los anclajes realizarlos mediante anclaje químico tipo Hilty. Instalar mínimo 3 anclajes en U., finalmente reconstruir muro con ladrillo y revoque nuevos. Dentro del muro nuevo deben quedar los anclajes.

Construir compuerta en placa de concreto reforzado de la celda de secado de lodos C. Usar concreto de 3000 PSI, acero de refuerzo y perfiles en C (para las guías) de idénticas dimensiones a las encontradas en la estructura deteriorada

Retirar desde la raíz árbol ubicado en la celda de secado C.

Construir tapa concreto reforzado de 3000 PSI y malla de varilla de 3/8" para la caja de válvula de comunicación entre la BA3061A/B y la celda de lodos. Lado sur de la estructura, parte inferior. Ver ubicación, figura y dimensiones en anexo A.

**CONTROLES DE CALIDAD REQUERIDOS: NA**

**PROTOCOLOS E INSTRUCTIVOS A UTILIZAR: NA**

**NOTA:**

Se anexa:

- Anexo 1. Diagrama ubicación elementos componentes del separador a intervenir
- Anexo 2. Listado de tuberías (mencionado en el documento) a intervenir

<b>ANEXOS :</b>
<b>ELABORO: ARVEY QUILINDO VALENCIA / EDGARDO BERRUECOS</b>
<b>REGISTRO: 2- 9820 / 2-3688</b>
<b>FECHA : Abril 7 de 2005</b>
<b>FIRMA :</b>
<b>EJECUCIÓN: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> TOTAL <input type="checkbox"/> PARCIAL <input type="checkbox"/></b>
<b>OBSERVACIONES:</b>