

**SEGUIMIENTO A LOS PROYECTOS Y SERVICIOS AMBIENTALES  
DESARROLLADOS POR LA EMPRESA ACI KRONOX INGENIERIA SAS EN  
RELACION AL RECURSO AGUA**

**CARLOS FERNANDO ARENAS JIMENEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2015**

**SEGUIMIENTO A LOS PROYECTOS Y SERVICIOS AMBIENTALES  
DESARROLLADOS POR LA EMPRESA ACI KRONOX INGENIERIA SAS EN  
RELACION AL RECURSO AGUA**

**CARLOS FERNANDO ARENAS JIMENEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental.**

**Asesor**

**YOLANDA GAMARRA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2015**

*A Dios, a mis padres, a mis hermanos, a Karen, por su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, por darme la oportunidad de realizar mis sueños, por su compañía cuando necesito de su guía.

A mis padres, por sus incansables esfuerzos, por su apoyo, porque hicieron de este sueño una realidad. Porque estuvieron conmigo en cada momento, bueno y malo. Porque nunca me dejaron desistir.

A mis hermanos Juan Guillermo, Sebastián y María Juliana, por sus consejos y su ejemplo, por ser parte de la alegría de cada día, por motivarme a llegar hasta el final y dar lo mejor de mí.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por ser mi segundo hogar en esta maravillosa etapa de mi vida, porque en ella aprendí lecciones invaluable.

A todos mis profesores, por compartir sus conocimientos y experiencias, por brindarme una excelente formación.

A mi directora de práctica, Yolanda Gamarra, por sus clases tan valiosas, y por su acompañamiento en el final de este proceso académico.

A la ingeniera Consuelo Castillo, por creer en mi desde el principio, por su apoyo y su acompañamiento constante.

A los ingenieros Freddy Portilla y Gerardo Villamizar, por permitirme realizar esta práctica, y hacer de esta una experiencia grata y enriquecedora.

A los trabajadores de la Tesorería de la Universidad, con quienes realicé mis monitorias, y quienes fueron mis amigos y se preocuparon por mí hasta el día de hoy.

A la profesora Sandra Correa, por sus consejos y su apoyo.

A mi novia, Karen Figueroa, por estar conmigo en los momentos difíciles, por su amor, y por brindarme siempre una voz de aliento.

A mis amigos, Carlos Patiño, Diego Olaya, Guillermo Jiménez, y a mis compañeros de carrera, porque hicieron de esta etapa de mi vida una de las mejores.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	21
3. MARCO REFERENCIAL	26
3.1 MARCO NORMATIVO	26
3.2 MARCO TEÓRICO	27
4. METODOLOGÍA	43
5. ACTIVIDADES	46
6. SEGUIMIENTO A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA J'S SERVIPETROL EN CAMPO RUBIALES META	49
6.1 EMPRESA CONTRATANTE	49
6.2 PROYECTOS DE J'S SERVIPETROL	50
7. SEGUIMIENTO A LOS PROGRAMAS DE MONITOREO	52
7.1 DIAGNOSTICO	52
7.2 ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMA DE MONITOREO PLANTAS DE TRATAMIENTO J'S SERVIPETROL	52

7.2.1. PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE AGUA RESIDUALES DOMESTICAS	53
7.2.2 PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE AGUA POTABLE	57
7.3 RESULTADOS DE INDICADORES	61
7.3.1 MONITOREOS	61
7.3.2 MANTENIMIENTO	62
7.3.3 EVALUACIÓN DE INDICADORES	64
8. SEGUIMIENTO AL PLAN DE CONTINGENCIA	70
8.1 REVISIÓN INICIAL	70
8.3 RESULTADOS SEGUIMIENTO	77
9. MODELACIÓN DE ASIMILACIÓN DE VERTIMIENTOS DE LA QUEBRADA INNOMINADA PARA EL LAVADERO ESTACIÓN CANTABRIA	79
9.1 MODELACIÓN DE ASIMILACIÓN DE VERTIMIENTOS DEL LAVADERO ESTACIÓN CANTABRIA A LA QUEBRADA INNOMINADA CUYO CAUSE TERMINA EN LA QUEBRADA LA IGLESIA	80
9.1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO	80
9.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CUERPO DE AGUA	81
9.1.3. DATOS AFORO DE CAUDAL	84
9.1.4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	84
9.1.5. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIMIENTO	86
9.2 CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN DEL CUERPO RECEPTOR	88
9.3. LONGITUD DE MEZCLA	92
9.4 MODELACIÓN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (STREETER AND PHELPS)	93
9.5 ANÁLISIS DEL MODELO DE STREETER PHELPS	98
10. MONITOREO Y SEGUIMIENTO EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO BUCARAMANGA	103

10.1 LAVADERO CENTER CAR	103
10.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA	103
10.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL	104
10.1.3 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	111
10.2 EDS LA COLOMBIA	114
10.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA	114
10.2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL	115
10.2.3. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	123
10.3 INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO IMPEC RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA	125
10.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA	126
10.3.2 CAUDAL, VOLUMEN Y DURACIÓN DE LAS DESCARGAS	127
10.3.3. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	135
11. CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	142
ANEXOS	145

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Logo ACI Kronox Ingeniería S.A.S	21
Figura 2. Ubicación sede administrativa ACI Kronox.	24
Figura 3. Estructura organizacional ACI Kronox.	25
Figura 4. Modelo AQUATOX: Destino de varios contaminantes y su afectación en la vida acuática.	37
Figura 5. AQUATOX Simula procesos ecológicos y sus efectos en el tiempo.	38
Figura 6. Plantas de tratamiento J'S Servipetrol.	49
Figura 7. Campo Rubiales	50
Figura 8. Ubicación del Lavadero de vehículos ESTACIÓN CANTABRIA	80
Figura 9. Definición de un Proyecto de modelación en el ambiente AQUATOX	81
Figura 10. Características Morfométricas del Sitio en el ambiente AQUATOX	82
Figura 11. Ingreso de variables fisicoquímicas al modelo AQUATOX	85
Figura 12. Una ventana de resultados (Output) de AQUATOX	87
Figura 13. Comportamiento de las concentraciones del oxígeno	89
Figura 14. Comportamiento de las concentraciones de DBO <sub>5</sub>	89
Figura 15. Comportamiento de las concentraciones de SST	90
Figura 16. Comportamiento de las concentraciones de pH	91
Figura 17. Comportamiento de la Temperatura	92
Figura 18. Condiciones Iniciales	93
Figura 19. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Tiempo	97
Figura 20. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Distancia	98
Figura 21. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Tiempo	100
Figura 22. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Distancias	101
Figura 23.. Relación de pH Vs Tiempo en el Afluente del Sistema.	105
Figura 24. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Afluente del Sistema.	106

Figura 25. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 1.	106
Figura 26. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Afluente.	107
Figura 27. Relación de pH Vs Tiempo en el Efluente del Sistema.	108
Figura 28. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Efluente del Sistema.	109
Figura 29. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 2.	110
Figura 30. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Efluente del Sistema.	111
Figura 31. Relación de pH Vs Tiempo en el Afluente del Sistema.	116
Figura 32. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Afluente del Sistema.	117
Figura 33. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Afluente del Sistema.	117
Figura 34. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Punto 1.	118
Figura 35. Relación de pH Vs Tiempo en el Efluente del Sistema.	119
Figura 36. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Efluente del Sistema.	120
Figura 37. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 2.	121
Figura 38. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Efluente del Sistema.	122
Figura 39. Ubicación INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA	126
Figura 40. Relación de pH Vs Tiempo Afluente	129
Figura 41. Temperatura Ambiente y Temperatura (Grados Centígrados) de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Vertimiento 1.- P1.	130
Figura 42. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento.	131

Figura 43. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento.	131
Figura 44. Relación de pH (Unidades de pH Vs Tiempo en el Punto 2- Efluente del sistema de la Reclusión.	132
Figura 45. Temperatura Ambiente y Temperatura (Grados Centígrados) de las Muestras Vs Tiempo en el Efluente	133
Figura 46. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento del Efluente.	134
Figura 47. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento del Efluente.	134

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición típica de las aguas residuales domésticas	29
Tabla 2. Características Físicas	30
Tabla 3. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.	30
Tabla 4. Características químicas que tienen implicaciones en la salud humana	31
Tabla 5. Distribución plantas de tratamiento de agua residual y potable de la empresa J'S Servipetrol en Campo Rubiales.	51
Tabla 6. Programa de monitoreo y seguimiento del medio físico	53
Tabla 7. Criterios para los efluentes de las plantas de tratamiento	54
Tabla 8. Parámetros y frecuencias de los muestreos a realizar	55
Tabla 9. Criterios para agua apta para el consumo humano	58
Tabla 10. Parámetros y frecuencias de los muestreos a realizar	59
Tabla 11. Muestreos previstos periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales	61
Tabla 12. Monitoreos realizados periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales	62
Tabla 13. Mantenimientos previstos periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales	63
Tabla 14. Mantenimiento realizados periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales	63
Tabla 15. Muestreos de aguas residuales realizados	64
Tabla 16. Parámetros analizados y aprobados según la normatividad	65
Tabla 17. Mantenimientos realizados PTAR's	66
Tabla 18. Muestreos de agua potable realizados	66
Tabla 19. Parámetros analizados y aprobados según la normatividad	67
Tabla 20. Mantenimientos realizados PTAP's	68

Tabla 21. Total muestreos realizados	68
Tabla 22. Total mantenimientos realizados	69
Tabla 23. Evaluación existencia y criterios de elaboración P. de Contingencia	72
Tabla 24. Evaluación del Contenido del P. de Contingencia	74
Tabla 25. Evaluación del mantenimiento al P. de Contingencia	76
Tabla 26. Puntajes seguimiento al Plan de Contingencia.	78
Tabla 27. Coordenadas del vertimiento del Lavadero Estación Cantabria.	82
Tabla 28. Caudal medio estimado	83
Tabla 29. Resultados fisicoquímicos Quebrada Innominada antes de los vertimientos	84
Tabla 30. Resultados fisicoquímicos, agua residual industrial (vertimiento)	86
Tabla 31. Datos para el cálculo de la zona de mezcla.	93
Tabla 32. Curva de Oxígeno Vs Tiempo con referencia de un caudal de 0.0087 m <sup>3</sup> /s	97
Tabla 33. Curva de Oxígeno Vs Tiempo con referencia de un caudal de 0.0076 m <sup>3</sup> /s	100
Tabla 34. Concentraciones esperadas con caudales promedios anuales	102
Tabla 35. P1. Afluente del Sistema.	105
Tabla 36. P2. Efluente del Sistema.	107
Tabla 37. arámetros fisicoquímicos del Sistema de Tratamiento.	112
Tabla 38. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos.	113
Tabla 39. Cálculo de la Remoción	113
Tabla 40. P1. Afluente del Sistema	115
Tabla 41. P2. Efluente del Sistema	119
Tabla 42. Parámetros fisicoquímicos del Sistema de Tratamiento.	123
Tabla 43. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos	124
Tabla 44. Cálculo de la Remoción	125
Tabla 45. P1. Afluente del sistema de la Reclusión	128
Tabla 46. P2 Efluente del sistema de la Reclusión	132

Tabla 47. Parámetros fisicoquímicos del Afluente y el Efluente del Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA.	136
Tabla 48. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA.	137
Tabla 49. Cálculos de remoción	137
Tabla 50. Comparación de la Remoción con el Decreto 1594/84, Artículo 73.	138

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Registro Fotográfico Campo Rubiales	145
Anexo B. Formatos	150
Anexo C. Comportamiento de los parámetros físicos-químicos Plantas de tratamiento Campo Rubiales	155
Anexo E. Equipos de campo	180

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** SEGUIMIENTO A LOS PROYECTOS Y SERVICIOS AMBIENTALES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA ACI KRONOX INGENIERIA SAS EN RELACION AL RECURSO AGUA

**AUTOR(ES):** CARLOS FERNANDO ARENAS JIMENEZ

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** YOLANDA GAMARRA

### RESUMEN

La práctica empresarial realizada en la consultoría ambiental ACI KRONOX ingeniería S.A.S, tuvo como objetivo realizar seguimiento a los proyectos y servicios ambientales que desarrolló la empresa en el transcurso del primer semestre del 2015, en relación al recurso agua. Para cumplir este objetivo, se realizó un seguimiento a través de indicadores ambientales de calidad de agua según los decretos 1575 del 2007 y 1594 de 1984, y posteriormente se establecieron indicadores de cumplimiento para verificar la eficiencia ambiental de los proyectos, y el cumplimiento de los programas de monitoreo previamente establecidos. Los proyectos a los que se les realizó seguimiento corresponden a sistemas de tratamiento de empresas privadas ubicadas en el campo petrolero Campo Rubiales, en el municipio del Meta, en los municipios de Bucaramanga y Girón. Los resultados del seguimiento mostraron que los sistemas de tratamiento de las empresas evaluadas cumplieron con lo exigido en la normatividad ambiental para agua potable y residual, sin embargo el seguimiento de los programas de monitoreo de los sistemas en Campo Rubiales, se vieron afectados por factores externos como el precio del petróleo. También se realizó seguimiento a la elaboración de documentos requeridos para la obtención de permisos de vertimiento por parte de la autoridad ambiental, como fue la modelación de asimilación del cuerpo receptor del vertimiento del Lavadero Estación Cantabria mediante el software Aquatox. Los resultados de la modelación indicaron que los vertimientos del Lavadero Estación Cantabria no afectarán las características físico-químicas del cuerpo receptor.

**PALABRAS  
CLAVES:**

RECURSO HIDRICO, MONITOREO, INDICADORES AMBIENTALES,  
MODELACIÓN

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** MONITORING TO THE PROJECT AND ENVIRONMENTAL SERVICES DEVELOPED BY THE COMPANY ACI KRONOX ENGINEERING IN RELATION TO THE WATER RESOURCE.

**AUTHOR(S):** CARLOS FERNANDO ARENAS JIMENEZ

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** YOLANDA GAMARRA

### ABSTRACT

The business practice done in environmental consulting, engineering ACI KRONOX SAS, aimed to perform project monitoring and environmental services company that developed during the first half of 2015, in relation to water resources. To meet this objective, monitoring was conducted through environmental indicators of water quality according to the decrees 1575, 2007 and 1594 1984 and later performance indicators were established to verify the environmental efficiency of the projects and compliance monitoring programs previously established. The projects that were followed up, correspond to treatment systems private companies located in the Rubiales oil field in Meta department, and the municipalities of Bucaramanga and Giron. The monitoring results showed that the treatment systems of the evaluated companies complied with the requirements of environmental regulations for water and wastewater, however, the follow up to programs monitoring treatment systems in Campo Rubiales, were affected by external factors such as oil prices. Also were followed the preparation of documents required for obtaining permits for dumping by the environmental authority was conducted, as was the modeling of assimilation receptor shedding body Cantabria Laundry Station by Aquatox software. The modeling results indicated that the dumping of Cantabria Laundry Station will not affect the physicochemical characteristics of the receiving body

### KEYWORDS:

WATER RESOURCES, MONITORING, INDICATORS  
ENVIRONMENTAL, MODELING

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital, y a la vez necesario para todas las actividades antrópicas. Con el tiempo, la contaminación, producto de estas actividades, han generado daños importantes en los cuerpos de agua, afectando drásticamente la disponibilidad del preciado líquido. Es así, que en las últimas décadas, los países se han preocupado por crear normatividades que regulen la contaminación que se genera sobre los cuerpos de agua, a la vez que han surgido investigadores, profesionales y empresas que diariamente se ponen a la vanguardia para ofrecer soluciones a esta problemática.

En el caso de Colombia, se encuentra vigente el decreto 1594 de 1984 en relación al uso del agua y a los residuos líquidos, y se reglamenta parcialmente lo relacionado a estudios y monitoreos ambientales.

En lo referente a descontaminación de aguas, el Conpes 3177 de 2002 define el marco de lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR).

En materia de agua potable, está vigente el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007. En el primero se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de realizar seguimientos y monitoreos para prevenir los riesgos a la salud humana por uso o consumo, y en la resolución 2115 se contemplan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia en la calidad del agua potable para el consumo humano.

La empresa ACI Kronox Ingeniería S.A.S. es una empresa que proporciona servicios ambientales, además de consultorías e interventorías en el área ambiental.

En relación al recurso agua, la empresa ha tenido una amplia experiencia, desarrollando monitoreos y análisis de agua potable y residual, diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de tratamiento, estudios ambientales y asesorías en trámites y permisos ambientales en diferentes regiones del país.

La presente práctica se centrará en realizar seguimiento a los proyectos desarrollados por la empresa ACI Kronox relacionados con el recurso agua.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar seguimiento a los estudios ambientales desarrollados por la empresa ACI KRONOX, relacionados con el recurso agua.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer los programas de monitoreo de los proyecto verificando el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación de los Planes de Manejo Ambiental.
- Evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto de los proyectos, según la pertinencia de las medidas correctivas necesarias en cada caso particular.
- Efectuar seguimiento a los planes de contingencia, los cuales contendrán las medidas de prevención y atención de la emergencia que se puedan ocasionar durante la vida útil del proyecto.

## 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

**Figura 1. Logo ACI Kronox Ingeniería S.A.S**



Fuente: [acikronoxingenieria.com](http://acikronoxingenieria.com)

Laboratorios y Servicios Ambientales ACI Kronox Ingeniería S.A.S. es una empresa de Servicios Ambientales que asiste a la industria en el área de Consultoría, Interventoría, Ingeniería y Monitoreo.

La empresa cuenta con un equipo multidisciplinario de profesionales en diversas áreas relacionadas con el sector en Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Ingenieros Forestales, Biólogos, Dibujantes y Abogados Ambientalistas que enfocan sus esfuerzos en la generación de desarrollo, garantizando una labor en términos de satisfacción del cliente, trabajando por la seguridad industrial de los trabajadores y la preservación del entorno ambiental, con el propósito de brindar una respuesta eficiente y oportuna a las necesidades de las organizaciones.

---

<sup>1</sup> Empresa. ACI Kronox Ingeniería S.A.S. Disponible en: <http://www.acikronoxingenieria.com/empresa.html>

## **Portafolio de Servicios**

### **Servicios en ingeniería sanitaria y ambiental**

- Estudios de Impacto Ambiental.
- Tramite de Licencia Ambiental
- Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Industriales y Domésticas.
- Diseño de Plantas de Agua Potable.
- Levantamiento de Planos Hidrosanitarios.
- Planes de Contingencia y Análisis de Riesgos.
- Modelaciones de Ruido Ambiental.
- Modelación de Calidad del Aire para la Industria.
- Planes de Manejo y Cumplimiento Legal Ambiental.
- Evaluación y Remediación de Sitios Contaminados

### **Obras civiles ambientales**

- Diseño y Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales y Domésticas.
- Diseño y Construcción de Redes para Manejo de Aguas Industriales.
- Fabricación y alquiler de Container y equipos móviles.

### **Asistencia técnica**

- Asesorías legales en trámites ambientales.
- Programa de Gestión de Sustancias Químicas.
- Programa de Gestión Integral de Residuos Comunes y Peligrosos (PGIRS).
- Trámites de Permisos y Autorizaciones Ambientales.

- Representación Jurídica y Técnica ante Reclamos de la Entidad Ambiental y Comunidad.
- Programas de Producción Limpia.

- **Misión**

**ACI KRONOX INGENIERÍA S.A.S** tiene como misión monitorear y evaluar la calidad de aguas Industriales, Domésticas, Subterráneas y Superficiales, la calidad del aire, del ruido y de las propiedades del suelo; generar informes técnicos, elaborar estudios ambientales, diseñar sistemas de tratamiento y potabilización, suministrar personal para dirigir la operación, realizar capacitaciones ambientales, presentar servicios de salud ocupacional, servir de distribuidores de gran variedad de productos ambientales y de S&SO, y satisfacer las demás necesidades ambientales en la división industrial.

La empresa está comprometida con la excelencia, el mejoramiento continuo, desarrollo sostenible, seguridad industrial y salud ocupacional, producción más limpia, y presentación de servicios con eficiencia, integridad y puntualidad basados en calidad ética y preparación académica de su personal, brindando así una satisfacción a los clientes del sector público y privado, distribuidos a lo largo del territorio colombiano.

- **Visión**

Posicionar a "**LABORATORIOS Y SERVICIOS AMBIENTALES ACI KRONOX INGENIERÍA SAS**" en el 2016, como una empresa en Asesoría, Consultoría, Monitoreo Ambiental e Ingeniería dando a conocer una imagen dinámica, emprendedora, eficaz en sus metodologías, soluciones, gestión administrativa y financiera, adoptando continuamente estrategias de actualización tecnológica y satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

## Ubicación

La empresa ACI Kronox Ingeniería cuenta con una sede administrativa ubicada en la Cra 24 # 14- 39 del barrio San Francisco del municipio de Bucaramanga, identificada con NIT 900527070-3 ante la cámara de comercio.

**Figura 2. Ubicación sede administrativa ACI Kronox.**

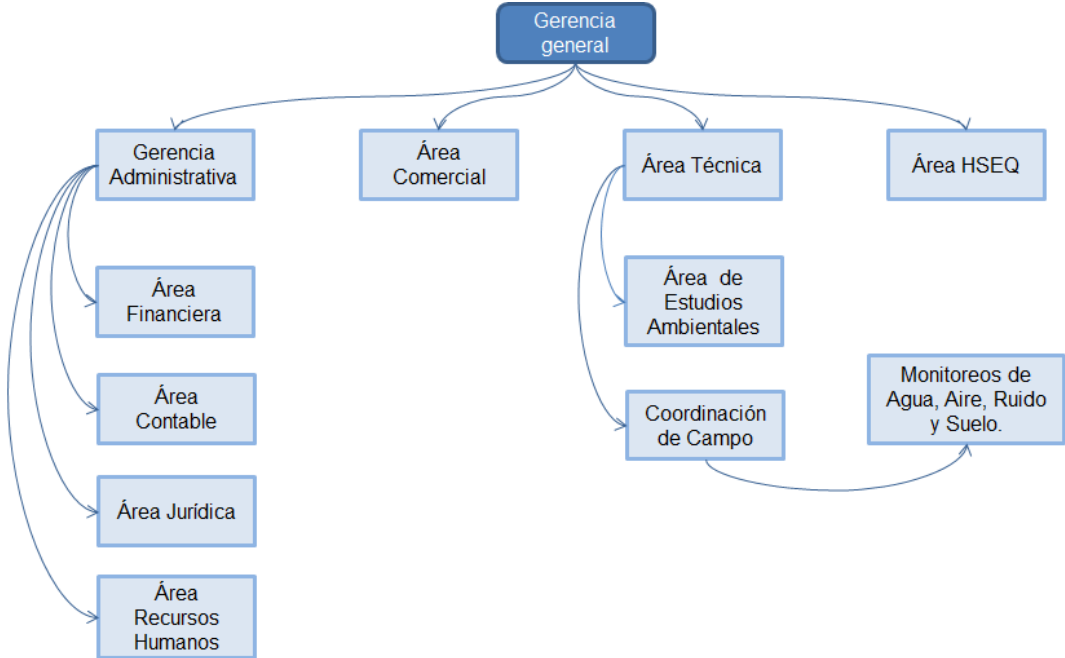


Fuente: Google maps

## Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa está encabezada por la gerencia general, de donde se desprenden la gerencia administrativa, el área comercial, técnica y el área de HSEQ. La gerencia administrativa coordina las áreas financiera, contable, jurídica y de recursos humanos. El área técnica comprende lo relacionado a los estudios ambientales y a los monitoreos de campo.

**Figura 3. Estructura organizacional ACI Kronox.**



Fuente: El autor

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO NORMATIVO

En el caso de Colombia, se encuentran vigentes los siguientes decretos y normativas para lo relacionado con aguas residuales.

- **El Decreto 1594 de 1984** en relación al uso del agua y a los residuos líquidos, y se reglamenta parcialmente lo relacionado a estudios y monitoreos ambientales. Derogado por el Artículo 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los artículos 20 y 21, donde se consideran las sustancias y los usuarios de interés sanitario.
- **El Decreto 3930 de 2010** que tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con el uso y ordenamiento del recurso hídrico, y los vertimientos a los cuerpos de agua, al suelo (cuando está relacionado con un acuífero) y a los alcantarillados. También dicta las disposiciones relacionadas a la obtención de los permisos de vertimiento para los generadores, y a los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos.
- **El Documento Conpes 3177 de 2002** en lo referente a descontaminación de aguas, define el marco de lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR), con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación. El documento define la problema actual de la contaminación hídrica en el país, las estrategias que se han adelantado y las acciones a realizar para el mejoramiento del recurso.

- **El Decreto 1575 de 2007**, en materia de agua potable, establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de realizar seguimientos y monitoreos para prevenir los riesgos a la salud humana por uso o consumo. Este decreto dispone los instrumentos y procesos básicos de control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para el consumo humano.
- **La Resolución 2115** se contemplan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia en la calidad del agua potable para el consumo humano. La resolución establece las características físicas y químicas que debe poseer el agua potable, y las características físico- químicas que pueden generar efectos adversos e implicaciones en la salud humana.

### **3.2 MARCO TEÓRICO**

#### **AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

Son todas aquellas aguas residuales que provienen de núcleos de población, de zonas comerciales públicas y recreativas. Las aguas residuales domésticas usualmente son vertidas a un sistema de alcantarillado público, de lo contrario, deben ser tratados en un sistema de tratamiento antes de ser finalizar en un cuerpo de agua receptor.

En general las aguas residuales domésticas tienen una composición similar.

Las aguas residuales domésticas, si son tratadas a la salida de una población, pueden contener agua residual de tipo industrial, ya que algunas industrias arrojan sus vertimientos al sistema de alcantarillado público.

El agua residual doméstica tiene las siguientes características físicas, constituyentes, químicas y biológicas:

- Olor
- Color
- Sólidos suspendidos y disueltos
- Temperaturas
- Carbohidratos
- Grasas y aceites
- Proteínas
- Agentes tenso activos
- Alcalinidad
- Cloruros
- Nitrógeno
- Fosforo
- Azufre
- Metano
- Sulfuro de hidrógeno
- Protistas
- Bacterias
- Virus

Para la depuración de las aguas residuales es necesario utilizar como primera medida un tratamiento físico o primario como cribado, floculación, sedimentación, flotación o filtración. Posterior a esto es necesario aplicar un tratamiento secundario, el cual generalmente es de tipo biológico, y tiene el fin de eliminar la materia orgánica del agua.

Según el contenido de contaminantes del agua residual y las exigencias para el vertimiento, se hace necesario realizar un tratamiento terciario, el cual busca eliminar del agua elementos y compuestos específicos. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> (Sans, 1989)

**Tabla 1. Composición típica de las aguas residuales domésticas**

Constituyente	Concentración		
	Alta	Baja	Media
Sólidos totales	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables (ml/l)	20	10	5
Demanda Bioquímica de oxígeno a 5 días y a 20° (DBO5 a 20°)	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda Química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo total (como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad	200	100	50
Grasa	150	100	50

Fuente: Sans, 1989.

## AGUA POTABLE

El agua potable corresponde a un agua de calidad media que puede ser consumida sin ningún inconveniente por el hombre y que a la vez responda a las exigencias de calidad del consumidor medio.

Cada país posee una normatividad que es prácticamente obligatoria en relación a la calidad del agua potable. En el caso de Colombia, el Decreto 1575 del 2007 establece los parámetros y límites permisibles para diversas sustancias en agua potable.

Adicionalmente existen normas internacionales como las Normas de la Organización Mundial de la Salud las cuales tienen una función de recomendación y referencia para la normatividad de cada país.<sup>2</sup>

En las tablas se encuentran las características físicas y químicas del agua apta para consumo humano junto con los valores máximos permisibles.<sup>3</sup>

### Tabla 2. Características Físicas

Fuente: Minambiente, 2007.

### Tabla 3. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Constante (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

---

<sup>2</sup> (Gomella, 1977)

Fuente: Minambiente, 2007.

**Tabla 4. Características químicas que tienen implicaciones en la salud humana**

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo metal	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos (HAP)	HAP	0,01

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones en la salud humana</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0

Fuente: Minambiente, 2007.

## **PLAN DE SEGUIMIENTO**

Un plan de seguimiento consiste en una serie de acciones e indicadores de evaluación, enfocadas al cumplimiento de las metas establecidas en el plan de manejo ambiental, para las diferentes etapas de un proyecto.

El seguimiento de un proyecto inicia con la verificación del cumplimiento de las acciones establecidas en el plan de manejo ambiental. La verificación se realiza a través de los indicadores de evaluación y/o cumplimiento. Posteriormente se incluyen recomendaciones a partir de los hallazgos encontrados, para que el propietario del proyecto pueda realizar las medidas correctivas necesarias.<sup>3</sup>

## **PLAN DE MONITOREO**

Un plan de monitoreo ambiental es el conjunto de observaciones, mediciones y evaluaciones que se realizan de manera constante a la construcción y operación de un proyecto, para determinar los impactos y/o efectos ambientales que se generan.

Los monitoreos están enfocados a medir el comportamiento de la calidad de los elementos (aire, agua, suelo, niveles de ruido, erosión, caudales, etc.) en el área de influencia del proyecto

Según Ineca Ltda. (2009), los objetivos del plan de monitoreo de un Plan de manejo ambiental son:

- Establecer puntos exactos de monitoreo para cada uno de los componentes afectados por el proyecto.
- Seleccionar los parámetros de monitoreo que permitan el seguimiento de las medidas de manejo ambiental implementadas.
- Definir el procedimiento de recolección, análisis e interpretación de los datos obtenidos en los monitoreos.

- Definir lugar y momento de ejecución de los estudios que servirán como base para las labores de seguimiento y monitoreo del manejo ambiental de los componentes afectados.
  - Establecer los costos de monitoreo y seguimiento por componente ambiental.
- El alcance del plan de monitoreo debe incluir los componentes biótico, abiótico, socioeconómico y cultural. Dentro de su contenido deben estar establecidos los siguientes aspectos:

- Objetivo.
- Actividades a desarrollar.
- Recolección, análisis e interpretación de datos.
  - Puntos de monitoreo.
  - Análisis de laboratorio.
  - Metodología para la toma, preservación, transporte y análisis de laboratorio.
  - Informe para reporte de datos del monitoreo.
- Momento de ejecución.
- Lugar de ejecución.
- Costos.<sup>3</sup>

## **INDICADORES DE GESTION AMBIENTAL**

Son indicadores que reflejan las acciones organizativas que una empresa lleva a cabo para reducir el impacto ambiental en sus actividades y proyectos.

Los indicadores de gestión se basan en un vasto número de datos y cifras medioambientales que se requieren controlar y gestionar para obtener información concisa que represente el desempeño ambiental de la empresa o del proyecto.

---

<sup>3</sup> (UNAD)

Esta información permite una evaluación de las principales mejoras o de los puntos débiles de la gestión ambiental.

Entre las principales funciones de los indicadores de gestión ambiental se encuentran:

- Detectar potenciales oportunidades de mejora
- Obtener y perseguir metas medioambientales
- Identificar oportunidades de mercado y potenciales de reducción de costos
- Evaluar el impacto medioambiental de la empresa
- Proporcionar datos esenciales para informes y declaraciones medioambientales exigibles
- Favorecer la implementación de ISO 14001

### **Como establecer indicadores de Gestión**

El establecimiento de indicadores de gestión puede realizarse mediante un método de cinco etapas:

- 1) **Análisis de situación/Inventario:** En esta etapa se busca identificar los impactos medioambientales generados por las actividades y proyectos de la empresa. En esta identificación se incluye la situación ambiental del entorno, así como las exigencias externas.
- 2) **Establecimiento del sistema de indicadores:** A partir de la etapa anterior, se identifican los puntos de atención para la empresa. De acuerdo a las metas que tenga la empresa, se establecen los indicadores para aquellas áreas en donde la empresa puede influir directamente. Se deben tener indicadores específicos para la gestión de cada una de las áreas

3) **Recopilación de datos y determinación de indicadores:** Para una correcta recopilación de datos de los indicadores de gestión se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Descripción clara del indicador
- Unidades de medición del indicador
- Fuentes de datos
- Factores de conversión que resulten necesarios
- Frecuencia de determinación de los indicadores
- Responsabilidad de la recopilación de datos
- Establecimiento de indicadores medioambientales absolutos y relativos.

4) **Aplicación de los indicadores:** Los indicadores se establecen con el fin de medir y mejorar la gestión ambiental que está realizando la empresa. De esta manera, se hace necesario que los indicadores puedan ser utilizados por los departamentos, áreas o proyectos individuales para realizar el control y seguimiento de los impactos ambientales. La obtención de datos debe limitarse a cierta cantidad con el fin de visualizar la información más importante y concisa acerca de la gestión

5) **Revisión del sistema de indicadores:** El sistema de indicadores debe ser revisado periódicamente para verificar si siguen siendo apropiados y efectivos en la gestión ambiental, o si es necesario realizar ajustes y cambios.

La revisión de los indicadores se puede realizar respondiendo preguntas como:

- ¿Reflejan de forma adecuada los indicadores disponibles los impactos ambientales de la empresa?
- ¿Pueden desarrollarse o utilizarse nuevos o mejores indicadores ambientales?

- ¿Pueden incrementarse la calidad y la fiabilidad de la recopilación de datos?
- ¿Se dispone de recursos suficientes para establecer indicadores ambientales?
- ¿Se determinan los indicadores con la suficiente frecuencia?
- ¿Permiten los indicadores que se cuantifiquen los objetivos ambientales?

### **Utilidad de los indicadores de gestión ambiental**

- Ahorro de costos: Optimización de materias primas y energía, disminución de costos de residuos y emisiones, reducción de riesgos laborales y minimización de costos por compensaciones ambientales.
- Ventajas de competitividad: Buena imagen para la empresa, y mejoramiento de las relaciones con los agentes externos.
- Cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.<sup>4</sup>

### **PLAN DE EMERGENCIAS Y DE CONTINGENCIAS:**

El Plan de Contingencias es el instrumento principal para identificar los factores de riesgo que pueden asociarse a un proyecto, y determinar los sistemas de organización y los respectivos procedimientos generales para enfrentar situaciones de desastre o emergencia de forma oportuna y eficaz. El Plan de Contingencia busca prevenir, minimizar y mitigar los efectos lesivos que se pueden al proyecto por la ocurrencia de las situaciones de emergencia.<sup>5</sup>

### **PROGRAMA DE MODELACION AQUATOX**

---

<sup>4</sup> (Gonzalez, 2012)

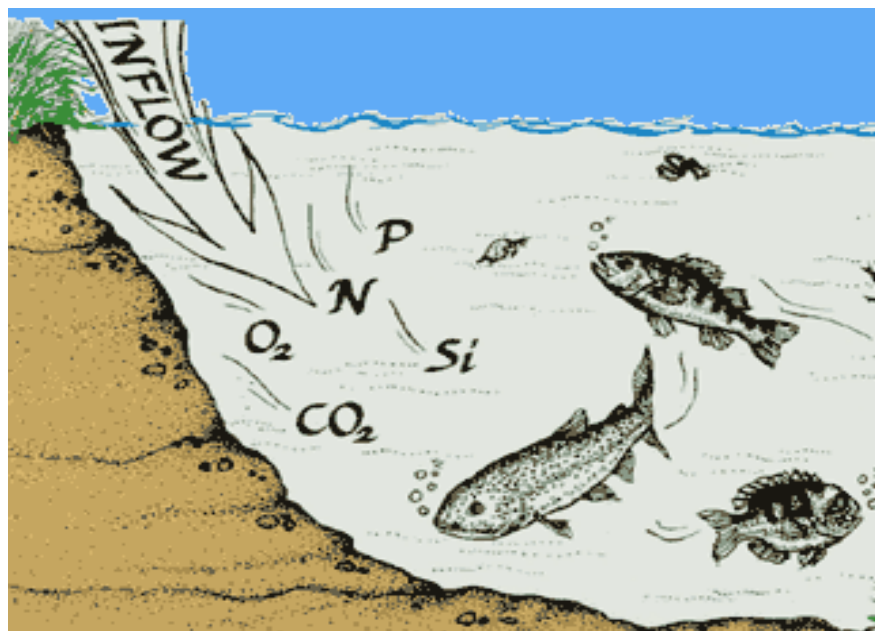
<sup>5</sup> (Torres, 2013)

El programa AQUATOX es un modelo para simular sistemas acuáticos. AQUATOX predice en el tiempo los estados varios contaminantes, así como de los nutrientes y productos químicos orgánicos, y sus efectos sobre el ecosistema, incluidos los peces, invertebrados y plantas acuáticas.

Este software representa una herramienta valiosa para ecologistas, biólogos, y modeladores de calidad de agua, y para aquellos que participan en la evaluación de riesgos ecológicos en los ecosistemas acuáticos.

El programa fue diseñado como un modelo para el uso de los analistas ambientales, ya que permita realizar modelos químico-dinámicos de los ecosistemas acuáticos.

**Figura 4. Modelo AQUATOX: Destino de varios contaminantes y su afectación en la vida acuática.**

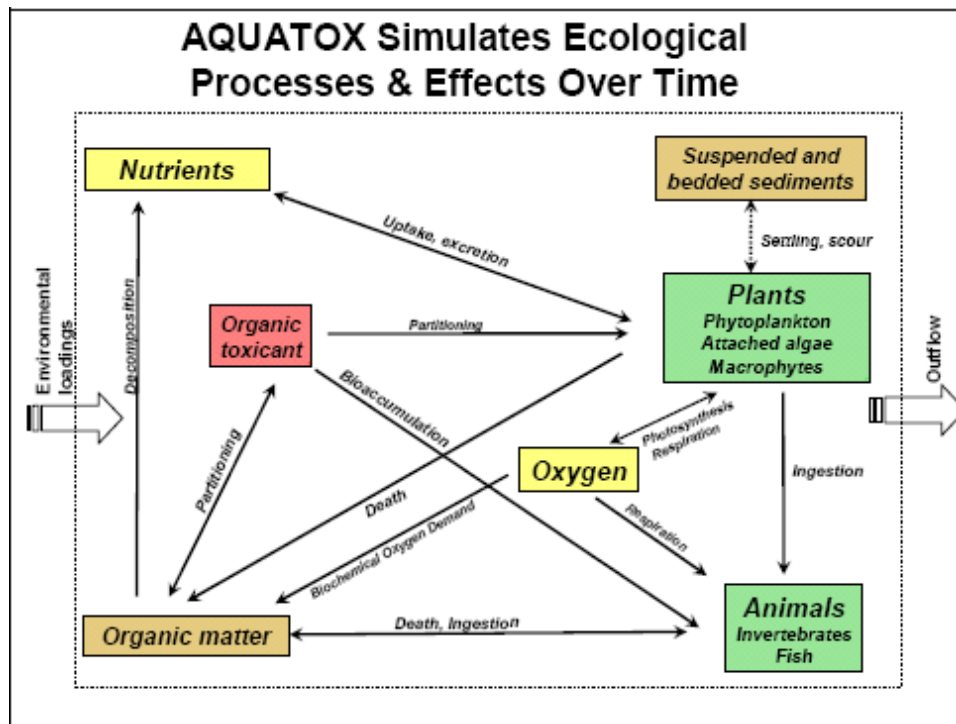


Fuente: (EPA), 2015.

AQUATOX simula la transferencia de biomasa y compuesto químicos de una parte del ecosistema a otra. Esto lo hace debido a que el programa realiza simultáneamente cálculos de procesos químicos y biológicos en el tiempo.

AQUATOX simula múltiples factores de estrés ambiental (incluyendo nutrientes, cargas orgánicas, sedimentos, productos químicos tóxicos y temperatura). De igual forma es posible proyectar los efectos de los factores de estrés sobre las comunidades de algas, macrófitas, invertebrados y peces. AQUATOX puede ayudar a identificar y entender las relaciones de causa y efecto entre la calidad química del agua, el medio ambiente físico y la vida acuática. Puede representar una variedad de ecosistemas acuáticos, incluyendo lagos verticalmente estratificados, embalses, lagunas, ríos, arroyos y estuarios.<sup>6</sup>

**Figura 5. AQUATOX Simula procesos ecológicos y sus efectos en el tiempo.**



Fuente: EPA, 2015.

## Longitud de Mezcla

<sup>6</sup> (EPA, 2015)

Una de las principales aplicaciones en el análisis de la descarga de un vertimiento es una corriente de agua superficial. Tales descargas pueden incluir los vertimientos de plantas de tratamiento de aguas residuales, alcantarillados combinados o aguas de escorrentía provenientes de actividades agrícolas y urbanas.

Cuando se trata de descargas puntuales es necesario determinar la distancia en la corriente a la cual el vertimiento se mezcla completamente con las aguas de la corriente. Esto se conoce comúnmente como longitud de mezcla ( $L_m$ ) y su aplicación más importante es en la ubicación de las estaciones de muestreo pues estas se deben localizar después de  $L_m$  para tener en cuenta el efecto de dilución. Si la determinación indica que el efluente no se mezcla completamente en el punto de la descarga, entonces es necesario evaluar la zona dentro de la cual ocurre la mezcla incompleta. Tal mezcla incompleta normalmente ocurre en sistemas de ríos grandes, donde se descarga en un lado del río. El orden de magnitud de la distancia desde la descarga de una fuente puntual hasta la zona donde la mezcla es completa como el dado por Yotsukura (1968):

$$L_m = \frac{aUB^2}{H}$$

Dónde:

$L_m$  = distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se ha mezclado bien lateralmente, m

$U$  = velocidad promedio del río, m/s

$B$  = ancho promedio del río, m

$H$  = profundidad promedio del río, m

$a$  = 8,5 para una descarga lateral y 4,3 para una descarga en medio río

Para obtener la longitud de la zona de mezcla mediante la ecuación es necesario realizar el aforo del cuerpo de agua (perfil de velocidades) para calcular la velocidad, el ancho y la profundidad promedios.

La cantidad de oxígeno disuelto, en función del tiempo de transporte, se puede obtener a partir de la integración de la siguiente ecuación.

$$D_t = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

Dónde:

$D_t$  = Déficit de oxígeno disuelto en el tiempo  $t$ , mg/L.

$L_0$  = DBO última en el punto de descarga mg/L.

$T$  = Tiempo de transporte, días.

$D_0$  = Déficit Inicial de oxígeno disuelto mg/L.

$K_1$  y  $K_2$  = Constantes de aireación y desoxigenación respectivamente,  $\text{día}^{-1}$

Después de la descarga, el tiempo en que se presenta el oxígeno mínimo o tiempo crítico ( $t_c$ ) se puede obtener derivando de la siguiente ecuación:

$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \left( \frac{k_2}{k_1} \left( 1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{k_1 L} \right) \right)$$

### **Descarga Puntual Específica - Dilución en el Punto de la Descarga**

Se considera ahora el área donde el efluente está completamente mezclado en la sección transversal y el flujo de dilución puede ser estimado.

Un principio importante en el análisis de sustancias tóxicas es: En la práctica, para la mayoría de los problemas, la concentración máxima de la sustancia tóxica de una descarga puntual específica será en el punto de la descarga.

Entonces un balance de masa de la sustancia química en el punto de descarga será el siguiente:

$$c = \frac{Q_u c_u + Q_e c_e}{Q_u + Q_e}$$

Dónde:

$Q_u$  y  $C_u$  son el flujo y concentración aguas arriba del río, respectivamente,  $Q_e$  y  $C_e$  son el flujo y la concentración del efluente, respectivamente, siendo  $c$  la concentración en el río después de la mezcla. Esta ecuación es fundamental para los modelos simplificados de sustancias tóxicas descargadas de una fuente puntual y provee un estimado inicial para la concentración máxima que se espera en el río. Es aplicable a contaminantes conservativos.

### **Modelación de la Concentración de Oxígeno Disuelto (Streeter and Phelps)**

Se trata de un modelo matemático mediante el cual se determina la evolución, a lo largo de un río, de la materia orgánica biodegradable que se vierte en un punto del mismo y la concentración de oxígeno disuelto que se deriva de ello. El modelo es en estado estacionario, por lo que se asume que todas las características del vertido y del río permanecen constantes con el tiempo. Se trata del modelo Básico porque la materia orgánica es considerada como un único elemento, el oxígeno disuelto sólo depende de la re aireación superficial y del consumo bacteriano producido al ser degradada dicha materia orgánica.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> (Aguado Garcia, 2009)

El modelo de Streeter y Phelps predice los cambios en el déficit de oxígeno como una función de la DBO ejercida y de la reaireación de la corriente. Cuando el agua que contiene materia orgánica biodegradable está expuesta al aire, absorbe oxígeno de la atmósfera para remplazar el oxígeno disuelto que se consume en satisfacer la DBO. Los procesos de desoxigenación y reoxigenación ocurren simultáneamente. Si la velocidad de desoxigenación es más rápida que la velocidad de reoxigenación, se incrementa el déficit de oxígeno. Si el contenido de oxígeno es cero, no se pueden mantener condiciones aerobias y se presentarán condiciones sépticas. El *déficit de oxígeno* es la diferencia entre la concentración de oxígeno en equilibrio (o concentración de saturación) y la concentración real a la temperatura local, es decir:

$$D = C_s - C$$

D: Déficit de Oxígeno

C<sub>s</sub>: Concentración de saturación oxígeno

C: Concentración de oxígeno a temperatura In situ.

Ecuación de Streeter - Phelps

$$OD = OD_S - \left[ \frac{K_d L_0}{K_r - K_d} (e^{-K_d t} - e^{-K_r t}) + D_0 \cdot e^{-K_r t} \right]$$

Dónde:

K<sub>d</sub> = Constante de desoxigenación (días<sup>-1</sup>)

K<sub>r</sub> = Constante de Aireación (días<sup>-1</sup>)

L<sub>0</sub> = DBO final o ultima mezcla de agua corriente más agua residual en el punto de descarga (mg/L)

T = Tiempo (días)

D<sub>0</sub> = Déficit de Oxígeno<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> (Nemerow, 1998)

## **4. METODOLOGÍA**

Para cumplir con el objetivo de realizar seguimiento a los proyectos y servicios ambientales desarrollados por la empresa ACI Kronox Ingeniería S.A.S. en relación al recurso agua se utilizó la siguiente metodología:

- **Evaluación del desempeño ambiental de los proyectos mediante indicadores**

Para realizar esta evaluación, como primer paso se procedió a realizar la revisión de los planes de manejo ambiental, con el fin de establecer los programas de monitoreo.

Posteriormente se realizaron los muestreos de aguas, la toma de parámetros In Situ, y la toma de muestras para el posterior análisis de laboratorio, de acuerdo a los parámetros requeridos por la autoridad ambiental.

Los resultados obtenidos, se analizaron, y se evaluó la tendencia del desempeño ambiental de los proyectos. Adicionalmente, se utilizaron indicadores de cumplimiento para obtener un porcentaje de eficiencia en el tiempo.

- **Establecimiento de programas de monitoreo**

Dentro de las actividades realizadas en esta práctica empresarial, se estableció el programa de monitoreo para el año 2015 para las plantas de tratamiento de la empresa J'S Servipetrol en el campo petrolero Campo Rubiales, en el departamento del Meta. En el programa se dispuso la frecuencia y los puntos de muestreo, los parámetros a analizar, o tras disposiciones relacionadas. Este programa se estableció a partir del programa anterior utilizado en el año 2014.

A partir de este programa, se realizó el respectivo seguimiento mediante indicadores de cumplimiento.

- **Seguimiento a plan de contingencia**

Para la realización de este seguimiento se estableció una tabla dividida para tres diferentes aspectos del plan de contingencia. En la tabla se dispusieron preguntas, en relación a cada aspecto, y casillas de calificación para verificar el estado del plan. A partir de la calificación de cada ítem, se estableció una calificación total para cada aspecto. De acuerdo a estas calificaciones se proponen recomendaciones correctivas.

## 5. ACTIVIDADES

Las actividades desarrolladas dentro de la práctica estuvieron enfocadas al seguimiento de plantas de tratamiento de diferentes empresas que han contado con los servicios de monitoreo y seguimiento de la empresa ACI Kronox Ingeniería S.A.S. De esta forma el presente informe se divide en tres partes desarrolladas por el autor. En la primera parte se muestran los resultados del seguimiento a las plantas de tratamiento de la empresa de servicios a la industria petrolera, J'S Servipetrol, en Campo Rubiales Meta. En la segunda parte, se registran los resultados de una modelación de parámetros físico-químicos realizado con el programa AQUATOX, para el cuerpo de agua receptor de los vertimientos del Lavadero Estación Cantabria del municipio de Girón. Finalmente se registra la evaluación y caracterización de los vertimiento del lavadero Center Car, la estación de servicio La Colombia, y el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario IMPEC Reclusión de mujeres de Bucaramanga.

- **Establecimiento de programas de monitoreo**

**Revisión del plan de manejo ambiental:** Se revisaron las obligaciones ambientales del proyecto según el plan de manejo ambiental, con el fin de estructurar los programas de monitoreo.

**Elaboración de los programas de monitoreo:** Se elaboraron los programas de monitoreo para las plantas de tratamiento de aguas residuales y potable, según el plan de manejo ambiental y la información recolectada.

**Evaluación mediante indicadores de cumplimiento:** Se realizó una evaluación del cumplimiento de los programas de monitoreo, mediante indicadores de

cumplimiento que indican el porcentaje de muestreos y mantenimientos realizados, y el porcentaje de parámetros aprobados.

- **Evaluación del desempeño ambiental de los proyectos mediante indicadores**

**Realización de muestreos de campo:** Se realizaron muestreos de campo mensualmente para cada una de las plantas de tratamiento en Campo Rubiales, tomando los parámetros In Situ, y las muestras necesarias para el análisis de los parámetros de laboratorio.

**Evaluación del desempeño de las plantas:** Se realizó una evaluación mensual de los parámetros In Situ y de laboratorio para verificar el desempeño ambiental de acuerdo a la normatividad vigente.

**Seguimiento de tendencias:** Se realizó el seguimiento tendencial de los parámetros mediante gráficas, para observar el comportamiento en el tiempo de las plantas de tratamiento.

**Evaluación de indicadores:** Se evaluó mediante indicadores el porcentaje de cumplimiento en el tiempo según la normatividad, de los parámetros medidos.

- **Seguimiento a planes de contingencia**

**Documentación:** Se recolectó información relacionada a la auditoría y seguimiento de planes de contingencia, y sobre la existencia y el estado de un plan para las plantas de tratamiento.

**Elaboración de tablas de seguimiento:** Se elaboraron tablas de seguimiento para analizar y verificar el estado actual, y los aspectos a mejorar respecto al plan de contingencia de las plantas de tratamiento, en sus diferentes aspectos.

**Evaluación:** De acuerdo a la metodología de seguimiento propuesta, se evaluaron los ítems y los aspectos del plan de contingencia para establecer indicadores de cumplimiento.

## PARTE I

### 6. SEGUIMIENTO A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA J'S SERVIPETROL EN CAMPO RUBIALES META

Dentro de los proyectos a los que se les hizo seguimiento en la presente práctica, se encuentran las plantas de tratamiento de la empresa J'S Servipetrol en Campo Rubiales Meta. La empresa ACI Kronox Ingeniería S.A.S. se encarga de monitorear y realizar el seguimiento a estas plantas de tratamiento.

#### 6.1 EMPRESA CONTRATANTE

La empresa contratante es la empresa J'S Servipetrol la cual se encuentra ubicada en la Vereda Río Frío del municipio de Floridablanca, en el Km 5,5 anillo vial. Esta empresa ofrece servicios al sector petrolero, desempeñando acciones de fabricación y montaje de la infraestructura necesaria para los campamentos petroleros, como unidades móviles, tanques de almacenamiento y plantas de tratamiento.

**Figura 6. Plantas de tratamiento J'S Servipetrol.**



Fuente: <http://www.jsservipetrol.com/>

## 6.2 PROYECTOS DE J'S SERVIPETROL

La empresa J'S Servipetrol como contratista de la empresa petrolera Pacific Rubiales Energy, dispone de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas , y plantas potabilizadoras en los campamentos Quifa 2, Ambar 2, Ambar 46, y Opalo 6 de campo Rubiales, en el departamento del Meta.

**Figura 7. Campo Rubiales**



Fuente: <http://cedetrabajo.org/>

En la Tabla 5. Se muestra la distribución de las plantas de tratamiento de aguas residuales (R) y potable (P) para enero del presente año, ya que en el transcurso del primer semestre del 2015, debido a la disminución del precio del barril del petróleo, se detuvieron algunos proyectos en el campo petrolero, y esto causo el desmantelamiento de algunos campamentos.

**Tabla 5. Distribución plantas de tratamiento de agua residual y potable de la empresa J'S Servipetrol en Campo Rubiales.**

<b>RUBIALES</b>								
<b>CAMPAMENTO</b>	<b>QUIFA 2.</b>		<b>AMBAR 2.</b>		<b>AMBAR 46.</b>		<b>OPALO 6.</b>	
<b>TIPO DE PLANTA</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>P</b>	<b>R</b>
<b>NUMERO DE PLANTA</b>	2	3	2	2	1	1	0	1

Fuente: El autor.

## **7. SEGUIMIENTO A LOS PROGRAMAS DE MONITOREO**

### **7.1 DIAGNOSTICO**

El primer paso para realizar el seguimiento a las plantas de tratamiento, fue identificar la existencia de un programa de monitoreo establecido con las metas, y las actividades a desarrollar en el transcurso de la operación de las plantas. En base a que no se tenía establecido un programa, se procedió a la creación del programa donde se plasmó las actividades que se iban a realizar en relación a los muestreos de cada una de las plantas de tratamiento, los parámetros a evaluar según la norma ambiental, y los objetivos de acuerdo a las obligaciones del plan de manejo ambiental de los proyectos de J'S Servipetrol en Campo Rubiales, para tener una forma de medir la eficiencia ambiental de las plantas de la empresa J'S Servipetrol, y el desarrollo del Programa de monitoreo por parte de la empresa ACI Kronox Ingeniería.

### **7.2 ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMA DE MONITOREO PLANTAS DE TRATAMIENTO J'S SERVIPETROL**

El programa de monitoreo elaborado por el autor, se estableció en un programa general denominado Programa de monitoreo del medio físico, y subdividido en Programa de monitoreo y seguimiento de aguas residuales domésticas, y Programa de monitoreo y seguimiento de agua potable.

**Tabla 6. Programa de monitoreo y seguimiento del medio físico**

NOMBRE	PROGRAMA
PROGRAMA DE MONITOREO DEL MEDIO FÍSICO	Programa de monitoreo y seguimiento de aguas residuales domésticas
	Programa de monitoreo y seguimiento de agua potable

### **7.2.1. Programa de monitoreo y seguimiento de agua residuales domesticas**

#### **Objetivos**

- Verificar la efectividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la determinación de los porcentajes de remoción.
- Realizar el 100% de los muestreos propuestos en el programa de monitoreo.
- Determinar la eficiencia de remoción, mediante comparaciones estadísticas y análisis de tendencias, para monitorear el comportamiento de los sistemas de tratamiento y tomar medidas correctivas en caso de ser necesario.

#### **Impacto a evaluar**

- Contaminación de corrientes superficiales y subterráneas

#### **Etapas del proyecto**

- Durante la operación del proyecto

## Actividades

El seguimiento de las características de los vertimientos de las aguas residuales domésticas se hará de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 o normatividad ambiental vigente, donde se verificará los porcentajes de remoción y el cumplimiento de la norma.

Los muestreos se realizan de forma periódica como lo indica la Tabla 3. Los puntos de análisis corresponderán a los afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual doméstica. Para la toma de muestras se seguirá un protocolo establecido y basado en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM. En todos los puntos se tomarán los parámetros in situ (temperatura ambiente, temperatura del agua, pH y conductividad). Al tomar las muestras, se deben tomar medidas de conservación adecuadas, hasta la recepción en el laboratorio.

Los puntos de muestreo se deben georreferenciar mediante GPS y describir las características del entorno. Las plantas de tratamiento y dispositivos en función, deben ser sometidas a mantenimiento periódico con el fin de garantizar el buen funcionamiento, y la eficiencia en la remoción de cargas contaminantes.

Los análisis de laboratorio se harán de acuerdo a los procedimientos establecidos en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”.

**Tabla 7. Criterios para los efluentes de las plantas de tratamiento**

PARAMETROS	CRITERIOS
Conductividad	*
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Remoción > 80%
Demanda química de Oxígeno	*
Grasas y Aceites	Remoción > 80%

PARAMETROS	CRITERIOS
Oxígeno Disuelto	*
pH	5,0 – 9,0
Temperatura	T° <40 °C
Sólidos Suspendidos	Remoción > 80%
Cloruros	250
Tensoactivos	*
Coliformes totales	*
Coliformes Fecales	*

Fuente: El autor

Los parámetros a evaluar en el agua residual doméstica y la frecuencia de los muestreos se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8. Parámetros y frecuencias de los muestreos a realizar**

	Parámetros	Frecuencia
Agua residual doméstica	Conductividad	Mensual
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	
	Demanda química de Oxígeno	
	Grasas y Aceites	
	Oxígeno Disuelto	
	pH	
	Temperatura	
	Sólidos Suspendidos	
	Cloruros	
	Tensoactivos	
	Coliformes totales	
	Coliformes Fecales	

Fuente: El autor

## **Indicadores**

- (%) Muestreos realizados:  $\text{Muestreos realizados de aguas residuales} \cdot 100 / \text{Total de muestreos requeridos}$ .
- (%) Cumplimiento por sistema de tratamiento monitoreado:  $\text{Número de parámetros que cumplen con la norma de remoción para el sistema de tratamiento monitoreado} \cdot 100 / \text{Total de parámetros analizados para el sistema de tratamiento monitoreado}$
- % de cumplimiento en el mantenimiento de los sistemas:  $\text{Número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas con mantenimiento} / \text{Número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas instalados} \cdot 100$

## **Cronograma**

La frecuencia de los monitoreos se realizara de forma mensual para cada planta de tratamiento de agua residual. Los muestreos serán compuestos y se efectuaran cada hora durante 24 horas.

## **Responsables**

Propietarios del proyecto y contratistas de infraestructura

Fuente: El autor

## **7.2.2 Programa de monitoreo y seguimiento de agua potable**

### **Objetivos**

- Verificar la efectividad de las plantas de tratamiento de agua potable mediante la determinación del cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma para agua de consumo humano.
- Realizar el 100% de los muestreos propuestos en el programa de monitoreo.
- Determinar la eficiencia en la potabilización de agua, mediante comparaciones estadísticas y análisis de tendencias, para monitorear el comportamiento de los sistemas de tratamiento y tomar medidas correctivas en caso de ser necesario.

### **Impacto a evaluar**

- Abastecimiento de agua para consumo humano.

### **Etapas del proyecto**

- Durante la operación del proyecto

### **Actividades**

El seguimiento de las características del agua potable se hará de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 o normatividad ambiental vigente, donde se verificará el cumplimiento de los parámetros necesarios para agua apta para consumo humano.

Los muestreos se realizan de forma periódica como lo indica la tabla. Los puntos de análisis corresponderán a las salidas de las plantas de tratamiento de agua potable. Para la toma de muestras se seguirá un protocolo establecido y basado en la Guía para el monitoreo de agua potable IDEAM. En todos los puntos se tomarán los parámetros in situ (temperatura ambiente, temperatura del agua, pH y conductividad). Al tomar las muestras, se deben tomar medidas de conservación adecuadas, hasta la recepción en el laboratorio.

Los puntos de muestreo se deben georreferenciar mediante GPS y describir las características del entorno. Las plantas de tratamiento y dispositivos en función, deben ser sometidas a mantenimiento periódico con el fin de garantizar el buen funcionamiento, y la eficiencia en la potabilización de agua.

Los análisis de laboratorio se harán de acuerdo a los procedimientos establecidos en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

**Tabla 9. Criterios para agua apta para el consumo humano**

PARAMETROS	CRITERIOS
Acidez	*
Temperatura	Temperatura < 40°C
Cloro Residual Libre	0,3- 2,0
Aluminio	0,2
Alcalinidad Total	200
Calcio	60
Cloruros	250
Color Aparente	15
Conductividad	1000
Dureza total	300
Fosfatos	0,5
Hierro Total	*
Magnesio	36
Manganeso	0,1

Molibdeno	0,07
Nitritos	0,1
Sulfatos	250
Zinc	3
Oxígeno Disuelto	*
pH	6,5 – 9,0
Turbiedad	2
Coliformes Fecales	0
Coliformes Totales	0

Fuente: El autor

Los parámetros a evaluar en el agua potable y la frecuencia de los monitoreos se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10. Parámetros y frecuencias de los muestreos a realizar**

	Parámetros	Frecuencia
Agua Potable	<b>Acidez</b>	Mensual
	<b>Temperatura</b>	
	<b>Cloro Residual Libre</b>	
	<b>Aluminio</b>	
	<b>Alcalinidad Total</b>	
	<b>Calcio</b>	
	<b>Cloruros</b>	
	<b>Color Aparente</b>	
	<b>Conductividad</b>	
	<b>Dureza total</b>	
	<b>Fosfatos</b>	
	<b>Hierro Total</b>	
	<b>Magnesio</b>	
	<b>Manganeso</b>	
	<b>Molibdeno</b>	
<b>Nitritos</b>		
<b>Sulfatos</b>		

	Zinc	
	Oxígeno Disuelto	
	pH	
	Turbiedad	
	Coliformes Fecales	
	Coliformes Totales	

Fuente: El autor

## Indicadores

- (%) Muestreos realizados: Muestreos realizados de calidad de agua potable \*100/Total de muestreos requeridos.
- (%) Cumplimiento por sistema de tratamiento monitoreado: Número de parámetros que cumplen con la norma para sistema de tratamiento de agua potable monitoreado\*100/Total de parámetros analizados para el sistema de tratamiento monitoreado.
- % de cumplimiento en el mantenimiento de los sistemas: Número de sistemas de tratamiento de agua potable con mantenimiento/ Número de sistemas de tratamiento de agua potable instalados \*100

## Cronograma

La frecuencia de los monitoreos se realizara de forma mensual para cada plata de tratamiento de agua potable. Los muestreos se realizaran de forma puntual.

## Responsables

Propietarios del proyecto y contratistas de infraestructura

Fuente: El autor

### 7.3 RESULTADOS DE INDICADORES

De acuerdo al programa de monitoreo para las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, se programó un muestreo mensual para cada planta de tratamiento como se muestra en la tabla 11. Según el programa, los muestreos previstos para las plantas de tratamiento de agua potable fueron 25, y para las plantas de tratamiento de agua residual fueron 35.

#### 7.3.1 Monitoreos

En la tabla 11 se registra el total de monitoreos previstos para el periodo de enero a mayo en Campo Rubiales, teniendo 25 monitoreos para las plantas de agua potable, y 35 para aguas residuales, con un total de 60 monitoreos.

**Tabla 11. Muestreos previstos periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales**

RUBIALES								
MES.	QUIFA 2.		AMBAR 2.		AMBAR 46.		OPALO 6.	
	P	R	P	R	P	R	P	R
ENERO	2	3	2	2	1	1	0	1
FEBRERO	2	3	2	2	1	1	0	1
MARZO	2	3	2	2	1	1	0	1
ABRIL	2	3	2	2	1	1	0	1
MAYO	2	3	2	2	1	1	0	1
<b>TOTAL MES</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
						<b>TOTAL POTABLE</b>		<b>25</b>
						<b>TOTAL RESIDUAL</b>		<b>35</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>60</b>

Fuente: El autor

En la Tabla 12 se registran los muestreos realizados en el periodo de enero mayo del 2015 según en el programa de monitoreo. De acuerdo a los resultados, se llevaron a cabo 50 de los 60 muestreos para el periodo de los primeros 5 meses del presente año. Esto ocurrió debido a la baja del precio del petróleo que afectó los procesos que se llevan a cabo en Campo Rubiales, lo que llevó al recorte de personal e infraestructura, y como consecuencia se desmanteló una planta de agua residual en el campamento Quifa 2 a partir del mes de marzo, y los campamentos Ambar 2 y Opalo 6, en el mes de mayo y marzo respectivamente. Los muestreos realizados según la tabla 12 fueron realizados por el autor.

**Tabla 12. Monitoreos realizados periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales**

RUBIALES								
MES.	QUIFA 2.		AMBAR 2.		AMBAR 46.		OPALO 6.	
	P	R	P	R	P	R	P	R
ENERO	2	3	2	2	1	1	0	1
FEBRERO	2	3	2	2	1	1	0	1
MARZO	2	2	2	2	1	1	0	0
ABRIL	2	2	2	2	1	1	0	0
MAYO	2	2	0	0	1	1	0	0
<b>TOTAL MES</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
					<b>TOTAL POTABLE</b>			<b>23</b>
					<b>TOTAL RESIDUAL</b>			<b>27</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>50</b>

Fuente: El autor

### 7.3.2 Mantenimiento

En la Tabla 13 se registra el total de los mantenimientos programados para las plantas de tratamiento. Los monitoreos se debían realizar cada dos semanas para

cada planta lo que da un total de 120 mantenimientos en total. En la Tabla 14 se registran los mantenimientos realizados en el periodo de Enero a Mayo. En total se realizaron 100 mantenimientos. Los mantenimientos previstos no se completaron debido al desmantelamiento de algunas plantas y campamentos.

**Tabla 13. Mantenimientos previstos periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales**

RUBIALES								
MES.	QUIFA 2.		AMBAR 2.		AMBAR 46.		OPALO 6.	
	P	R	P	R	P	R	P	R
ENERO	4	6	4	4	2	2	0	2
FEBRERO	4	6	4	4	2	2	0	2
MARZO	4	6	4	4	2	2	0	2
ABRIL	4	6	4	4	2	2	0	2
MAYO	4	6	4	4	2	2	0	2
<b>TOTAL MES</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
						<b>TOTAL POTABLE</b>		<b>50</b>
						<b>TOTAL RESIDUAL</b>		<b>70</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>120</b>

Fuente: El autor.

**Tabla 14. Mantenimiento realizados periodo de Enero a Mayo 2015 Campo Rubiales**

RUBIALES								
MES.	QUIFA 2.		AMBAR 2.		AMBAR 46.		OPALO 6.	
	P	R	P	R	P	R	P	R
ENERO	4	6	4	4	2	2	0	2
FEBRERO	4	6	4	4	2	2	0	2
MARZO	4	4	4	4	2	2	0	0
ABRIL	4	4	4	4	2	2	0	0
MAYO	4	4	0	0	2	2	0	0
<b>TOTAL MES</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

					<b>TOTAL POTABLE</b>	<b>46</b>
					<b>TOTAL RESIDUAL</b>	<b>54</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fuente: El autor

### 7.3.3 Evaluación de indicadores

A continuación se presentan los indicadores de cumplimiento para el plan de monitoreo de las plantas de tratamiento de Campo Rubiales. Los indicadores están enfocados al cumplimiento del total de los muestreos establecidos, el cumplimiento de los parámetros analizados según la norma, y la realización completa de los mantenimientos previstos para las plantas de agua potable y agua residual.

#### Plantas de tratamiento aguas residuales

- (%) Muestreos realizados: Muestreos realizados de aguas residuales \*100/Total de muestreos requeridos.

**Tabla 15. Muestreos de aguas residuales realizados**

MUESTREOS CAMPO RUBIALES		
Muestreos Programados	Muestreos Realizados	Muestreos Cancelados
35	27	8

Fuente: El autor

$$(\%) \text{Muestreos realizados} = \frac{\text{Muestreos realizados}}{\text{Total muestreos requeridos}} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = \frac{27}{35} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = 77,14 \%$$

- (%) Cumplimiento por sistema de tratamiento monitoreado: Número de parámetros que cumplen con la norma de remoción para el sistema de tratamiento monitoreado\*100/Total de parámetros analizados para el sistema de tratamiento monitoreado

**Tabla 16. Parámetros analizados y aprobados según la normatividad**

CUMPLIMIENTO SISTEMAS MONITOREADOS	
Parámetros analizados	Parámetros aprobados
324	319

Fuente: El autor

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = \frac{N.\ de\ parámetros\ aprobados}{Total\ parámetros\ analizados} * 100$$

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = \frac{319}{324} * 100$$

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = 98,46 \%$$

- % de cumplimiento en el mantenimiento de los sistemas: Número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas con mantenimiento/ Número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales instalados \*100

**Tabla 17. Mantenimientos realizados PTAR's**

MANTENIMIENTO SISTEMAS DE TRATAMIENTO		
Mantenimientos Programados	Mantenimientos Realizados	Mantenimientos Cancelados
70	54	16

Fuente: El autor

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = \frac{\text{Muestras realizadas}}{\text{Total muestras requeridos}} * 100$$

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = \frac{54}{70} * 100$$

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = 77,14 \%$$

### **Plantas de tratamiento de agua potable**

- (%) Muestras realizadas: Muestras realizadas de calidad de agua potable\*100/Total de muestras requeridos.

**Tabla 18. Muestras de agua potable realizados**

MUESTREOS CAMPO RUBIALES		
Muestras Programados	Muestras Realizados	Muestras Cancelados
25	23	2

Fuente: El autor

$$(\%)Muestras\ realizadas = \frac{Muestras\ realizadas}{Total\ muestras\ requeridos} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = \frac{23}{25} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = 92,00 \%$$

- (%) Cumplimiento por sistema de tratamiento monitoreado: Número de parámetros que cumplen con la norma para sistema de tratamiento de agua potable monitoreado\*100/Total de parámetros analizados para el sistema de tratamiento monitoreado

**Tabla 19. Parámetros analizados y aprobados según la normatividad**

CUMPLIMIENTO SISTEMAS MONITOREADOS	
Parámetros analizados	Parámetros aprobados
529	529

Fuente: El autor

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = \frac{N.\ de\ parámetros\ aprobados}{Total\ parámetros\ analizados} * 100$$

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = \frac{529}{529} * 100$$

$$(\%)Cumplimiento\ por\ S.\ de\ tratamiento = 100 \%$$

- % de cumplimiento en el mantenimiento de los sistemas: Número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas con mantenimiento/ Número de

sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales instalados \*100

**Tabla 20. Mantenimientos realizados PTAP's**

MANTENIMIENTO SISTEMAS DE TRATAMIENTO		
Mantenimientos Programados	Mantenimientos Realizados	Mantenimientos Cancelados
50	46	4

Fuente: El autor

$$(\%)Muestras\ realizadas = \frac{Muestras\ realizadas}{Total\ muestras\ requeridos} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = \frac{46}{50} * 100$$

$$(\%)Muestras\ realizadas = 92,00 \%$$

**Total muestreos y mantenimientos realizados**

- (%) Muestras realizadas: Muestras realizadas de aguas residuales y potable \*100/Total de muestreos requeridos.

**Tabla 21. Total muestreos realizados**

MUESTREOS CAMPO RUBIALES		
Muestreos Programados	Muestreos Realizados	Muestreos Cancelados
60	50	10

Fuente: El autor

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = \frac{\text{Muestras realizadas}}{\text{Total muestras requeridos}} * 100$$

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = \frac{50}{60} * 100$$

$$(\%) \text{Muestras realizadas} = 83,33$$

- (%) Mantenimientos realizados: Muestras realizadas de aguas residuales \*100/Total de muestras requeridos.

**Tabla 22. Total mantenimientos realizados**

MANTENIMIENTOS CAMPO RUBIALES		
Mantenimientos Programados	Mantenimientos Realizados	Mantenimientos Cancelados
120	100	20

Fuente: El autor

$$(\%) \text{Mantenimientos realizados} = \frac{\text{Mantenimientos realizados}}{\text{Total mantenimientos requeridos}} * 100$$

$$(\%) \text{Mantenimientos realizados} = \frac{100}{120} * 100$$

$$(\%) \text{Mantenimientos realizados} = 83,33$$

## **8. SEGUIMIENTO AL PLAN DE CONTINGENCIA**

### **8.1 REVISIÓN INICIAL**

#### **Objetivos Plan de Contingencia**

- **Objetivo General**

- Proponer un Plan de Contingencia que permita prevenir, manejar y mitigar los riesgos identificados en la zona de operación de las plantas de tratamiento de la empresa J'S Servipetrol en Campo Rubiales, Meta, protegiendo el recurso humano, ambiental, y material que pudiese verse afectado.

- **Objetivos Específicos**

- Identificar los posibles riesgos en relación a la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de la empresa J'S Servipetrol, en Campo Rubiales, Meta.
- Plantear medidas preventivas que permitan disminuir la ocurrencia de un evento contingente.
- Proponer medidas específicas que permitan la acción pronta y eficaz para controlar cualquiera de los sucesos identificados como posibles riesgos, y que afecten las condiciones ambientales, sociales y económicas en el área de influencia de las plantas de tratamiento.

- Elaborar estrategias de corrección y recuperación para los desastres causados por eventos contingentes.
- Desarrollar capacitaciones para informar a los empleados sobre los riesgos relacionados a las plantas de tratamiento, así como las medidas necesarias para prevenir y controlar las situaciones de emergencia.

## **8.2 ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO**

Las actividades fueron enfocadas hacia la realización de listas de chequeo para identificar el estado inicial del plan de contingencia en relación a la operación de las plantas de tratamiento. La Tabla 23 contempla los ítems de evaluación del estado inicial del plan de contingencia para determinar mediante indicadores el porcentaje final de cumplimiento del plan.

La evaluación se dividió en tres secciones, para identificar los diferentes aspectos del plan de contingencia. Los aspectos analizados fueron la existencia del plan de contingencia y los criterios utilizados para la elaboración, donde se incluyó el soporte administrativo por parte de la empresa contratante, y lo relacionado a las capacitaciones. El segundo aspecto fue el contenido del plan, junto con los procedimientos a realizar ante los sucesos de emergencia, y los recursos disponibles. Finalmente, se analizó es aspecto relacionado al mantenimiento del plan de contingencia.

- Existencia y criterios de elaboración

**Tabla 23. Evaluación existencia y criterios de elaboración P. de Contingencia**

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACION
<b>Total puntos posibles: 120 Puntos</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>NOTA</b>
<b>GENERALIDADES</b>				
Se tienen identificados los peligros y factores de riesgo que pueden causar una emergencia?	X			
Se tiene un análisis de dichos riesgos, y la metodología aplicada se considera correcta?	X			
Existe un plan escrito para la prevención y control de las emergencias?	X			
<b>SOPORTE ADMINISTRATIVO</b>				
Se dispone de un coordinador responsable del plan de contingencia?	X			
El responsable dedica tiempo suficiente para coordinar el plan?		X		
Se le ha realizado difusión al plan?		X		

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACION
Se ha establecido un organigrama para la atención de las emergencias?	X			
Se tienen las funciones específicas para cada persona, de acuerdo al organigrama, para antes, durante y después de las emergencias?	X			
Se han difundido estas funciones?		X		
Los empleados conocen sus funciones en caso de emergencia?		X		
<b>SOPORTE DE CAPACITACIONES</b>				
Las personas y empleados que intervienen en el plan han recibido capacitaciones?	X			
Existe un cronograma y un plan definido para las capacitaciones?			X	Se está planeando la definición del cronograma de capacitaciones.

Fuente: El autor

- Contenido

**Tabla 24. Evaluación del Contenido del P. de Contingencia**

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACION
<b>Total puntos posibles 150</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>NOTA</b>
<b>CONTENIDO DEL PLAN</b>				
Se consideran emergencias de tipo ambiental?	X			
Se consideran emergencias de carácter técnico?	X			
Se consideran emergencias relacionadas a desastres naturales?		X		
Se consideran emergencias de tipo social?		X		
<b>PROCEDIMIENTOS</b>				
Se tienen objetivos para el control de las emergencias que pueden ocurrir?	X			
Se tienen planteados procedimientos específicos ante cada una de las emergencias que	X			

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACION
se pueden presentar en las plantas de tratamiento?				
Los procedimientos específicos han sido revisados por la parte técnica de la empresa?		X		
Los procedimientos contemplan protocolos y tácticas?		X		
<b>RECURSOS DE CAMPO</b>				
Se tienen disponibles números telefónicos y contactos del coordinado ambiental y de salud ocupacional?	X			
Se cuenta con elementos de protección personal y de bioseguridad adecuados?	X			
Se cuenta con equipo de primeros auxilios?	X			
Su cuenta con extintores?	X			
Se realiza inspección periódica de la existencia y estado de los elementos	X			

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACION
nombrados anteriormente?				
Se cuenta con profesionales de seguridad, higiene y salud ocupacional?	X			
Se tiene un programa para el control de los elementos de atención de emergencias?	X			

Fuente: El autor

- **Mantenimiento**

**Tabla 25. Evaluación del mantenimiento al P. de Contingencia**

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN
<b>Total puntos posibles 50</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>NOTA</b>
<b>MANTENIMIENTO DEL PLAN</b>				
Existe un responsable de realiza revisión y mantenimiento al plan?	X			

VARIABLE	SI CUMPLE	EN PARTE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN
Existe un cronograma para la revisión periódica y para el manteniendo del plan?			X	
Ante cambios significativos en la empresa ¿se ha realizado mantenimiento del plan?			X	
Se tienen formatos de registro para las actualizaciones del plan?			X	Se están diseñando los formatos.
Se tiene una programación para realizar pruebas al plan con sus respectivos plazos, metas		X		

Fuente: El autor

### 8.3 RESULTADOS SEGUIMIENTO

- **Existencia**

$$Existencia = \frac{Puntos\ totales}{Puntos\ posible} * 100$$

$$Existencia = \frac{90}{120} * 100$$

$$Existencia = 75 \%$$

- **Contenido**

$$\text{Contenido} = \frac{\text{Puntos totales}}{\text{Puntos posible}} * 100$$

$$\text{Contenido} = \frac{130}{150} * 100$$

$$\text{Contenido} = 86 \%$$

- **Mantenimiento**

$$\text{Mantenimiento} = \frac{\text{Puntos totales}}{\text{Puntos posible}} * 100$$

$$\text{Mantenimiento} = \frac{15}{50} * 100$$

$$\text{Mantenimiento} = 30\%$$

**Tabla 26. Puntajes seguimiento al Plan de Contingencia.**

<b>Etapa</b>	<b>Puntaje total</b>	<b>Porcentaje</b>
Existencia	90/120	<b>75 %</b>
Contenido	130/150	<b>86 %</b>
Mantenimiento	15/50	<b>30%</b>
Porcentaje total ponderado		<b>73,44%</b>

Fuente: El autor

## **PARTE II**

### **9. MODELACIÓN DE ASIMILACIÓN DE VERTIMIENTOS DE LA QUEBRADA INNOMINADA PARA EL LAVADERO ESTACIÓN CANTABRIA**

Dentro de los proyectos de ACI Kronox en relación al recurso agua, se encuentra el sistema de tratamiento diseñado y construido por la empresa para el Lavadero Estación Cantabria ubicado en el municipio de Girón. El sistema tiene dos años de funcionamiento, y como parte de las obligaciones ambientales exigidas por la autoridad ambiental se realizó una modelación utilizando el Software Aquatox para proyectar la asimilación del cuerpo receptor del vertimiento en un período de dos años.

#### **Razón social**

EL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA ESTACIÓN CANTABRIA es una empresa que ofrece servicios enfocados especialmente a conductores de buses intermunicipales, ubicado en el Km 4 Vía a Girón cerca al puente "El Bueno". La estación Cantabria Presta sus servicios de lavado de automotores, hotel y Restaurante.

**Figura 8. Ubicación del Lavadero de vehículos ESTACIÓN CANTABRIA**



Fuente: Google Earth

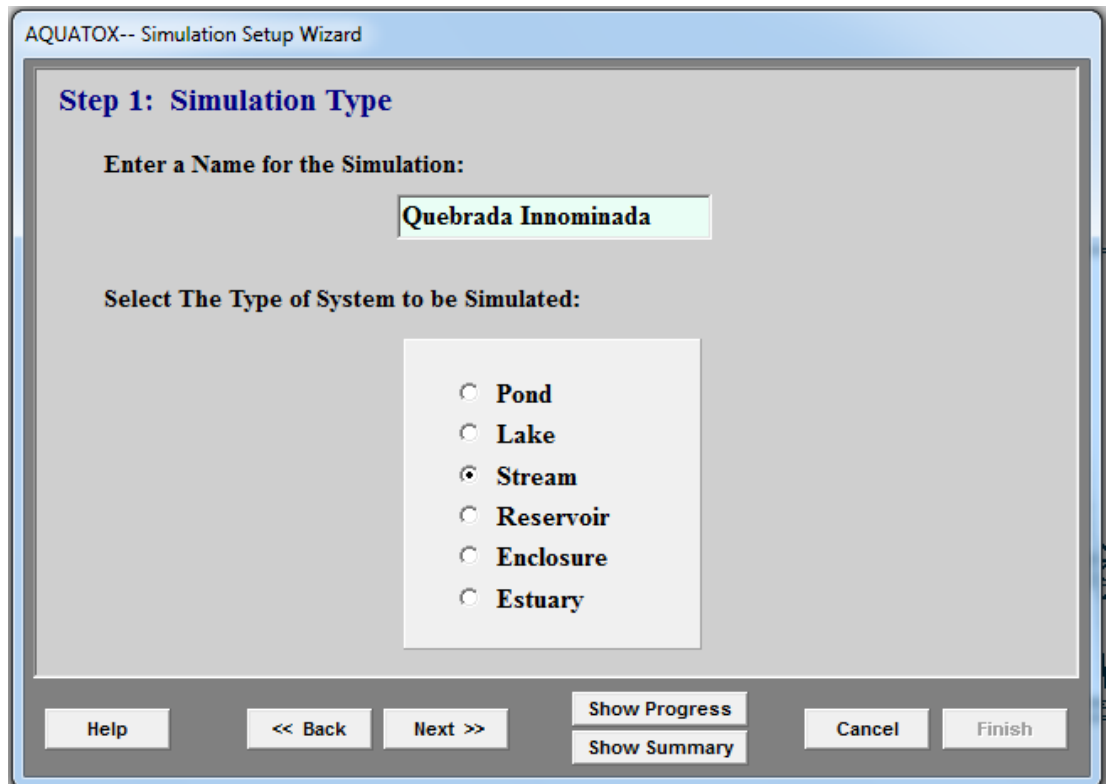
## **9.1 MODELACIÓN DE ASIMILACIÓN DE VERTIMIENTOS DEL LAVADERO ESTACIÓN CANTABRIA A LA QUEBRADA INNOMINADA CUYO CAUSE TERMINA EN LA QUEBRADA LA IGLESIA**

Los datos de entrada para la modelación de capacidad de asimilación y longitud de mezcla incluyen: Caracterización física del cuerpo de agua evaluado en cuanto a caudal, profundidad, ancho, longitud e intervalo de tiempo a modelar; propiedades físico-químicas del agua antes del vertimiento y la caracterización fisicoquímica del vertimiento.

### **9.1.1 Definición del proyecto**

Inicialmente se define el proyecto de modelación en el programa AQUATOX, como se muestra un ejemplo en la Figura 8.

**Figura 9. Definición de un Proyecto de modelación en el ambiente AQUATOX**



Fuente: El autor

### **9.1.2 Características del cuerpo de Agua**

- Identificación del sitio

El cuerpo de agua receptor de los vertimientos líquidos del Lavadero Estación Cantabria que se evalúa en la presente modelación es una quebrada innominada cuyo cauce finaliza en la quebrada la Iglesia. En este caso, los vertimientos se descargarán en el siguiente punto, del que se muestran sus coordenadas planas en los márgenes de la quebrada innominada:

**Tabla 27. Coordenadas del vertimiento del Lavadero Estación Cantabria.**

Cauce	Coordenadas	
	Este	Norte
Quebrada innominada	73°08'20"	7°05'13"

Fuente: El autor.

Las características morfométricas de la quebrada innominada se ingresan al programa en la ficha de características del sitio, como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10. Características Morfométricas del Sitio en el ambiente AQUATOX**

AQUATOX-- Simulation Setup Wizard

**Step 8: Site Characteristics** *(More on next page)*

Please fill in appropriate data for your stream below:

Site Name	Quebrada innominada		
Site Length or Reach	1.5	km	Convert
Surface Area	2250	m <sup>2</sup>	Convert
Mean Depth	0.2	m	Convert
Maximum Depth	0.4	m	Convert
Mean Evaporation	0	in./year	
Latitude (Neg. in So. Hemisphere)	7	degrees	

Help    << Back    Next >>    Show Progress    Show Summary    Cancel    Finish

Fuente: El autor

**Coefficiente de Manning:** 0.033

**Pendiente:** 0.05241

- **Caudales Medios, Máximos y Mínimos en las Corrientes de Agua**

**Tabla 28. Caudal medio estimado**

	Caudal medio estimado (m <sup>3</sup> /s)						
2014	20-oct	27-oct	03-nov	10-nov	17-nov	24-nov	Promedio
Mínimo	0,0069	0,007	0,0076	0,0068	0,0091	0,0083	0,0076
Medio	0,0076	0,0078	0,0088	0,0087	0,0098	0,0096	0,0087
Máximo	0,0089	0,0093	0,0094	0,0099	0,0136	0,0123	0,0106

Fuente: ACI Kronox

### 9.1.3. Datos aforo de caudal

Para la estimación inicial de la longitud de mezcla se toma la sección transversal para estimar los parámetros hidráulicos requeridos, con base en los caudales estimados en el componente hidrológico.

### 9.1.4. Propiedades Fisicoquímicas

Como parte del paquete de datos de entrada al modelo se requiere la caracterización fisicoquímica del cuerpo de agua en el sitio, antes del vertimiento. Para la quebrada Innominada se cuenta con los resultados que se muestran en la Tabla 29. Estos resultados fueron obtenidos a partir del monitoreo y toma de muestras realizado por el equipo técnico de ACI Kronox Ingeniería S.A.S. a finales de Octubre del año 2014.

**Tabla 29. Resultados fisicoquímicos Quebrada Innominada antes de los vertimientos**

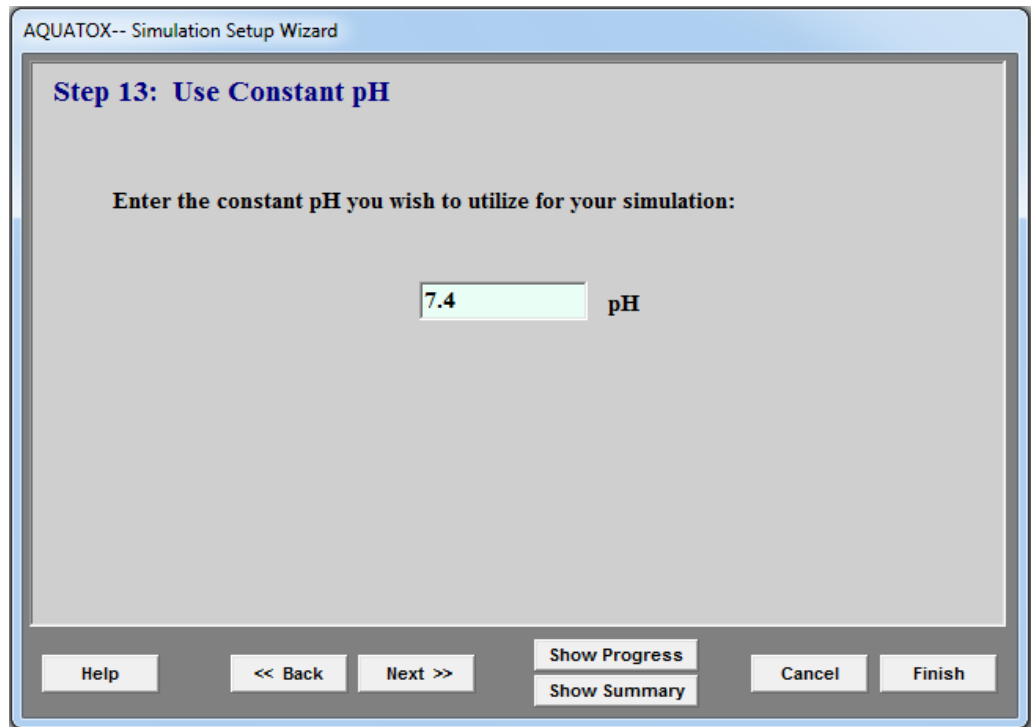
Parámetros	Unidades	CUERPO DE AGUA
		Qda. Innominada A. Arriba antes del Vertimiento
Temperatura	°C	23
pH	Unidades	7.4
Caudal	m <sup>3</sup> /S	0.0027
Sólidos Totales	mg/L	67
Sólidos Suspendidos	mg/L	20.5
Sólidos Disueltos	mg/L	46.5
Sólidos Sedimentables	ml/L	ND<0.10

Parámetros	Unidades	CUERPO DE AGUA
		Qda. Innominada A. Arriba antes del Vertimiento
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	ND<1.5
Nitrógeno Amoniacal	mg NH <sub>3</sub> /L	ND<0.05
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	0.10
Fosforo Orgánico	mg P/L	0.06
Fosforo Inorgánico	mg P/L	0.1
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	46
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	95
Grasas Y Aceites	mg/L	12
Mercurio	mg Hg/L	ND<0,0009
Plata	mg Ag/L	ND<0,05
Plomo	mg Pb/L	ND<0,11
Dióxido de Carbono	Mg/l	1.8

Fuente: ACI Kronox.

En la Figura 11 se presenta un ejemplo de ingreso de características fisicoquímicas al programa AQUATOX, en este caso una variable independiente que interviene directamente en el comportamiento del ecosistema.

**Figura 11. Ingreso de variables fisicoquímicas al modelo AQUATOX**



Fuente: El autor

### 9.1.5. Características del vertimiento

Para completar los datos de entrada al modelo de asimilación se cuenta con los resultados de análisis físico-químicos del agua residual industrial que vierte el Lavadero Estación Cantabria localizada en el municipio de Girón. El monitoreo y toma de muestras se realizó por equipo técnico de ACI Kronox Ingeniería S.A.S a finales de Octubre del año 2014. Los resultados de laboratorio en muestras a la salida del sistema de tratamiento se presentan en la Tabla 30.

**Tabla 30. Resultados fisicoquímicos, agua residual industrial (vertimiento)**

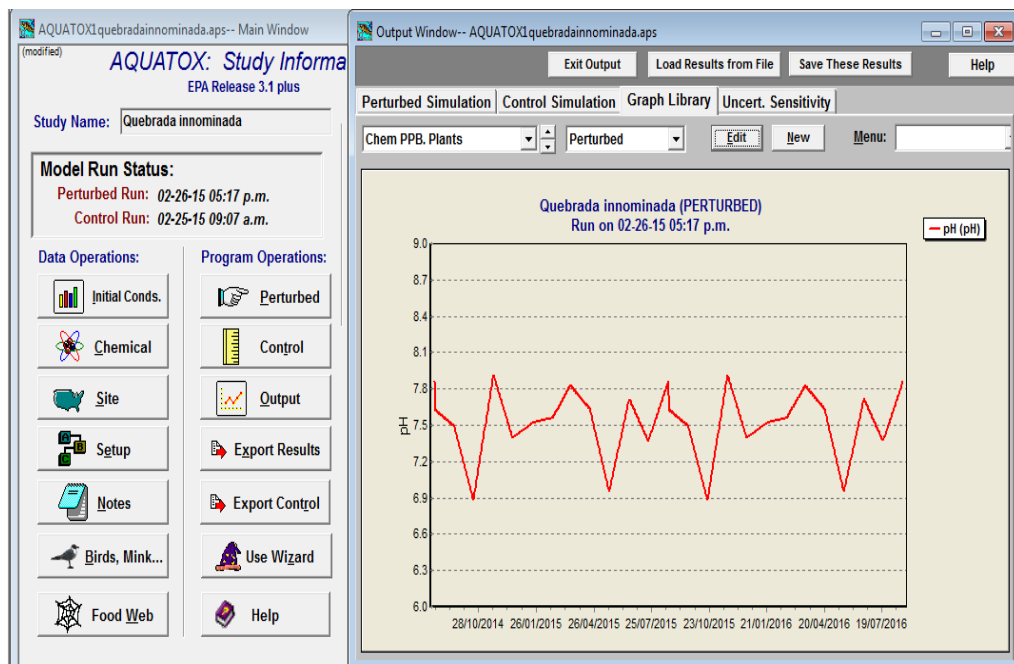
Parámetros	Unidades	Punto
		Efluente PTAR Industrial
Temperatura	°C	24.2
Ph	Unidades	7.5
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.1
Sólidos Totales	mg/L	234
Sólidos Suspendidos	mg/L	145
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	76
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	97
Grasas Y Aceites	mg/L	<12
Plomo	mg Pb/L	<0.11
Mercurio	mg Hg/L	< 0,0009
Plata	mg Ag/L	< 0,05

Fuente: ACI Kronox.

Los resultados del modelo de asimilación de vertimientos líquidos del Lavadero Estación Cantabria a la quebrada la Innominada que desemboca en la quebrada La Iglesia se presentan con la ayuda de gráficas generadas por el programa de modelación **AQUATOX** y el modelo matemático de **Streeter and Phelps** .

En la Figura se aprecian las diferentes opciones que tiene el programa AQUATOX para el ingreso de datos y la presentación de resultados. En este ejemplo, se está usando la opción de crear una gráfica que represente el comportamiento del pH a lo largo del periodo de modelación, que se tomó de 2 años, desde el 20-October-2014 hasta el 20-October-2016.

**Figura 12. Una ventana de resultados (Output) de AQUATOX**



Fuente: El autor

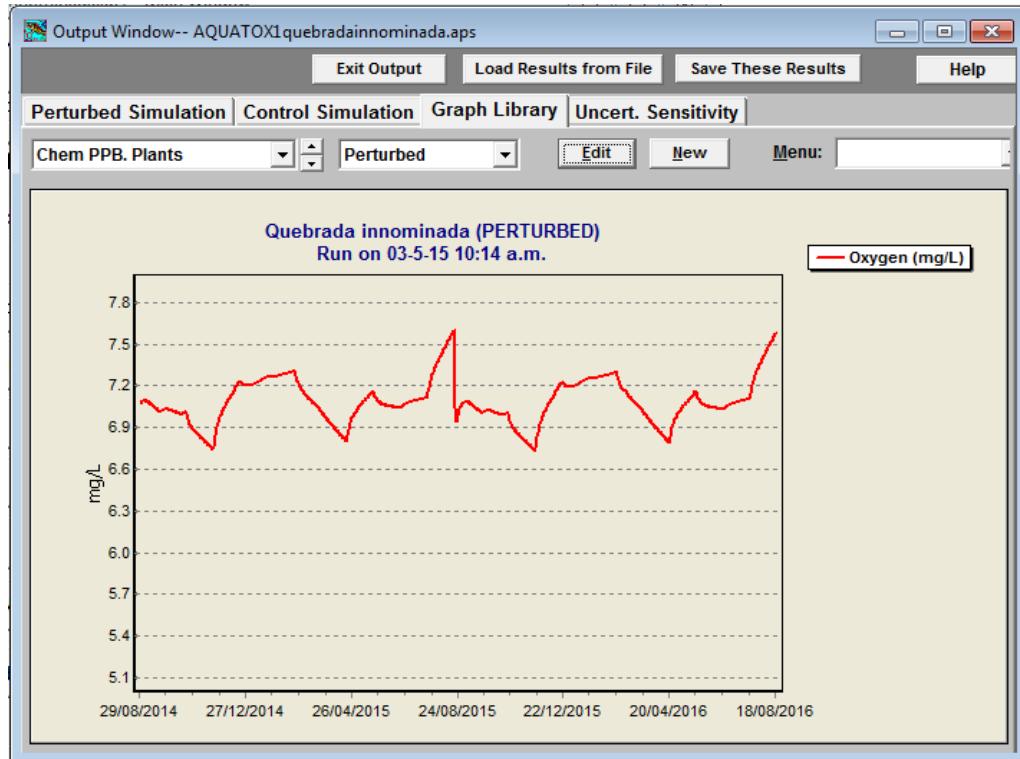
## 9.2 CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN DEL CUERPO RECEPTOR

La capacidad de asimilación del cuerpo de agua se determina mediante el análisis del comportamiento de diferentes variables en la quebrada Innominada (cuerpo receptor) a lo largo de los 2 años del periodo de modelación en la que se consideró un vertimiento de ARI constante de L/s.

En la Gráfica 12 se presentan las concentraciones relacionadas con el oxígeno. En el momento del vertimiento (cero de la modelación), se comporta de manera estable oscilando entre aproximadamente 6.7 y 7.6 mg/L, durante un periodo de dos (2) años, la disminución de las concentraciones de oxígeno en la columna de agua se ve por momentos, especialmente en épocas secas. Aunque estos no son considerados bajos ya que el decreto 1594/84 en su Art. 45 especifica como criterios admisible para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces un valor mínimo de oxígeno disuelto de 4.0 mg/L, por tal motivo el vertimiento no representa una alteración desfavorable para el medio dentro el

periodo de la modelación, es importante mencionar que estas condiciones se mantendrán mientras esté presente el vertimiento de L/s.

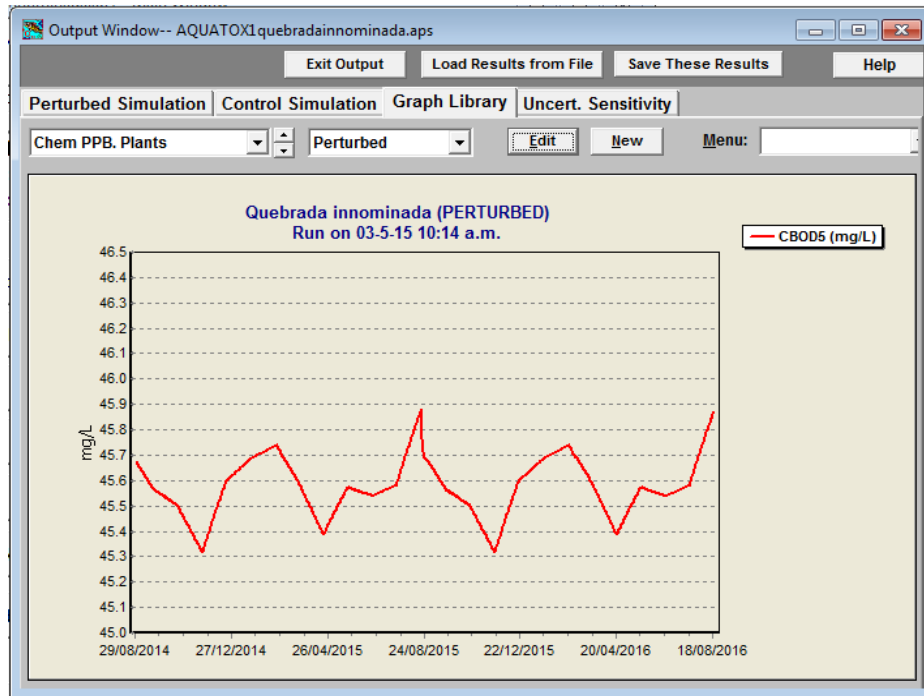
**Figura 13. Comportamiento de las concentraciones del oxígeno**



Fuente: El autor

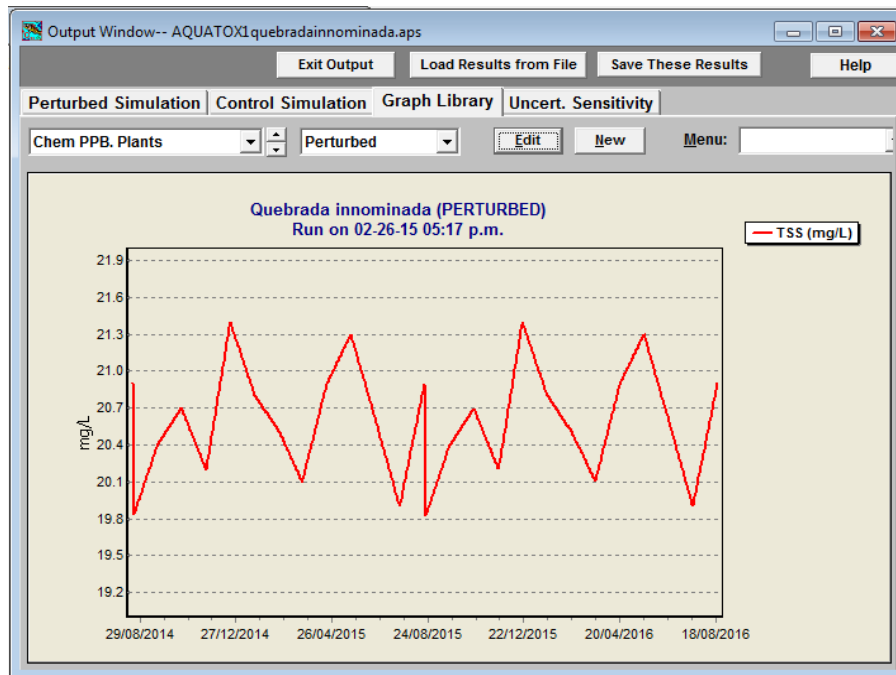
En lo que comprende al parámetro de la DBO en la gráfica 14 el modelo establece que durante los dos (2) años modelados las concentraciones se mantendrán aparentemente estables, las cuales se encuentran en un rango entre 45.3 y 45.9 mg O<sub>2</sub>/L.

**Figura 14. Comportamiento de las concentraciones de DBO<sub>5</sub>**



Fuente: El autor

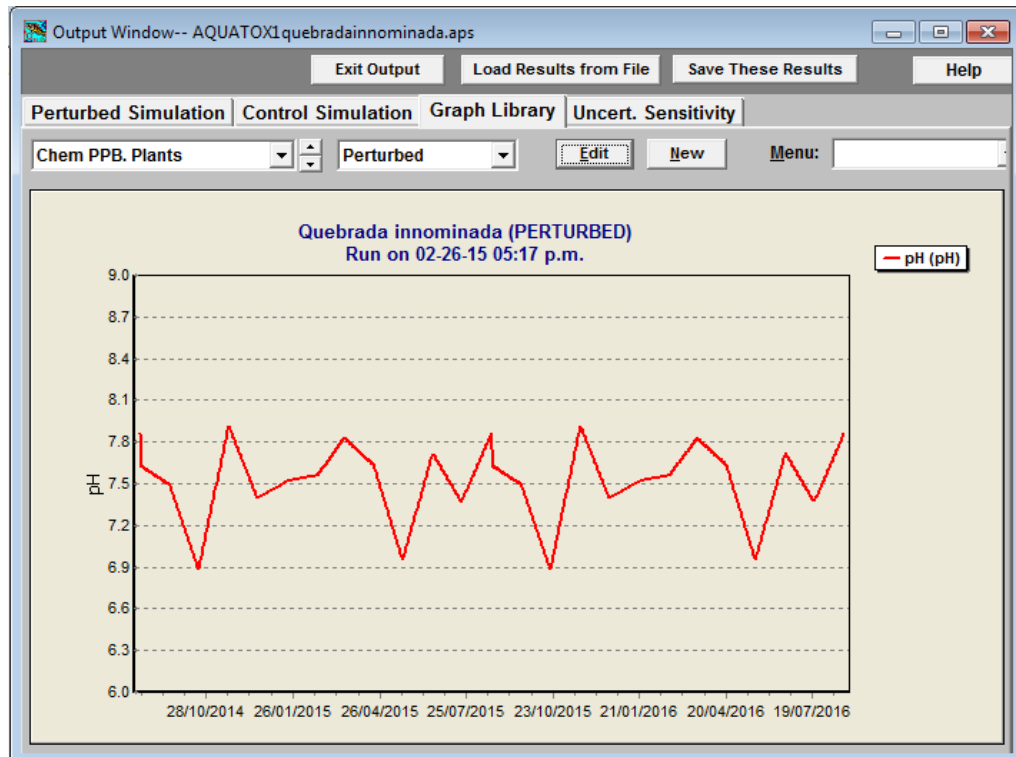
**Figura 15. Comportamiento de las concentraciones de SST**



Fuente: El autor

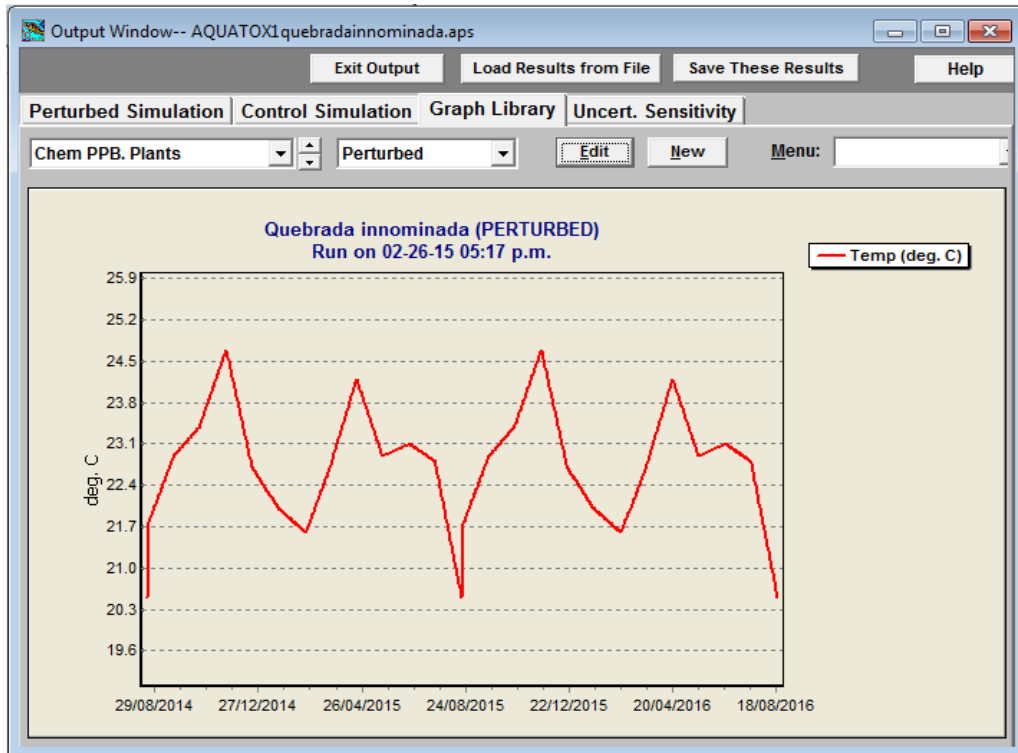
En cuanto al comportamiento de los sólidos suspendidos varían entre 19.8 y 21.4 mg/L, según los datos registrados en la gráfica 15, y en relación al pH su comportamiento se ve referenciado con valores mínimos de 6.9 unidades de pH y valores máximos hasta de 7.9 unidades, con relación a la norma, el decreto 1594/84 en el capítulo IV establece los valores para el uso y destinación del recurso, determinando valores entre 4.5 y 9.0 unidades de pH, rango en el cual se mantiene el cuerpo de agua (quebrada Innominada) una vez se esté aportando el vertimiento de las aguas residuales industriales del Lavadero Estación Cantabria.

**Figura 16. Comportamiento de las concentraciones de pH**



Fuente: El autor

**Figura 17. Comportamiento de la Temperatura**



Fuente: El autor

Respecto a la temperatura, el modelo tiene en cuenta las épocas de verano e invierno, y teniendo en cuenta que es un parámetro crítico en la aceleración de las reacciones químicas y directamente proporcionales a la concentración de oxígeno disuelto en el agua, sus valores varían muy poco manteniéndose estable entre 20.4°C y 24.7°C.

### **9.3. LONGITUD DE MEZCLA**

La determinación de la longitud de mezcla se realizó de forma visual en campo y en el laboratorio mediante la ecuación matemática (1) con los datos de profundidad, ancho y velocidad, para hacer una comparación entre los datos de campo y los datos de laboratorio obteniendo una mejor aproximación de la misma.

$$L_m = \frac{aUB^2}{H} \quad (1)$$

**Tabla 31. Datos para el cálculo de la zona de mezcla.**

Datos Cuerpo de Agua	
Profundidad Promedio (m) [H]	0.2
Ancho (m) [B]	1.5
Velocidad Promedio (m/s) [U]	0.029
Longitud de Mezcla con entrada Lateral (m)	154
Longitud de Mezcla con entrada Central (m)	77

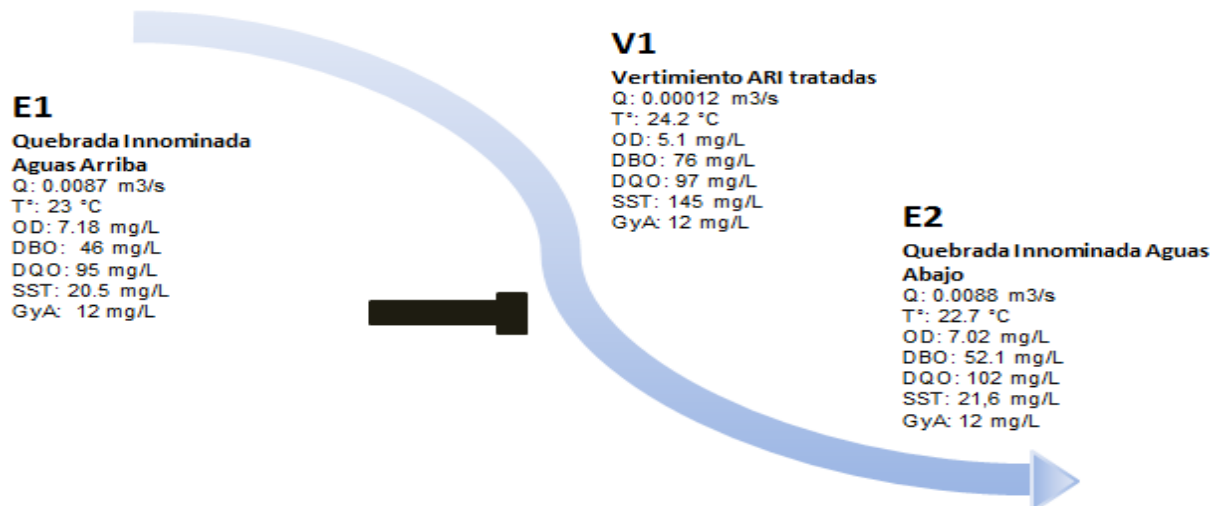
Fuente: El Autor.

$$L_m = ((8.73)(0.029)(1.5^2))/0.2$$

$$L_m = 2.84 \text{ m}$$

#### 9.4 MODELACIÓN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (STREETER AND PHELPS)

**Figura 18. Condiciones Iniciales**



Fuente: El autor

Constante de Desoxigenación (K1) = 0.03 d<sup>-1</sup>

Constante de Aireación (K2) = 0.62 d<sup>-1</sup>

- **Calculo de constante de aireación (ecuación de Langbein y Durum)**

$$K_2 = 2.2 * V / H^{1.33}$$

Dónde:

V: Velocidad promedio de flujo, m/s

H: Profundidad media de flujo, m

K<sub>2</sub> = Constante de aireación, base neperiana, d<sup>-1</sup>

$$K_2 = 2.2 * 0.029 / 0.2^{1.33}$$

$$K_2 = 0.54$$

$$K_{2\text{corregida}} = 0.54 (1.022)^{26.1-20}$$

$$K_2 \text{ corregida} = 0.62$$

- **Calculo de la Temperatura de mezcla**

$$T_M = \frac{T_R \times Q_R + T_V \times Q_V}{Q_R + Q_V}$$

$$T_M = \frac{(23.0 \times 0.0087) + (24.2 \times 0.00012)}{0.0087 + 0.00012}$$

$$T_M = 23.02 \text{ °C}$$

- **Calculo de la DBO para la mezcla**

$$DBO_M = \frac{DBO_R \times Q_R + DBO_V \times Q_V}{Q_R + Q_V}$$

$$DBO_M = \frac{(46 \times 0.0087) + (76 \times 0.00012)}{0.0087 + 0.00012}$$

$$DBO_M = 46.41 \text{ mg/L}$$

- **Calculo del Oxígeno Disuelto para la mezcla**

$$OD_M = \frac{OD_R \times Q_R + OD_V \times Q_V}{Q_R + Q_V}$$

$$OD_M = \frac{(7.18 \times 0.0087) + (5.1 \times 0.00012)}{0.0087 + 0.00012}$$

$$OD_M = 7.15 \text{ mg/L}$$

- **Concentración de saturación de OD, 760 mmHg (ODS) para la mezcla**

$$ODS = 14.652 - 0.41022 \cdot T + 0.007991 \cdot T^2 - 0.000077774 \cdot T^3$$

$$ODS = 14.652 - 0.41022 \cdot (23) + 0.007991 \cdot (23)^2 - 0.000077774 \cdot (23)^3$$

$$ODS = 8.5 \text{ mg/L}$$

$$ODS \text{ corregido} = OD \text{ (Presión Barométrica mmHg/760 mmHg)}$$

$$ODS \text{ corregido} = 8.5 (680/760)$$

$$ODS \text{ corregido} = 7.61 \text{ mg/L}$$

#### **Déficit Inicial de Oxígeno**

$$D_0 = ODS - OD_M$$

$$D_0 = 7.61 - 7.15$$

$$D_0 = 0.45 \text{ mg/L}$$

- **Tiempo de flujo al punto crítico (Tc)**

$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln\left(\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{D_o(k_2 - k_1)}{k_1 L}\right)\right)$$

$$T_c = \frac{1}{0.62 - 0.03} \times \ln\left[\frac{0.62}{0.03} \times \left(1 - \frac{0.46 \times (0.62 - 0.03)}{0.03 \times 46.41}\right)\right]$$

**Tc = 4.77 d**

- **Distancia al punto critico**

**Xc = V \* Tc**

**V = (0.029 m/s) (86400 s/día) = 2505.6 m/día**

**Xc = (2505.6 m/día) (4.77 día) = 11961.26 m**

**Xc = 11.96 Km.**

- **Déficit de OD para el Tc (Dc)**

$$D_c = \frac{K_1 * DBO_{um}}{K_2 - K_1} * \left[ e^{-K_1 * T_c} - e^{-K_2 * T_c} \right] + D_o * e^{-K_2 * T_c}$$

$$D_c = \frac{0.03 \times 46.41}{0.62 - 0.03} \times \left[ e^{(-0.03 \times 4.77)} - e^{-0.62 \times 4.77} \right] + 0.45 \times e^{-0.62 \times 4.77}$$

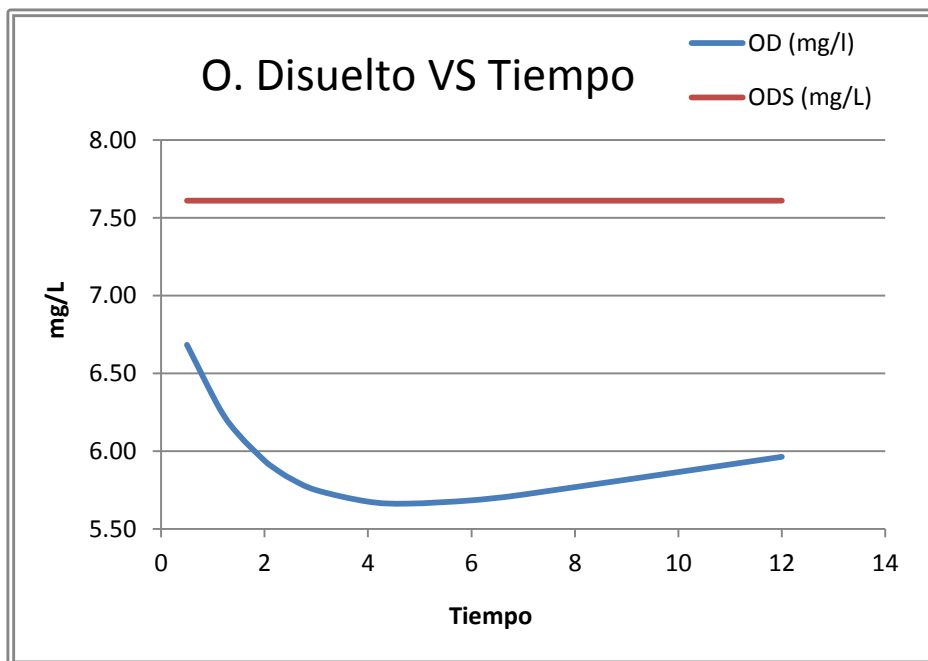
**Dc = 1,95 mg/L**

Tabla 32. Curva de Oxigeno Vs Tiempo con referencia de un caudal de 0.0087 m<sup>3</sup>/s

Tiempo (d)	Dc (mg/L)	Distancia (Km)	OD (mg/l)	ODS (mg/L)	Tiempo (h)
0,5	0,93	1,25	6,68	7,61	12
1,13	1,34	2,83	6,27	7,61	27,12
1,5	1,50	3,76	6,11	7,61	36
2	1,67	5,01	5,94	7,61	48
2,2	1,72	5,51	5,89	7,61	52,8
2,5	1,79	6,26	5,82	7,61	60
3	1,86	7,52	5,75	7,61	72
4	1,93	10,02	5,68	7,61	96
<b>4,77</b>	<b>1,95</b>	<b>11,95</b>	<b>5,66</b>	<b>7,61</b>	<b>114,48</b>
6	1,93	15,03	5,68	7,61	144
7	1,89	17,54	5,72	7,61	168
12	1,65	30,07	5,96	7,61	288

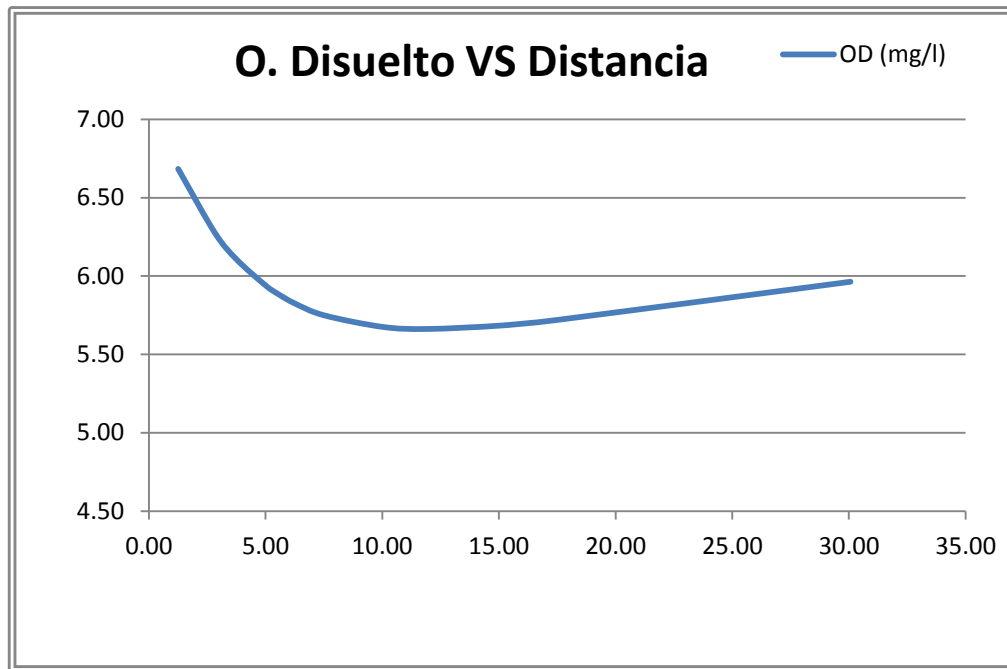
Fuente: El autor

Figura 19. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Tiempo



Fuente: El autor

**Figura 20. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Distancia**



Fuente: El autor.

## **9.5 ANÁLISIS DEL MODELO DE STREETER PHELPS**

El modelo de Streeter Phelps para el oxígeno disuelto nos demuestra que en el momento de realizar el aporte de aguas residuales industriales generadas en el Lavadero Estación Cantabria, la fuente hídrica (quebrada Innominada) no sufre un impacto considerable debido al bajo caudal de 0.12 l/s (posible caudal); la saturación del oxígeno disuelto del cuerpo hídrico en estudio es de 7.61 mg/L es decir este valor será el máximo que se puede lograr a obtener y se mantendrá debido a la temperatura, la altura sobre el nivel del mar y la presión barométrica del lugar, por ello al recibir el vertimiento el oxígeno disuelto inmediatamente disminuye hasta llegar a un valor de 5.66 mg/L de OD valor teórico, esta condición se da a unos 11.95 Km en un tiempo de 4.77 horas aguas abajo del vertimiento. En un tiempo de 12 días el valor de oxígeno disuelto es cercano a 6 mg/l en una distancia

de 30.07 Km. Este valor no presenta ninguna restricción para los usos y destinación del recurso, ya que según al Art 45 del decreto 1594/84 establece para la conservación de flora y fauna un valor mínimo de OD de 4 mg/L.

En este caso teniendo en cuenta el mínimo de caudal promedio anual de la quebrada Innominada se establecen los siguientes parámetros:

$$K_1 = 0.03$$

$$K_2 = 0.54$$

$$\text{Caudal: } 0.0076 \text{ m}^3$$

$$\text{Velocidad: } 0.025 \text{ m/s}$$

$$\text{Oxígeno Disuelto: } 7.18 \text{ mg/L}$$

$$\text{DBO} = 46 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

Con estos valores simulamos la capacidad que tendrá el cuerpo de agua para asimilar el vertimiento en cuestión del oxígeno disuelto en época seca

$$\text{DBO}_M = 46.47 \text{ mg/L}$$

$$\text{OD}_M = 7.15 \text{ mg/L}$$

$$D_0 = 0.46 \text{ mg/L}$$

$$T_c = 5.3 \text{ d}$$

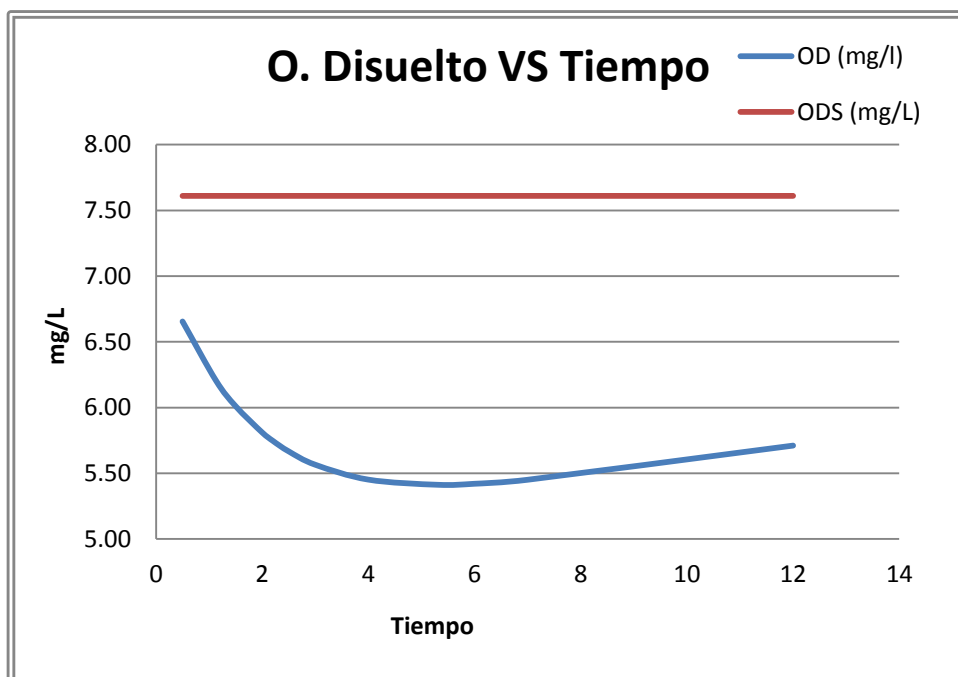
$$X_c = 11.60 \text{ Km}$$

$$D_c = 2.20 \text{ mg/L}$$

Tabla 33. Curva de Oxígeno Vs Tiempo con referencia de un caudal de 0.0076 m<sup>3</sup>/s

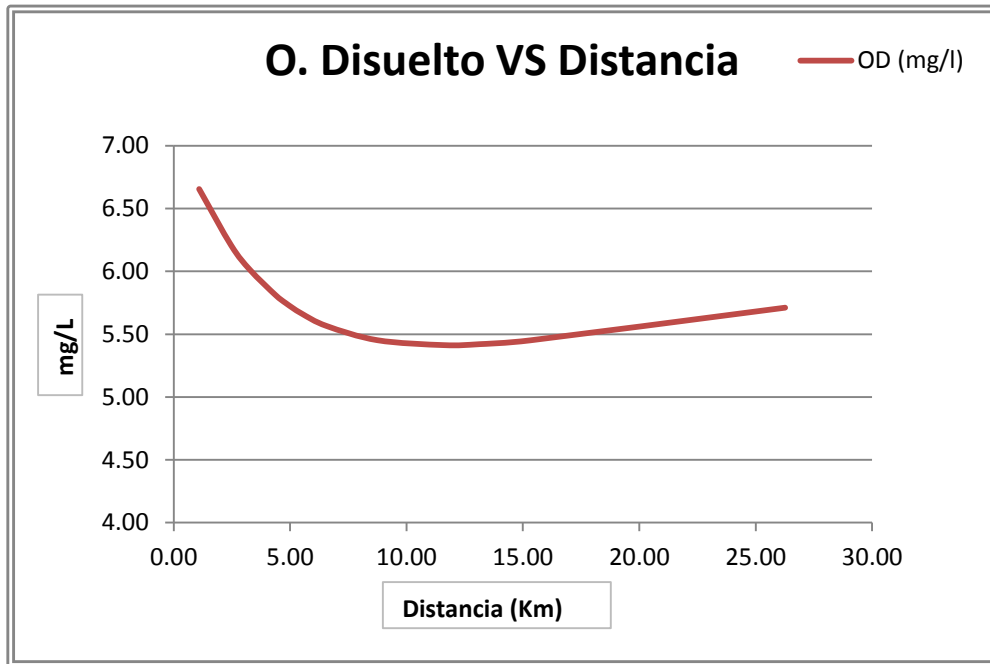
Tiempo (d)	Dc (mg/L)	Distancia (Km)	OD (mg/l)	ODS (mg/L)	Tiempo (h)
0,5	0,95	1,09	6,66	7,61	12,00
1,13	1,40	2,47	6,21	7,61	27,12
1,5	1,60	3,28	6,01	7,61	36,00
2	1,80	4,38	5,81	7,61	48,00
2,2	1,86	4,82	5,75	7,61	52,80
2,5	1,94	5,47	5,67	7,61	60,00
3	2,04	6,57	5,57	7,61	72,00
4	2,16	8,76	5,45	7,61	96,00
<b>5,3</b>	<b>2,20</b>	<b>11,60</b>	<b>5,41</b>	<b>7,61</b>	<b>127,20</b>
6	2,19	13,13	5,42	7,61	144,00
7	2,16	15,32	5,45	7,61	168,00
12	1,90	26,27	5,71	7,61	288,00

Figura 21. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Tiempo



Fuente: El autor

**Figura 22. Comportamiento Oxígeno disuelto Vs. Distancias**



Fuente: El autor

Con los valores anteriormente mencionados es decir con un caudal promedio mínimo anual el cual es de  $0.0076 \text{ m}^3$ , el oxígeno disuelto en el momento del vertimiento llegaría a una concentración mínima de  $5.41 \text{ mg/L}$  a una distancia de  $11.60 \text{ Km}$  y en un tiempo de  $5.3$  días. En un tiempo de  $12$  días, el oxígeno se restablece a un valor de  $5.71$  en una distancia de  $26.27 \text{ Km}$ . Con este podemos decir que el cuerpo de agua (quebrada Innominada) en sus épocas de verano en el cual los caudales se ven afectados, el vertimiento de las aguas residuales industriales del Lavadero Estación Cantabria, no generaran ninguna afectación al recurso en cuanto a la preservación de flora y fauna, pues el oxígeno para  $12$  días está por encima de los  $4 \text{ mg/l}$ .

Teniendo en cuenta los demás parámetros del vertimiento en lo relativo a las sustancias de interés sanitario y de algunos metales pesados y así poder establecer la asimilación del recurso hídrico (quebrada Innominada) frente al vertimiento generado de las aguas residuales industriales del Lavadero Estación Cantabria, se logró determinar las posibles concentraciones esperadas en el año teniendo en cuenta los datos de los promedios anuales de los caudales, los cuales se registran en la tabla 34.

**Tabla 34. Concentraciones esperadas con caudales promedios anuales**

Parámetro	Unidades	Concentración Aguas Arriba del vertimiento	Concentración del posible Vertimiento	Concentración Esperada Aguas Abajo del vertimiento según el caudal promedio anual		
				Q Min	Q Med	Q Max
				0.0076 m <sup>3</sup> /s	0.0087 m <sup>3</sup> /s	0.0106 m <sup>3</sup> /s
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	46	76	46,47	46,41	46,34
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	95	97	95,03	95,03	95,02
Grasas y Aceites	mg/L	12	<12	12	12	12
Mercurio	mg Ni/L	ND<0.0009	ND<0.0009	0.0009*	0.0009*	0.0009*
Plata	mg Al/ L	ND<0.05	ND<0.05	0.05*	0.05*	0.05*
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.18	5.1	7,15	7,15	7,16
Plomo	mg Pb/L	ND<0,11	ND<0,11	0.11*	0.11*	0.11*
pH	Unidades	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4
Solidos suspendidos	mg/L	20.5	145	22,44	22,19	21,89
Solidos Totales	mg/L	67	234	69,60	69,27	68,87
Temperatura	°C	23.0	24.2	23,02	23,02	23,01

*\*El cálculo de las concentraciones esperadas en los parámetros que no se detectaron, se realizó tomando como referencia el valor del límite de cuantificación*

### **PARTE III**

## **10. MONITOREO Y SEGUIMIENTO EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO BUCARAMANGA**

### **10.1 LAVADERO CENTER CAR**

#### **10.1.1 Descripción de la industria**

##### **Razón social**

El “CENTER CAR”, presta los servicios de Lavado de Automotores las 24 horas del día, durante todos los días de la semana. En este Lavadero también se presta el servicio de lubricación de vehículos, y demás, sin embargo la actividad que significativamente requiere inversión del recurso agua, es propiamente la de lavado de vehículos y motos.

##### **Ubicación**

El lavadero “CENTER CAR”, se encuentra localizada en la carrera 21 Boulevard 20-59 en Bucaramanga.

##### **Capacidad instalada**

El “CENTER CAR”, cuenta con la logística necesaria para satisfacer las necesidades de lavado de Vehículos pequeños, camperos y Camionetas. Los vehículos de mayor peso o dimensión como los dobles troques, tracto-camiones, o camiones que no son lavados en este Lavadero.

## 10.1.2 Descripción de las Descargas de Agua Residual

### Caudal, volumen y duración de las descargas.

Las descargas de agua residual proveniente únicamente de las diferentes mangueras que se encuentran trabajando al servicio del lavado de los automotores. Las descargas producidas en otras dependencias como de la batería de baños, oficinas, y demás, son mezcladas con las del lavadero. El caudal descargado es variable de acuerdo con el número de vehículos que requieran del Servicio en cada día. Hay días que no hay gran requerimiento de lavado por parte de los vehículos especialmente los días lluviosos. La duración de la descarga de agua se da intermitentemente durante el lavado de automotores.

### Datos de campo in situ

Los formatos de campo utilizados en la caracterización de aguas residuales de El “CENTER CAR”. Realizado por el laboratorio PSL PROANALISIS LTDA., el día 23 de Febrero del 2015, se anexan al presente documento. Es conveniente precisar que los funcionarios del EMPAS supervisaron que se desarrollara adecuadamente la jornada de monitoreo.

A continuación se presentan los datos **IN SITU** obtenidos en el trabajo de campo realizado.

En **la Tabla 35** y en las **Figuras 23, 24, 25, y 26** se presenta la información correspondiente a las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo en las ocho alícuotas correspondientes, en el **Punto 1** (Afluente del Sistema) del “CENTER CAR”, donde se emiten vertimientos generados durante la jornada de lavado de Automotores.

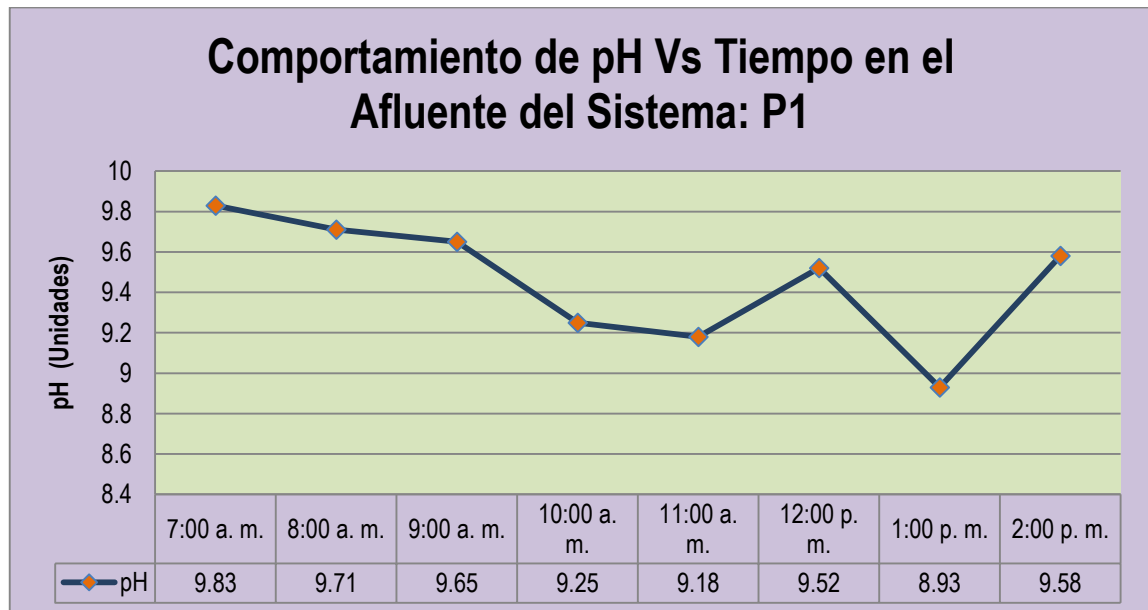
**Tabla 35. P1. Afluente del Sistema.**

Alicuota No	Fecha	Hora	Volumen	Tiempo	Caudal	pH	T. Muestra	T. Ambiente	Sólidos Sedimentables	Alicuota a componer
m1	23/02/2015	07:00 a.m.	1,33	19,2	0,0692	9,83	24,9	27,6	0,4	367,562
m2	23/02/2015	08:00 a.m.	1,31	18,6	0,0704	9,71	24,6	27,2	0,7	373,714
m3	23/02/2015	09:00 a.m.	1,26	19,31	0,0652	9,65	24,8	27,4	0,6	346,233
m4	23/02/2015	10:00 a.m.	1,35	20,6	0,0655	9,25	25,3	27,7	0,6	347,734
m5	23/02/2015	11:00 a.m.	1,13	16,2	0,0697	9,18	26,2	28,1	0,7	370,121
m6	23/02/2015	12:00 p.m.	1,5	20,1	0,0746	9,52	26,6	28,3	0,7	395,982
m7	23/02/2015	01:00 p.m.	1,32	17,3	0,0763	8,93	27,1	28,9	0,4	404,863
m8	23/02/2015	02:00 p.m.	1,18	15,9	0,0742	9,58	28,2	29,5	0,7	393,791
Promedios					0,0706	9,45	25,9625	28,0875	0,6	
Sumatoria De Caudales					0,5653					3000

Fuente: el Autor

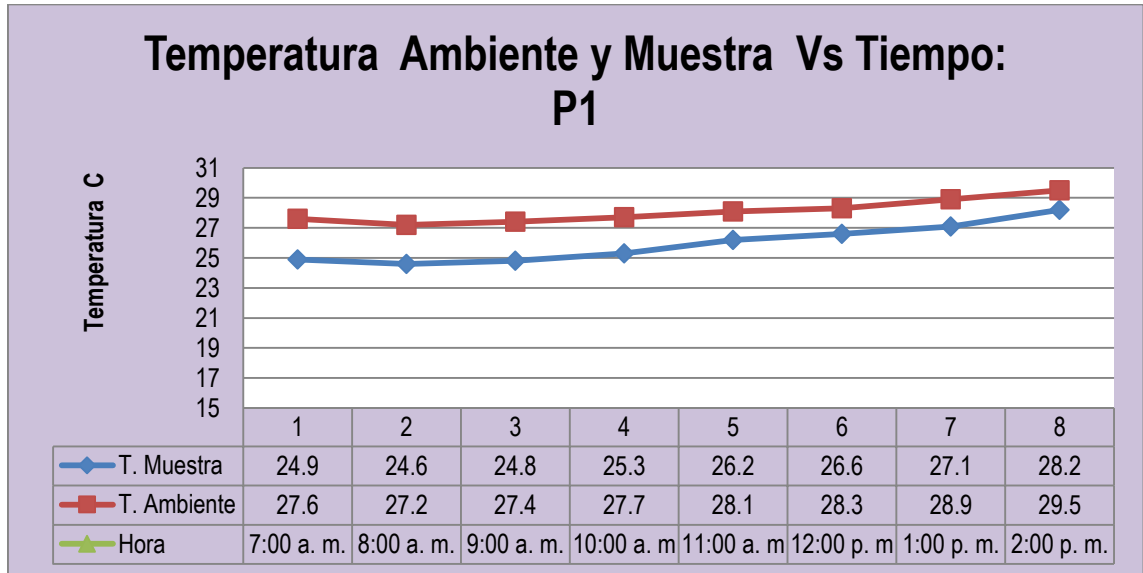
A continuación se describe gráficamente el comportamiento de los parámetros In Situ en el Afluente del Sistema:

**Figura 23.. Relación de pH Vs Tiempo en el Afluente del Sistema.**



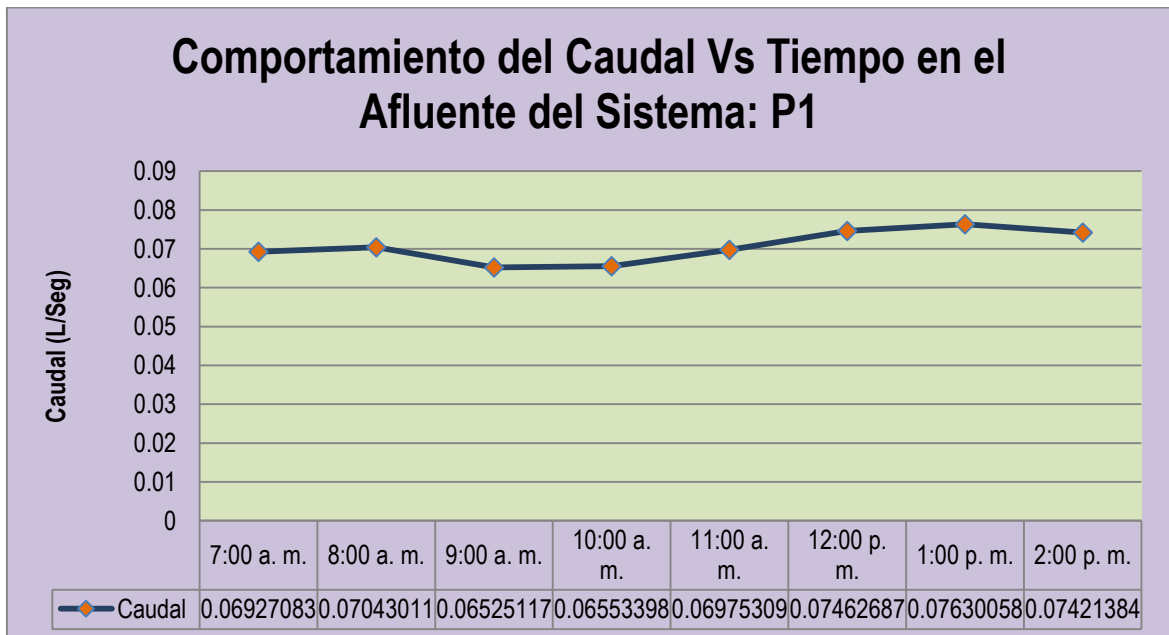
Fuente: el Autor

**Figura 24. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Afluente del Sistema.**



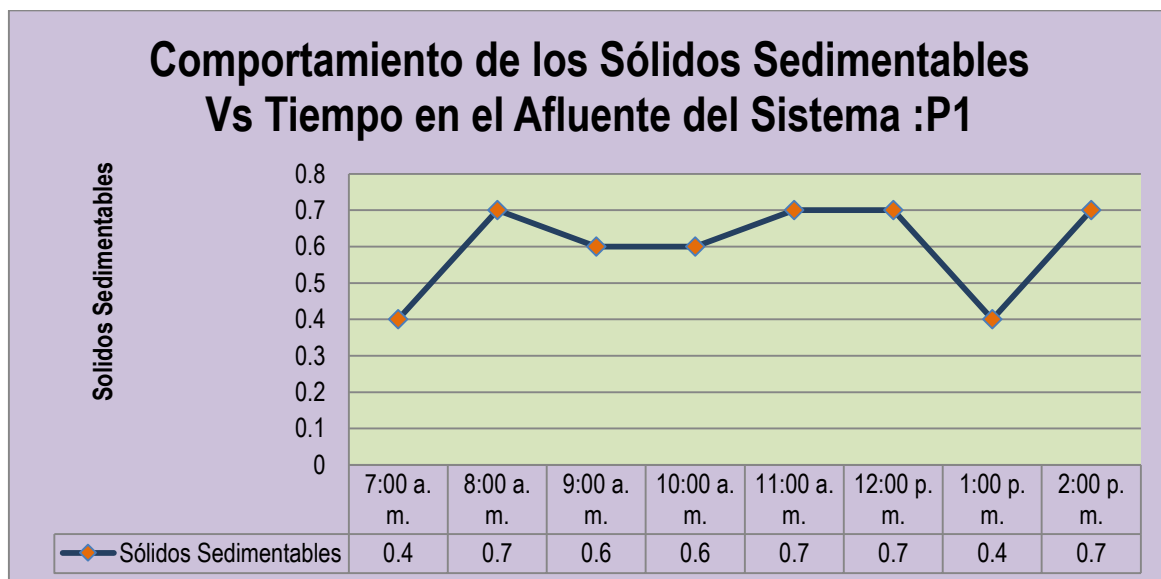
Fuente: el Autor

**Figura 25. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 1.**



Fuente: el Autor

**Figura 26. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Afluyente.**



Fuente: el Autor

En la **Tabla 36** y en las **Gráficas 27, 28, 29 y 30**, se presenta la información correspondiente a las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo en las ocho alícuotas correspondientes, en el **Punto 2** (Efluente del Sistema) del “CENTER CAR”, donde se emiten vertimientos generados durante la jornada de lavado de Automotores.

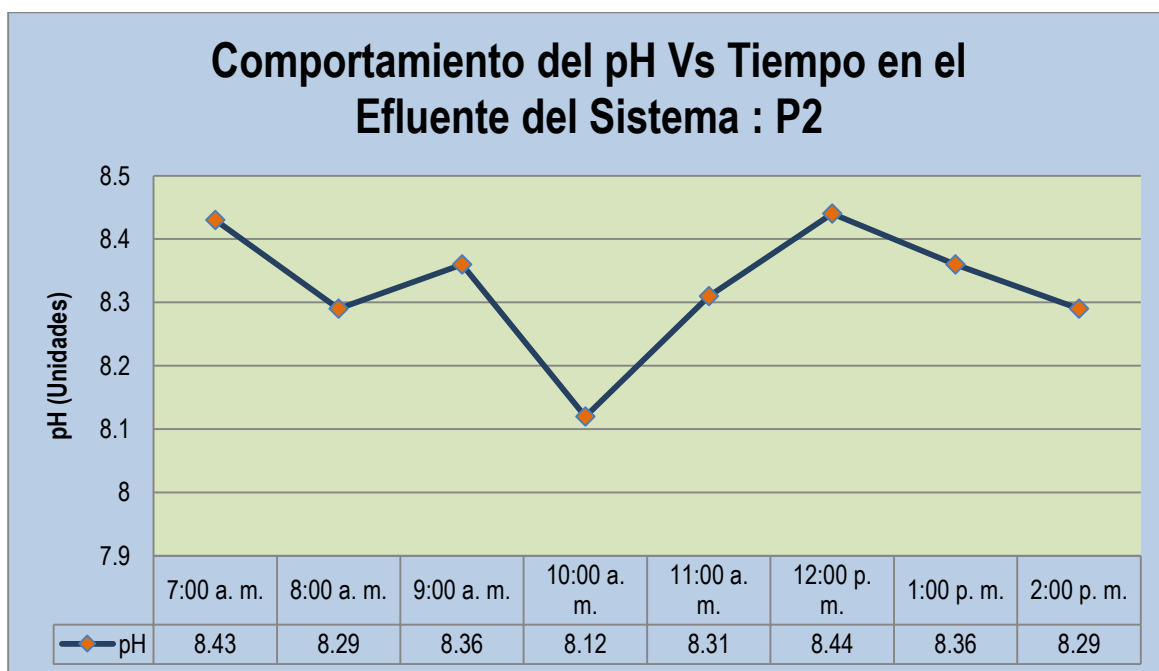
**Tabla 36. P2. Efluente del Sistema.**

Alicuota No	Fecha	Hora	Volumen	Tiempo	Caudal	pH	T. Muestra	T. Ambiente	Sólidos Sedimentables	Alicuota a componer
m1	23/02/2015	07:00 a.m.	1,33	19,22	0,0691987	8,43	26,8	27,6	0,1	369,20477
m2	23/02/2015	08:00 a.m.	1,31	18,06	0,0725359	8,29	26,7	27,2	0,2	387,01037
m3	23/02/2015	09:00 a.m.	1,26	19,31	0,0652511	8,36	26,9	27,8	0,1	348,14272
m4	23/02/2015	10:00 a.m.	1,35	22,2	0,0608108	8,12	26,3	27,7	0,1	324,45154
m5	23/02/2015	11:00 a.m.	1,13	11,8	0,0957627	8,31	26,9	28,1	0,2	510,93480
m6	23/02/2015	12:00 p.m.	1,5	24	0,0625	8,44	27,3	28,3	0,2	333,46408
m7	23/02/2015	01:00 p.m.	1,32	18,4	0,0717391	8,36	27,6	28,9	0,1	382,75878

Alicuota No	Fecha	Hora	Volumen	Tiempo	Caudal	pH	T. Muestra	T. Ambiente	Sólidos Sedimentables	Alicuota a componer
m8	23/02/2015	02:00 p.m.	1,18	18,3	0,0644808	8,29	28,1	29,5	0,1	344,03289
Caudal Promedio del Efluente					0,0702849	8,32	27,075	28,1375	0,1375	
Sumatoria de Caudales					0,5622794					3000

Fuente: el Autor

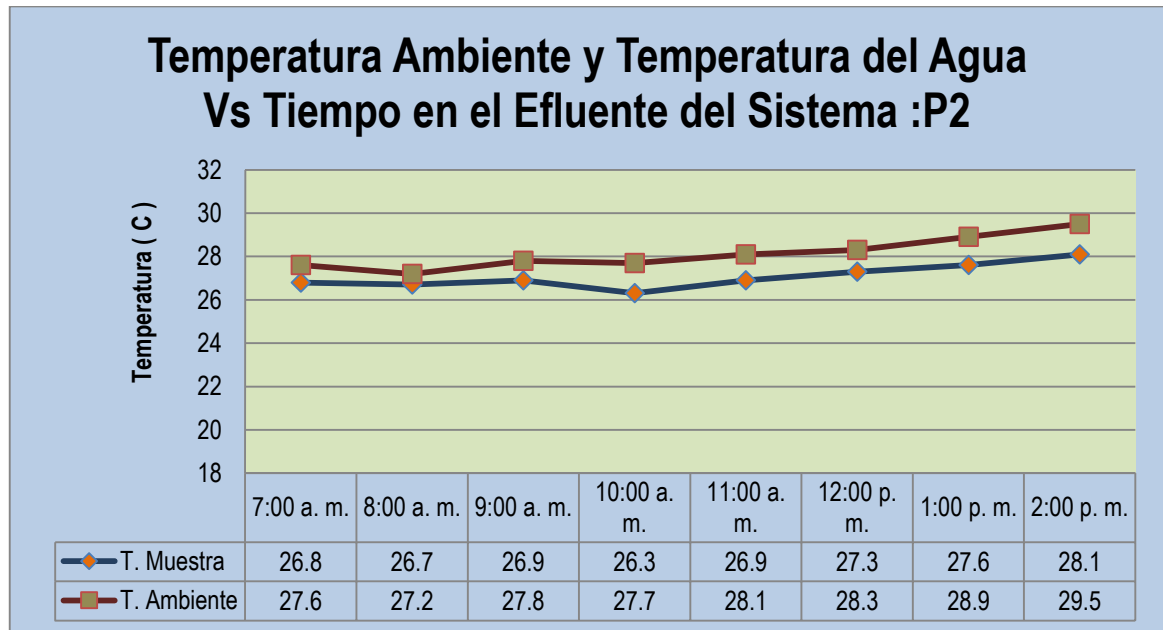
**Figura 27. Relación de pH Vs Tiempo en el Efluente del Sistema.**



Fuente: el Autor

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, Artículo 72, el pH de los Vertimientos Líquidos deben estar entre el rango de 5 a 9; la gráfica anterior nos muestra que el rango de pH de los vertimientos del Punto 2 se encuentran entre 8.12 y 8.44, por lo que no se evidencian pH problemáticos en ninguno de los registros.

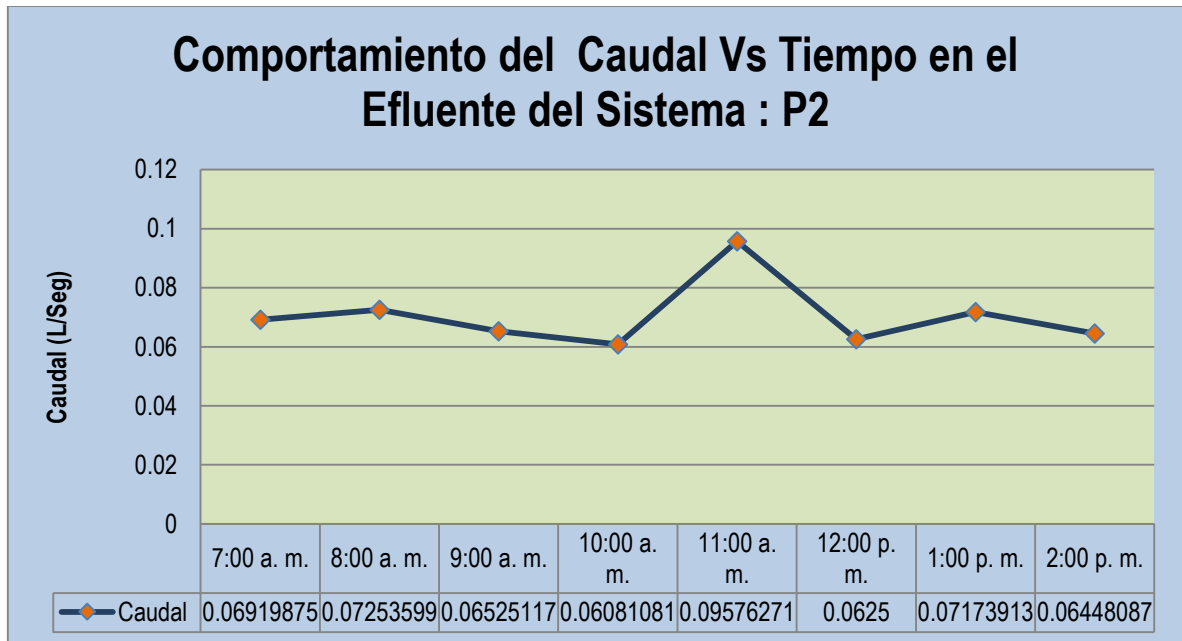
**Figura 28. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Efluente del Sistema.**



Fuente: el Autor

De acuerdo con el Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984, la Temperatura de los vertimientos no debe sobrepasar los 40C. La gráfica 26 nos muestra que la temperatura mayor que se registra es de 28.1 C, por lo que no se está incumpliendo la normatividad legal vigente.

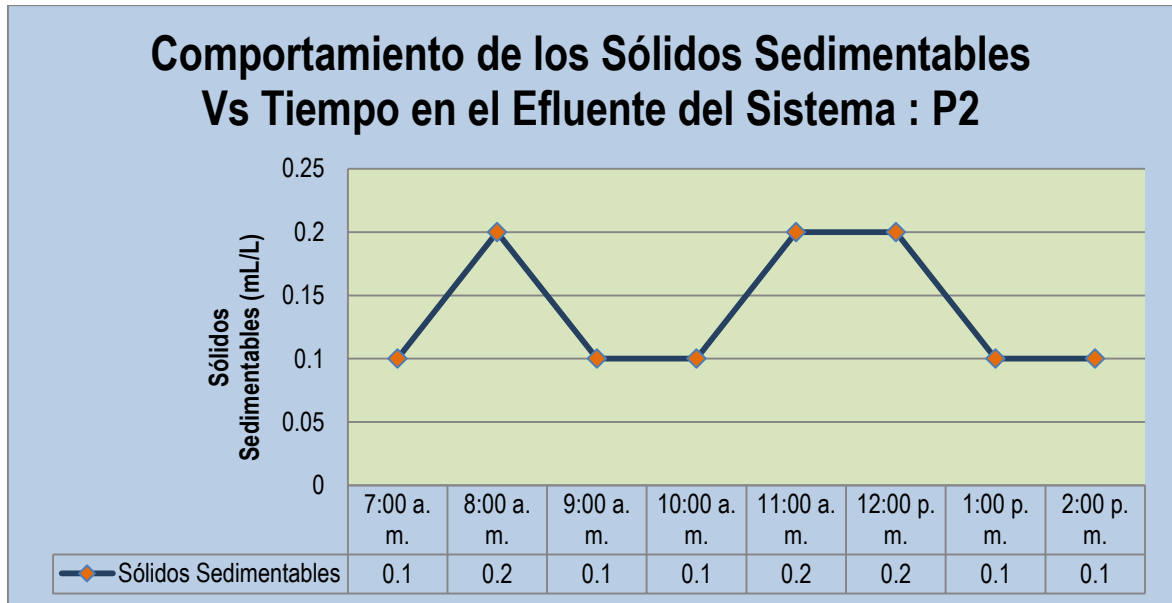
**Figura 29. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 2.**



Fuente: el Autor

Se realizó la medición de Volúmenes y tiempos para determinación del respectivo Caudal del lavadero, mas es evidente la existencia de un caudal minúsculo proveniente de la entidad, que en total, no supera los 0,0957 L/Seg en promedio. Las dependencias de mayor trascendencia en aporte de carga contaminante son las baterías de baños y los jabones desinfectantes que se utilizan para la limpieza. Y una parte en procesos de odontología y medicina general.

**Figura 30. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Efluente del Sistema.**



Fuente: el Autor

De acuerdo con el Artículo 73 del Decreto 1594 de 1984, los sólidos Sedimentables que se vierten al alcantarillado no deben sobrepasar los 10 mL/L. En “CENTER CAR” no sobrepasa los 10 mL de Sólidos Sedimentables en ninguno de los Registros del Efluente, lo que demuestra que el agua finaliza su tratamiento con un bajo contenido de Sólidos Sedimentables cumpliendo con lo establecido en la norma.

### 10.1.3 Resultados De Los Parámetros Físicoquímicos

Los parámetros físico-químicos analizados en el presente estudio se encuentran establecidos dentro de los lineamientos y requisitos técnicos del decreto 1594 de 1984, por medio del cual se reglamentan los vertimientos líquidos sobre un alcantarillado público como es el caso del “CENTER CAR”. A continuación se describen dichos parámetros junto con los parámetros de interés sanitario:

- Grasas y aceites
- Sólidos Suspendidos Totales
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>
- Demanda Química de Oxígeno DQO

Los resultados Físico-químicos, se presentan en la **Tabla 37**, y corresponden a los análisis de las muestras tomadas el día 23 de Febrero de 2015 por el equipo técnico del laboratorio.

**Tabla 37. arámetros fisicoquímicos del Sistema de Tratamiento.**

<b>Análisis</b>	<b>Afluente del Sistema</b>	<b>Efluente del Sistema</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Decreto 1594 de 1984</b>
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	749,4	102,3	mg/L	S.M. 2540-D	Remoción 80%
<b>DBO<sub>5</sub></b>	712,4	145,7	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5210-B	Remoción 80%
<b>DQO</b>	958,5	186,2	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5220-C	Remoción 80%
<b>Grasas y Aceites</b>	124,1	25,6	mg/L	S.M. 5520-B	Remoción 80%

Fuente: ACI Kronox

### **Cálculo de carga (kg/día) y balance de masa para los parámetros evaluados**

En las Tabla 38, se presenta el cálculo de la carga contaminante para cada uno de los vertimientos Estudiados.

**Tabla 38. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos.**

Parámetro	Afluente del Sistema			Efluente del Sistema		
	Concentración	Q	Carga	Concentración	Q	Carga
	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	749,4	0.070 6	2,2856	102,3	0.070 2	0,3102
<b>DBO5</b>	712,4		2,1727	145,7		0,4418
<b>DQO</b>	958,5		2,9233	186,2		0,5646
<b>Grasas y Aceites</b>	124,4		0,3784	25,6		0,0776
<b>Tiempo de Vertimiento</b>		24 Horas				

Fuente: El Autor

### Cálculos de remoción

**Tabla 39. Cálculo de la Remoción**

PARÁMETRO MEDIDO	REMOCIÓN
<b>Sólidos Suspendidos</b>	86,426 %
<b>DBO5</b>	79,663 %
<b>DQO</b>	80,683 %
<b>Grasas y Aceites</b>	79,488%

Fuente: El Autor

## **Comparación de resultados y verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por la corporación y/o las normas de vertimiento**

De acuerdo con el resultado de los análisis fisicoquímicos del agua, es posible afirmar que El “CENTER CAR” En Términos de Remoción, el sistema cuenta en general con un tratamiento que genera una buena remoción sobre todo en términos de Grasas y Aceites. Se evidencia una considerable remoción de DBO y DQO y Solidos Suspendidos superando el umbral máximo permisible.

## **10.2 EDS LA COLOMBIA**

### **10.2.1 Descripción De La Industria**

#### **Razón social**

En el “E.D.S LA COLOMBIA”, presta los servicios de Lavado de Automotores las 24 horas del día, durante todos los días de la semana. En este Lavadero también se presta el servicio de venta de combustibles, venta de gas natural, cambio de aceite, lubricación de vehículos y demás, sin embargo la actividad que significativamente requiere inversión del recurso agua, es propiamente la del lavado de vehículos.

#### **Ubicación**

El lavadero “E.D.S LA COLOMBIA”, se encuentra localizada en la calle 33 #24-05 Esquina, Antonia Santos en Bucaramanga.

#### **Capacidad instalada**

En la estación de servicio “LA COLOMBIA”, cuenta con la logística necesaria para satisfacer las necesidades de lavado de Vehículos pequeños, camperos y Camionetas. Los vehículos de mayor peso o dimensión como los dobles troques, tracto-camiones, o camiones no son lavados en este Taller de Lavado.

## **10.2.2. Descripción de las Descargas de Agua Residual**

### **Caudal, volumen y duración de las descargas**

Las descargas de agua residual proveniente únicamente de las diferentes mangueras que se encuentran trabajando al servicio del lavado de los automotores. Las descargas producidas en otras dependencias como de la batería de baños, oficinas, y demás, son mezcladas con las del lavadero. El caudal descargado es variable de acuerdo con el número de vehículos que requieran del Servicio en cada día. Hay días que no hay gran requerimiento de lavado por parte de los vehículos especialmente los días lluviosos. La duración de la descarga de agua se da intermitentemente durante el lavado de automotores.

### **Datos de campo in situ**

Los formatos de campo utilizados en la caracterización de aguas residuales de la “E.D.S LA COLOMBIA”. Realizado por el laboratorio PSL PROANALISIS LTDA., el día 3 de Febrero del 2015, se anexan al presente documento. Es conveniente precisar que los funcionarios del EMPAS supervisaron que se desarrollara adecuadamente la jornada de monitoreo.

A continuación se presentan los datos *IN SITU* obtenidos en el trabajo de campo realizado.

En la Tabla 40 y en las Gráficas 31, 32, 33, 34 se presenta la información correspondiente a las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo, en el Punto 1 (Afluente del Sistema) del “E.D.S LA COLOMBIA”, donde se emiten vertimientos generados durante la jornada de lavado de Automotores.

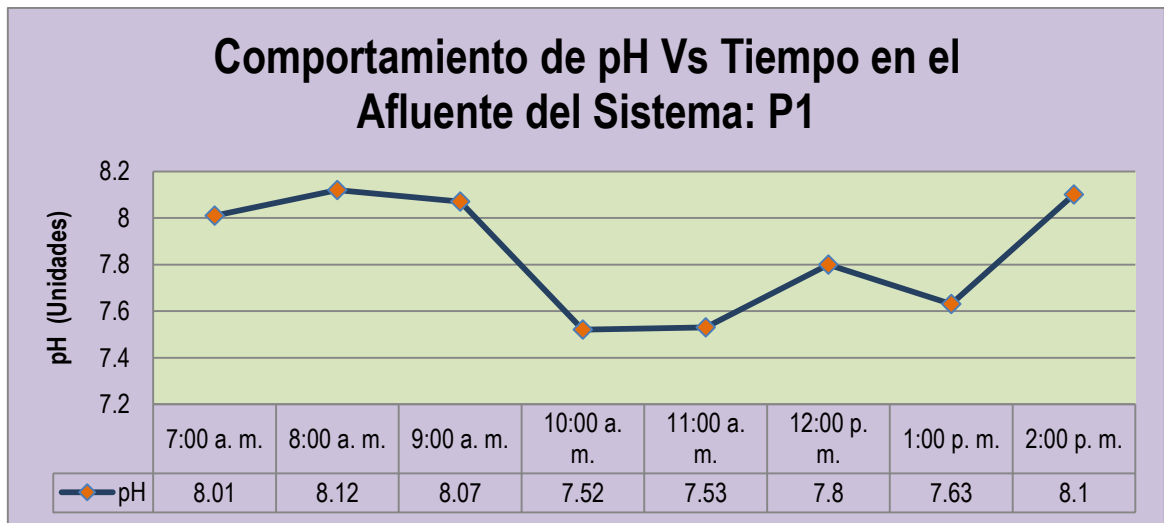
### **Tabla 40. P1. Afluente del Sistema**

Alicuota No	Fecha	Hora	Volumen	Tiempo	Caudal	pH	T. Muestra	T. ambiente	Sólidos Sedimentables	Alicuota a componer
m1	03/02/201 5	7:00 AM	2,1	17	0,12352 9	8,01	24,1	27,1	0,2	195,10046
m2	03/02/201 5	8:00 AM	2,3	15	0,15333 3	8,12	24,3	27,1	0,2	242,17232
m3	03/02/201 5	9:00 AM	3,2	31	0,10322 5	8,07	24,4	27,2	0,3	163,03326
m4	03/02/201 5	10:00 AM	2,4	15	0,16	7,52	26,2	30,1	0,4	252,70156
m5	03/02/201 5	11:00 AM	3,5	19	0,18421 0	7,53	29,1	30,8	0,3	290,93929
m6	03/02/201 5	12:00 PM	3,2	17	0,18823 5	7,8	28,9	31,1	0,2	297,29595
m7	03/02/201 5	1:00 PM	2,4	14	0,17142 8	7,63	29,3	31,3	0,4	270,75167
m8	03/02/201 5	2:00 PM	3,1	17	0,18235 2	8,1	29,5	31,2	0,3	288,00545
Promedios					0,15828 9	7,84	26,975	29,4875	0,2875	
Sumatoria					1,26631 5					2000

Fuente: el Autor

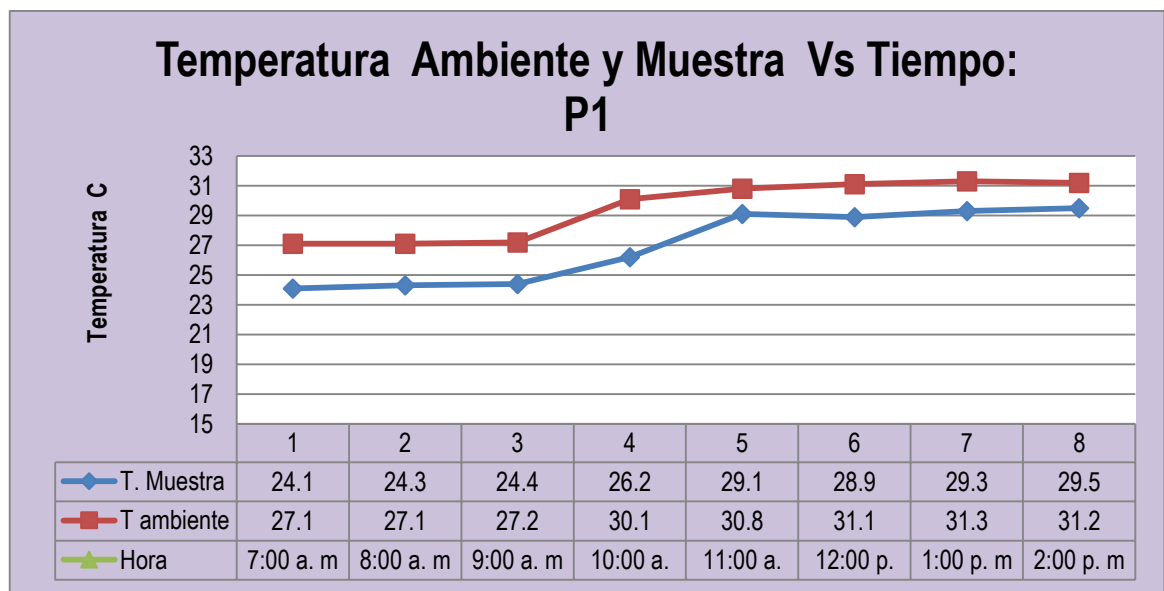
A continuación se describe gráficamente el comportamiento de los parámetros In Situ en el Afluente del Sistema:

**Figura 31. Relación de pH Vs Tiempo en el Afluente del Sistema.**



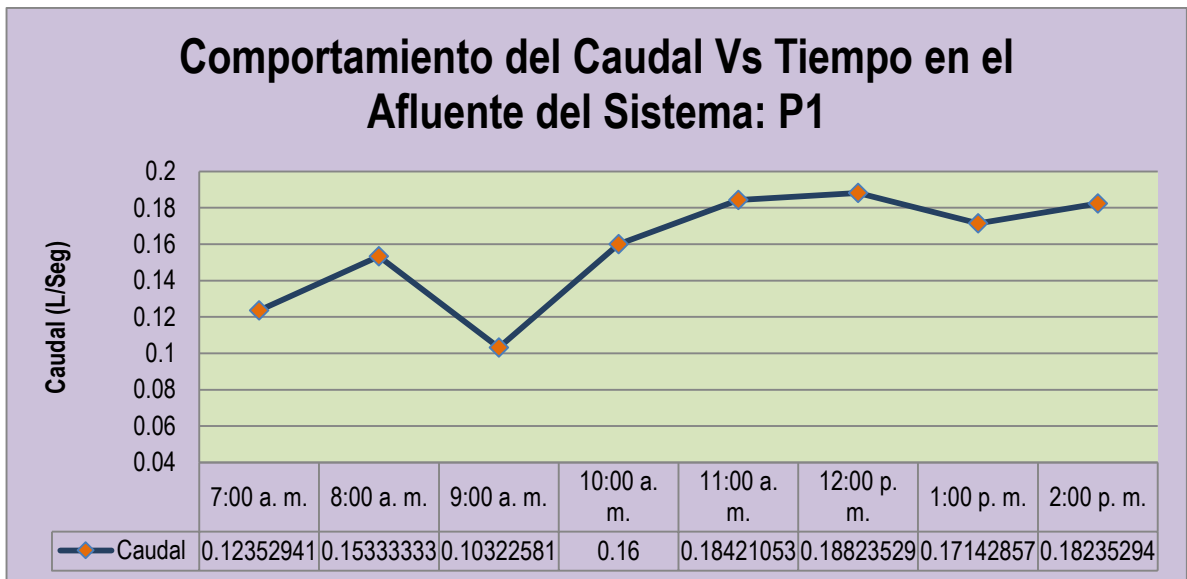
Fuente: el Autor

**Figura 32. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Afluyente del Sistema.**



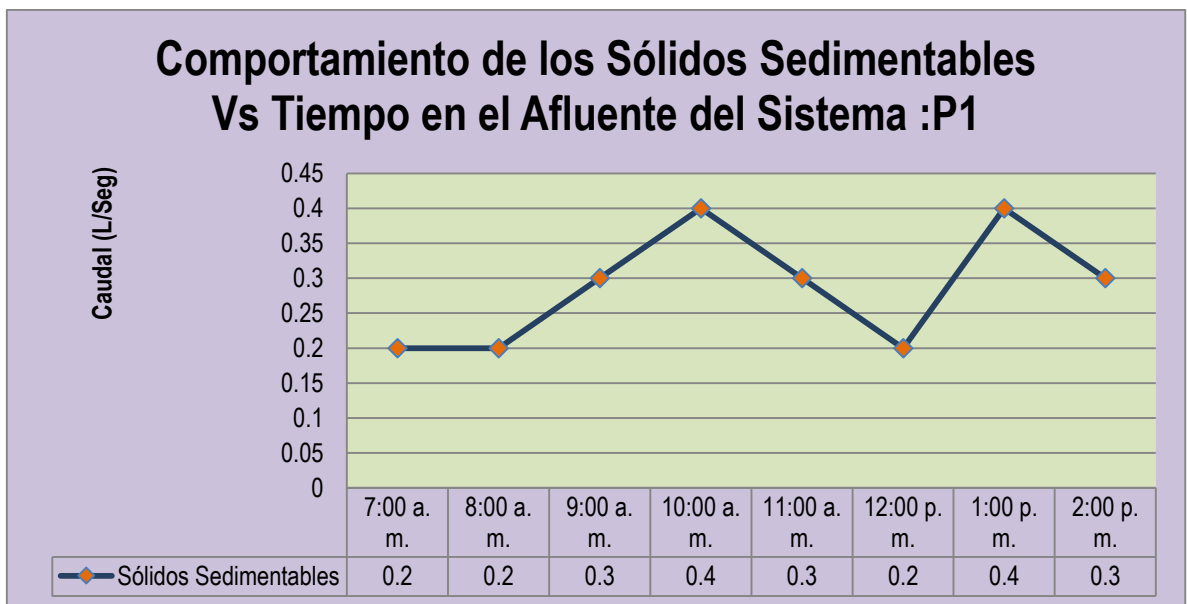
Fuente: el Autor

**Figura 33. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Afluyente del Sistema.**



Fuente: el Autor

**Figura 34. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Punto 1.**



Fuente: el Autor

En la **Tabla 41** y en las **Gráficas 35 36, 37 y 38** se presenta la información correspondiente a las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo,

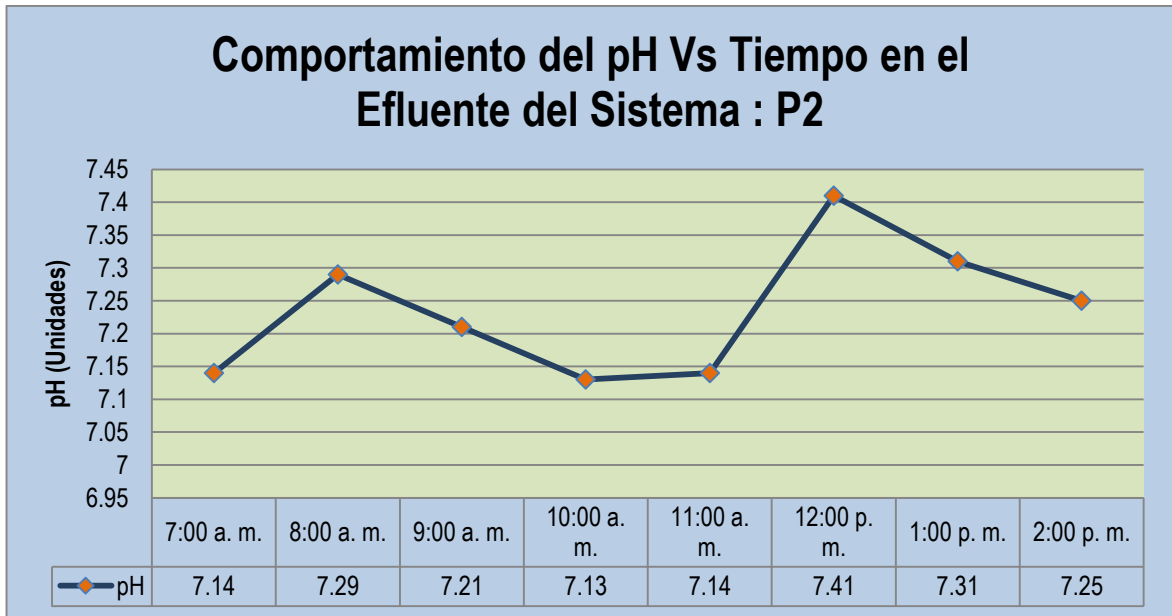
en el **Punto 2** (Efluente del Sistema) del “E.D.S LA COLOMBIA”, donde se emiten vertimientos generados durante la jornada de lavado de Automotores.

**Tabla 41. P2. Efluente del Sistema**

<b>Alícuota No</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Volumen</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Caudal</b>	<b>pH</b>	<b>T. Muestra</b>	<b>T. ambiente</b>	<b>Sólidos Sedimentables</b>	<b>Alícuota a componer</b>
m1	03/02/2015	7:00 AM	2,4	12,4	0,193548	7,14	25,1	27,1	0,1	313,77667
m2	03/02/2015	8:00 AM	2,1	13,2	0,159091	7,29	24,9	27,1	0,1	257,91491
M3	03/02/2015	9:00 AM	3,5	33	0,106061	7,21	24,5	27,2	0,3	171,94327
m4	03/02/2015	10:00 AM	3,5	32	0,109375	7,13	27,7	30,1	0,3	177,31650
m5	03/02/2015	11:00 AM	3,6	23,8	0,151261	7,14	29,2	30,8	0,2	245,22042
m6	03/02/2015	12:00 PM	2,4	14,1	0,170213	7,41	29,4	31,1	0,1	275,94543
m7	03/02/2015	1:00 PM	3,8	24,2	0,157025	7,31	29,5	31,3	0,1	254,56536
m8	03/02/2015	2:00 PM	2,9	15,5	0,187097	7,25	29,8	31,2	0,2	303,31744
Caudal Promedio del Efluente					<b>0,15420872</b>	<b>7,23</b>	<b>27,5125</b>	<b>29,4875</b>	<b>0,175</b>	
Sumatoria					1,23366974					2000

Fuente: el Autor

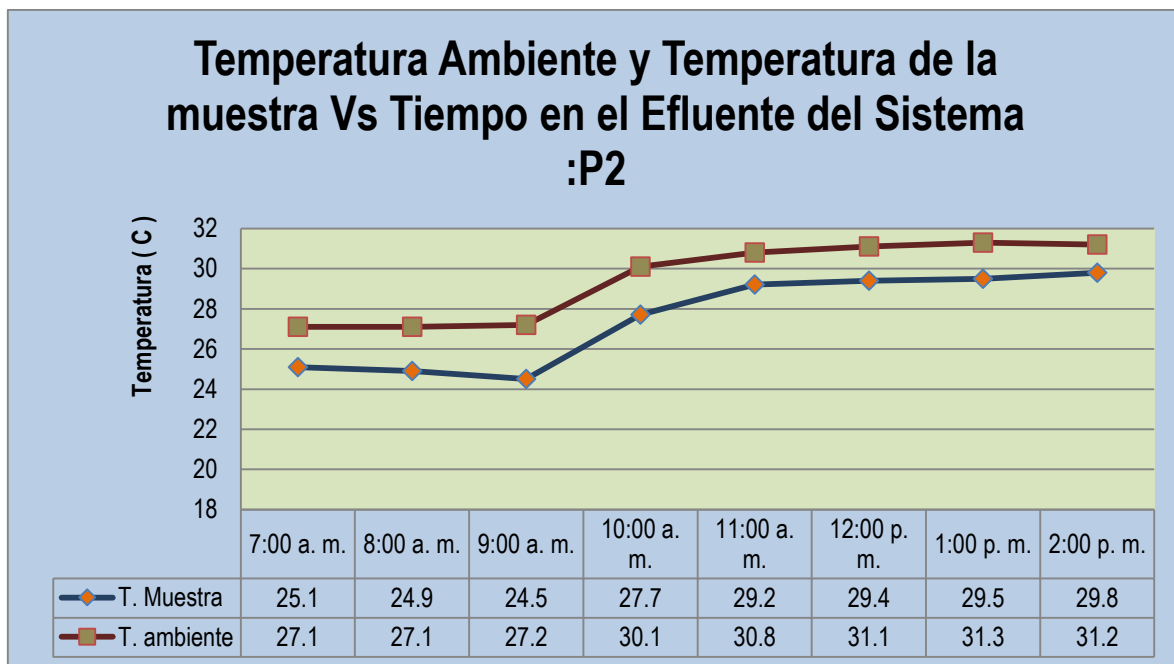
**Figura 35. Relación de pH Vs Tiempo en el Efluente del Sistema.**



Fuente: el Autor

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, Artículo 72, el pH de los Vertimientos Líquidos deben estar entre el rango de 5 a 9; la gráfica anterior nos muestra que el rango de pH de los vertimientos del Punto 2 se encuentran entre 7.13 y 7.41, por lo que no se evidencian pH problemáticos en ninguno de los registros.

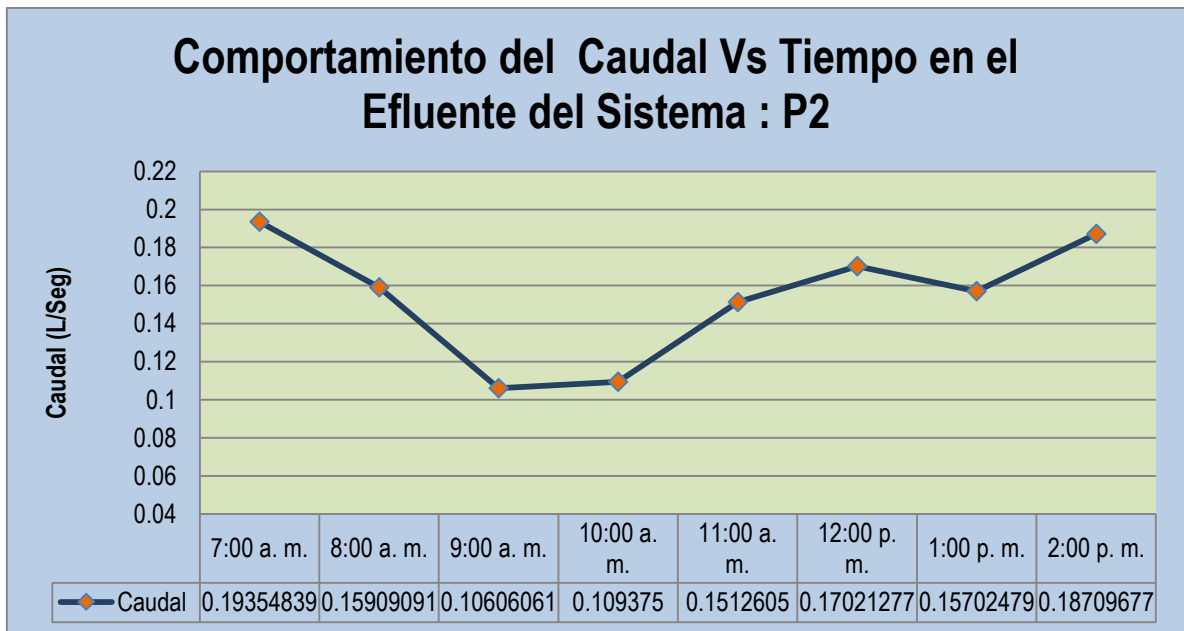
**Figura 36. Representación Gráfica Temperatura Ambiente y Temperatura de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Efluente del Sistema.**



Fuente: el Autor

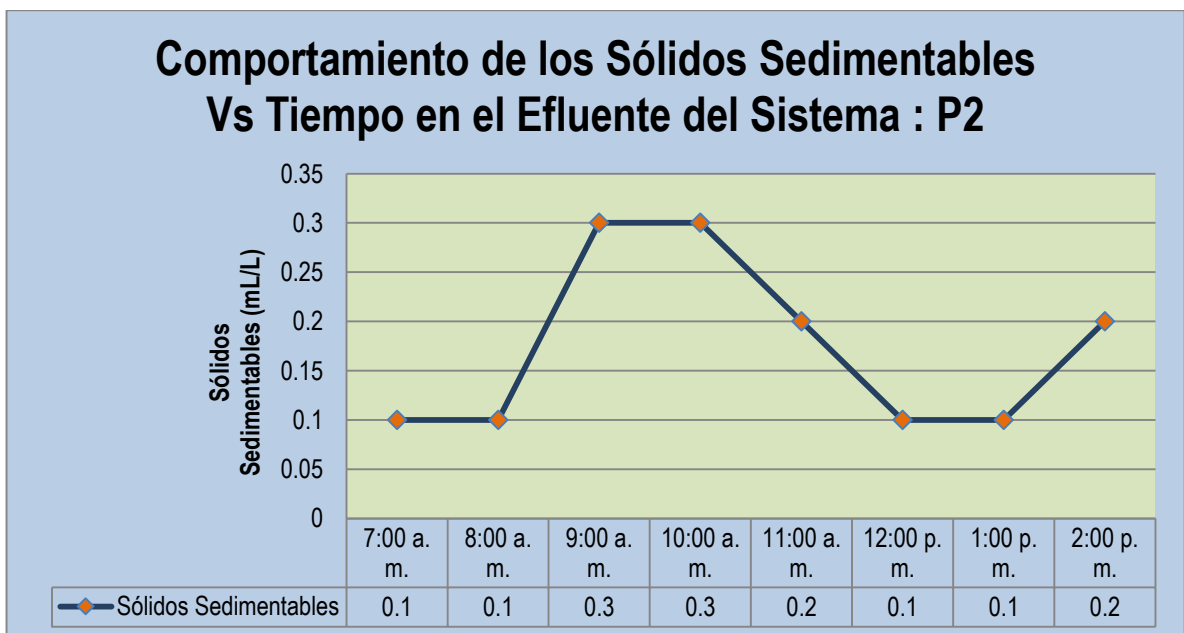
De acuerdo con el Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984, la Temperatura de los vertimientos no debe sobrepasar los 40C. La gráfica 36 nos muestra que la temperatura mayor que se registra es de 29.8 C, por lo que no se está incumpliendo la normatividad legal vigente.

**Figura 37. Comportamiento del Caudal durante el Tiempo en el Punto 2.**



Fuente: el Autor

**Figura 38. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Efluente del Sistema.**



De acuerdo con el Artículo 73 del Decreto 1594 de 1984, los sólidos Sedimentables que se vierten al alcantarillado no deben sobrepasar los 10 mL/L. El "E.D.S LA

COLOMBIA” no sobrepasa los 10 mL de Sólidos Sedimentables en ninguno de los Registros del Efluente, lo que demuestra que el agua finaliza su tratamiento con un bajo contenido de Sólidos Sedimentables cumpliendo con lo establecido en la norma.

### **10.2.3. Resultados de los Parámetros Físicoquímicos**

Los parámetros físico-químicos analizados en el presente estudio se encuentran establecidos dentro de los lineamientos y requisitos técnicos del decreto 1594 de 1984, por medio del cual se reglamentan los vertimientos líquidos sobre un alcantarillado público como es el caso del “E.D.S LA COLOMBIA”. A continuación se describen dichos parámetros junto con los parámetros de interés sanitario:

- Grasas y aceites
- Sólidos Suspendidos
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>
- Demanda Química de Oxígeno DQO
- Fenoles

Los resultados Físico-químicos reportados por el laboratorio PSL PROANALISIS LTDA, se presentan en la **Tabla 33**, y corresponden a los análisis de las muestras tomadas el día 3 de Febrero de 2015 por el equipo técnico del laboratorio.

### **Tabla 42. Parámetros físicoquímicos del Sistema de Tratamiento.**

Análisis	Afluente del Sistema	Efluente del Sistema	Unidades	Método	Decreto 1594 de 1984
Sólidos Suspendidos	914.6	110.8	mg/L	S.M. 2540-D	Remoción 80%
DBO <sub>5</sub>	621.4	41.4	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5210-B	Remoción 80%
DQO	872.8	68.7	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5220-C	Remoción 80%
Grasas y Aceites	463.9	43.5	mg/L	S.M. 5220-B	Remoción 80%

Fuente: ACI Kronox.

### Cálculo de carga (kg/día) y balance de masa para los parámetros evaluados

En las Tabla 43, se presenta el cálculo de la carga contaminante para cada uno de los vertimientos Estudiados.

**Tabla 43. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos**

Parámetro	Afluente del Sistema			Efluente Del Sistema		
	Concentración	Q	Carga	Concentración	Q	Carga
	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)
Sólidos Suspendidos	914.6	0.1582	6.250	110.8	0.1542	0.738
DBO <sub>5</sub>	621.4		4.246	41.4		0.275
DQO	872.8		5.964	68.7		0.4576
Grasas y Aceites	463.9		3.170	43.5		0.2897
<b>Tiempo de Vertimiento</b>		<b>24 Horas</b>				

Fuente: El Autor

### Cálculo de remoción

**Tabla 44. Cálculo de la Remoción**

<b>PARÁMETRO MEDIDO</b>	<b>REMOCIÓN</b>
<b>Sólidos Suspendidos</b>	88.191 %
<b>DBO5</b>	93.506 %
<b>DQO</b>	92.327 %
<b>Grasas y Aceites</b>	90.860 %

Fuente: El Autor

**Comparación de resultados y verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por la corporación y/o las normas de vertimiento**

De acuerdo con el resultado de los análisis fisicoquímicos del agua, es posible afirmar que El "E.D.S LA COLOMBIA" En Términos de Remoción, el sistema cuenta en general con un tratamiento que genera una buena remoción sobre todo en términos de Grasas y Aceites. Se evidencia una considerable remoción de DBO y DQO y Solidos Suspendidos superando el umbral máximo permisible.

**10.3 INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO IMPEC  
RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA**

### **10.3.1 Descripción de la Industria**

#### **RAZÓN SOCIAL Y UBICACIÓN**

EL INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC-RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA se encuentra ubicado en la Carrera 45 No Via Chimita del municipio de Bucaramanga, Santander. La institución tiene por objeto ejercer la vigilancia, custodia, atención y tratamiento de las personas privadas de la libertad, de conformidad con las políticas establecidas por el Gobierno Nacional y el ordenamiento jurídico, en el marco de la promoción, respeto y protección de los Derechos Humanos.

Fuente: inpec.gov.co

#### **UBICACIÓN**

A continuación se adjunta la imagen de Satélite de La Reclusión.

**Figura 39. Ubicación INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA**



Fuente: Google Maps.

## **CAPACIDAD INSTALADA**

EL INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC-RECLUSIÓN DE MUJERES DE BUCARAMANGA cuenta con una extensión aproximada de 300 m<sup>2</sup> donde se realiza la vigilancia, custodia, atención y tratamiento a alrededor de 500 mujeres reclusas en las instalaciones.

### **10.3.2 Caudal, Volumen Y Duración De Las Descargas**

Las descargas de agua residual proveniente de las diversas dependencias que trabajan continuamente en La Reclusión de mujeres, y se generan a causa del uso de las baterías sanitarias y de los diferentes lavados que realizan en cada una de las áreas. Tales descargas se realizan de manera continua, y el caudal en L/s varía de acuerdo con la frecuencia y el uso de los sanitarios por parte de los empleados, reclusas y visitantes.

Los reportes de resultados de los Análisis Físicoquímicos por parte del Laboratorio, se anexan al presente documento.

## **DATOS DE CAMPO IN SITU**

Los formatos de campo utilizados en la caracterización de aguas residuales del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA, realizado, el día 16 de Enero de 2015, se anexan al presente documento.

A continuación se presentan los datos **IN SITU** obtenidos en el trabajo de campo realizado.

Entre los parámetros In Situ captados durante el monitoreo de aguas, se Destaca el potencia de Hidrógeno (pH), Temperatura de la Muestra, Temperatura Ambiente, los sólidos Sedimentables y el caudal. El registro que se tomó es multitemporal con una frecuencia de una (1) Hora.

En la **Tabla 45** y en las **Gráficas 40, 41, 42, 43**, se presenta la información correspondiente a las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo, en el **Punto 1** del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA, donde ingresan al sistema de tratamiento los vertimientos generados principalmente por el uso de las baterías sanitarias, las duchas, aseo general y cocinas.

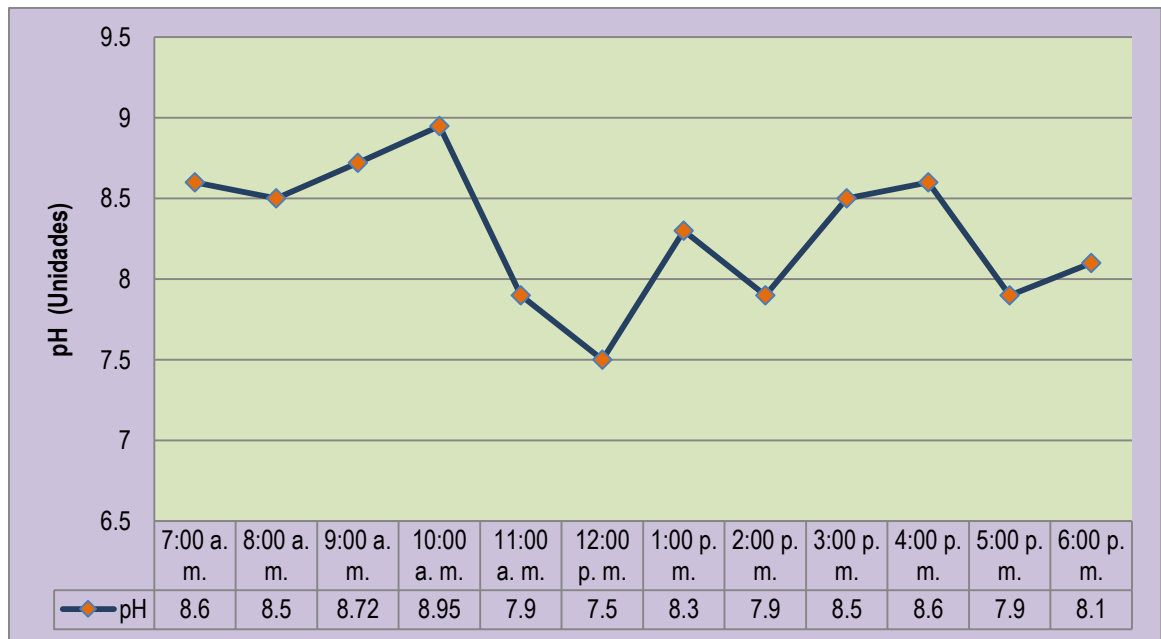
### **Tabla 45. P1. Afluente del sistema de la Reclusión**

Alicuota No	Fecha	Hora	Volumen	Tiempo	Caudal	pH	T. Muestra	T ambiente	Sólidos Sedimentables	Alicuota a componer
m1	16/01/2015	07:00 a.m.	1	40	0,025	8,6	25,9	27,5	2,8	276,085
m2	16/01/2015	08:00 a.m.	1,2	42	0,0285	8,5	28,1	29	2,2	315,526
m3	16/01/2015	09:00 a.m.	1,5	49	0,0306	8,72	29,9	31,2	1,9	338,064
m4	16/01/2015	10:00 a.m.	0,8	42	0,01904	8,95	31,4	33,7	2,6	210,351
m5	16/01/2015	11:00 a.m.	1,2	52	0,0230	7,9	31,9	34,1	1,8	254,848
m6	16/01/2015	12:00 p.m.	2	86	0,0232	7,5	30	32,1	2	256,824
m7	16/01/2015	01:00 p.m.	1,3	62	0,0209	8,3	31,4	33,3	4	231,555
m8	16/01/2015	02:00 p.m.	1	60	0,0166	7,9	33,1	34,2	2,2	184,057
m9	16/01/2015	03:00 p.m.	1,2	65	0,0184	8,5	30,5	32,7	2	203,878
m10	16/01/2015	04:00 p.m.	2,2	92	0,0239	8,6	28,3	31,1	1,8	264,082
m11	16/01/2015	05:00 p.m.	2	88	0,0227	7,9	27,9	30,6	2,6	250,987
m12	16/01/2015	06:00 p.m.	1,2	62	0,0193	8,1	28,1	28,9	2,1	213,743
Promedios					0,0226	8,289	29,708	31,533	2,333	
Sumatoria de Caudales					0,2716					3000

Fuente: el Autor

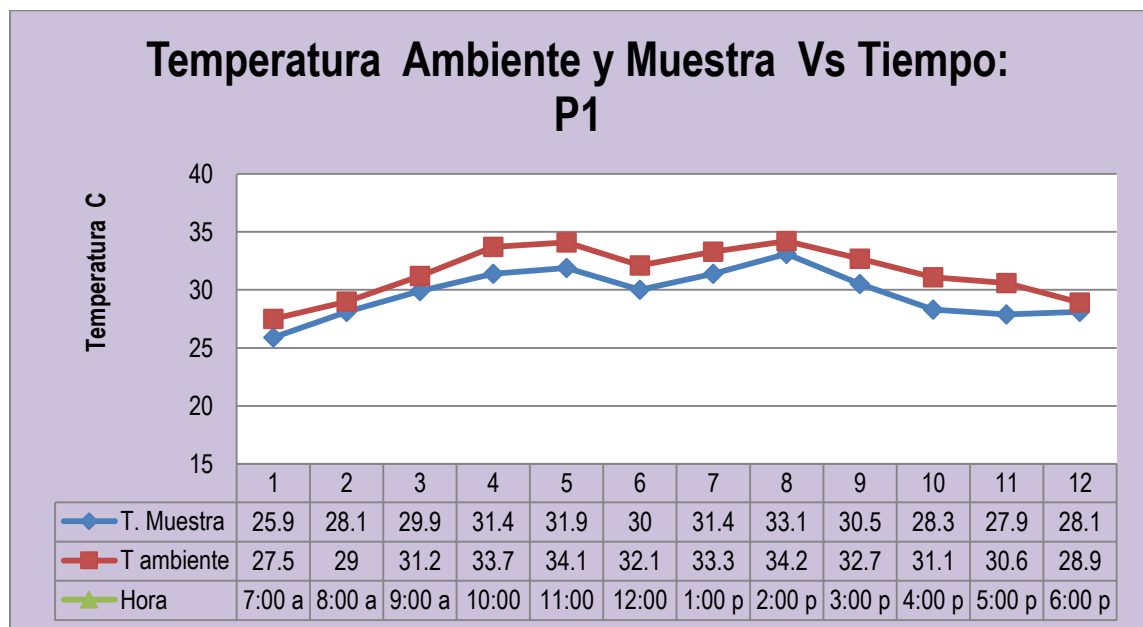
A continuación se describe gráficamente el comportamiento de los parámetros In Situ para el Afluente de la Reclusión

**Figura 40. Relación de pH Vs Tiempo Afluente**



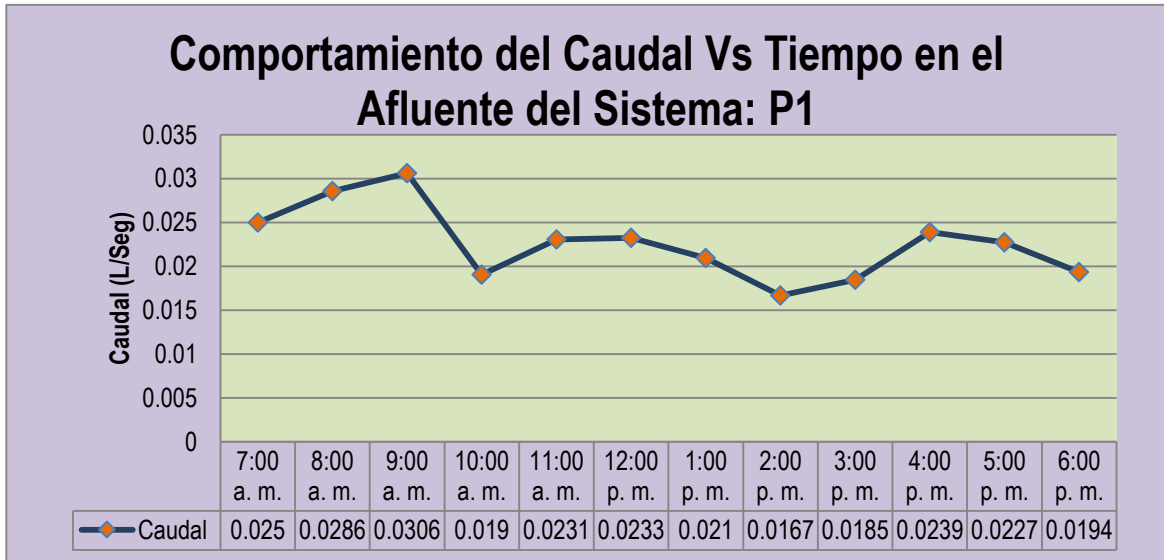
Fuente: el Autor

**Figura 41. Temperatura Ambiente y Temperatura (Grados Centígrados) de las Muestras Vs Hora de Toma de Registros en el Vertimiento 1.- P1.**

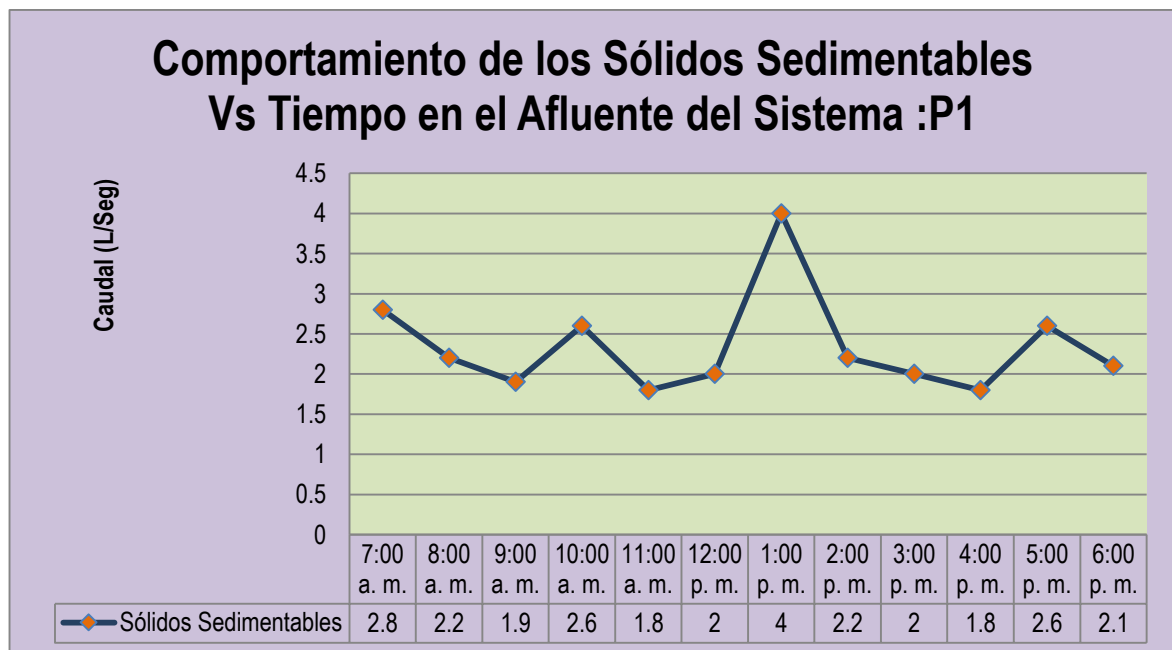


Fuente: el Autor

**Figura 42. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento.**



**Figura 43. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento.**



Fuente: el Autor

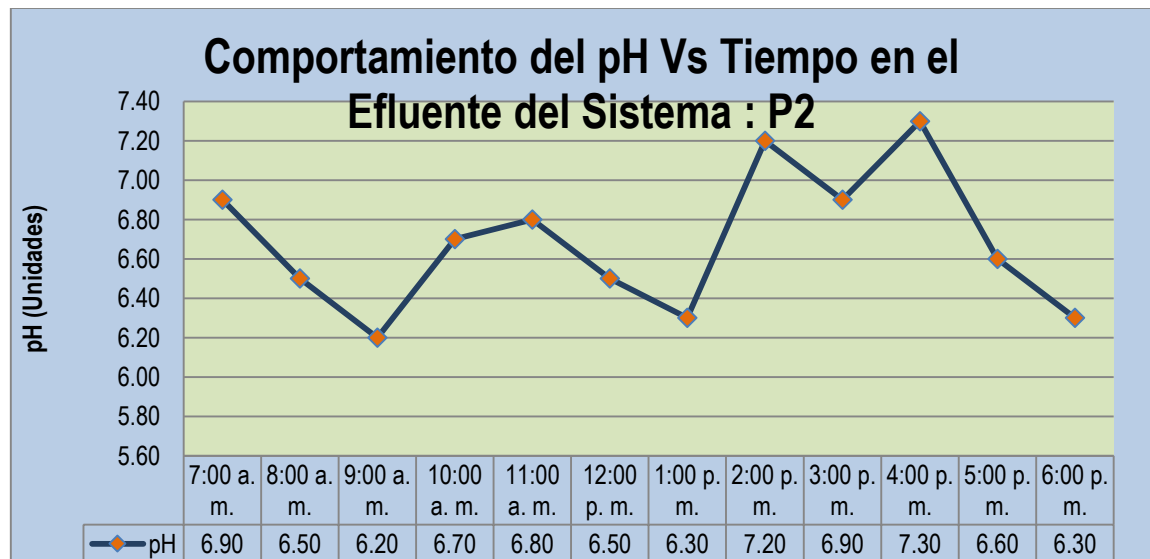
**Tabla 46. P2 Efluente del sistema de la Reclusión**

<b>Alícuota No</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Volumen</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Caudal</b>	<b>pH</b>	<b>T. Muestra</b>	<b>T. ambiente</b>	<b>Sólidos Sedimentables</b>	<b>Alícuota a componer</b>
m1	16/01/2015	07:00 a.m.	1	51	0,0196	6,90	26,10	27,50	0,40	238,06
m2	16/01/2015	08:00 a.m.	1,15	44	0,0261	6,50	27,90	29,00	1,10	317,33
m3	16/01/2015	09:00 a.m.	1,43	48	0,0298	6,20	30,10	31,20	0,60	361,71
m4	16/01/2015	10:00 a.m.	0,76	43	0,0177	6,70	31,20	33,70	0,80	214,59
m5	16/01/2015	11:00 a.m.	1,17	50	0,0234	6,80	32,30	34,10	0,30	284,11
m6	16/01/2015	12:00 p.m.	1,84	76	0,0242	6,50	29,90	32,10	0,30	293,95
m7	16/01/2015	01:00 p.m.	1,13	66	0,0171	6,30	31,20	33,30	0,40	207,87
m8	16/01/2015	02:00 p.m.	0,9	61	0,0148	7,20	35,30	34,20	0,90	179,13
m9	16/01/2015	03:00 p.m.	1,01	63	0,0160	6,90	31,10	32,70	0,20	194,65
m10	16/01/2015	04:00 p.m.	1,88	86	0,0219	7,30	29,90	31,10	0,20	265,41
m11	16/01/2015	05:00 p.m.	1,96	79	0,0248	6,60	28,20	30,60	0,30	301,23
m12	16/01/2015	06:00 p.m.	0,66	65	0,0102	6,30	28,50	28,90	0,20	141,96
Promedios					<b>0,0205</b>	<b>6,68</b>	<b>30,14</b>	<b>31,53</b>	<b>0,48</b>	
Sumatoria de Caudales						0,2456				3000,00

Fuente: el Autor

A continuación se describe gráficamente el comportamiento de los parámetros In Situ para el efluente del Sistema

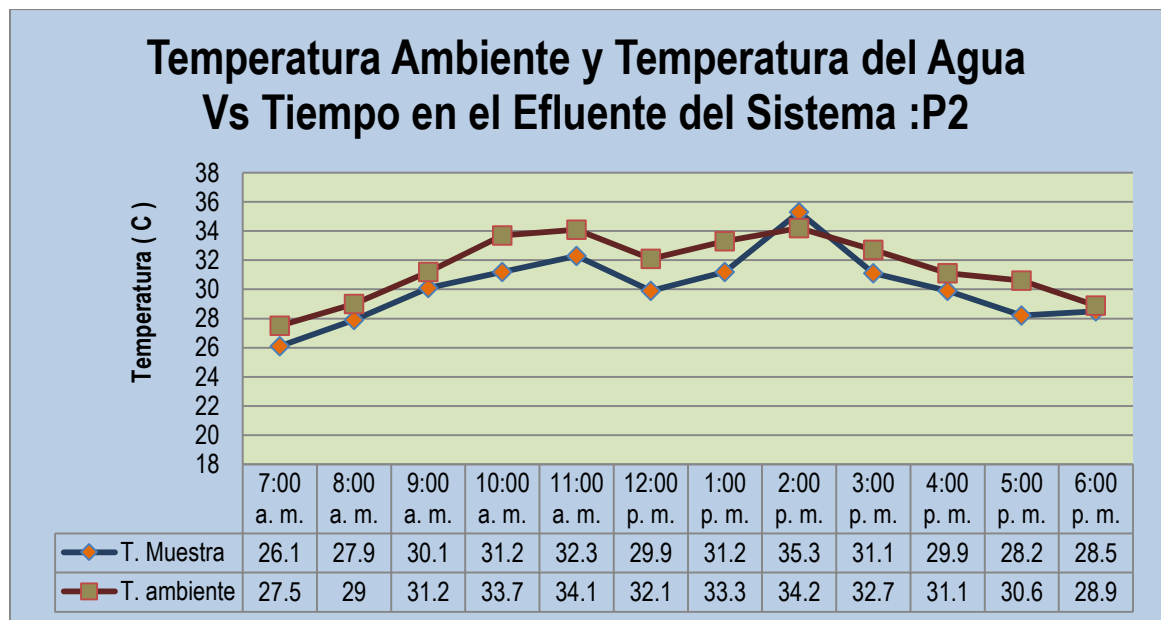
**Figura 44. Relación de pH (Unidades de pH Vs Tiempo en el Punto 2- Efluente del sistema de la Reclusión.**



Fuente: el Autor

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, Artículo 72, el pH de los Vertimientos Líquidos deben estar entre el rango de 5 a 9; la gráfica anterior nos muestra que el rango de pH de los vertimientos del Efluente del Sistema se encuentran entre 6,2 y 7,3, por lo que no se evidencian pH problemáticos en ninguno de los registros.

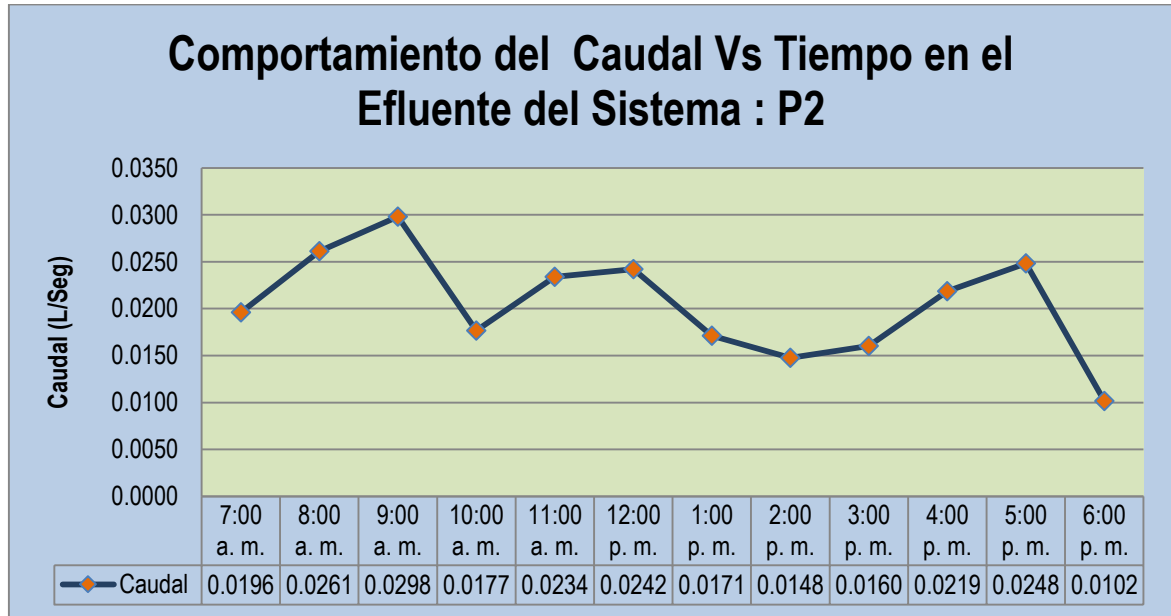
**Figura 45. Temperatura Ambiente y Temperatura (Grados Centígrados) de las Muestras Vs Tiempo en el Efluente**



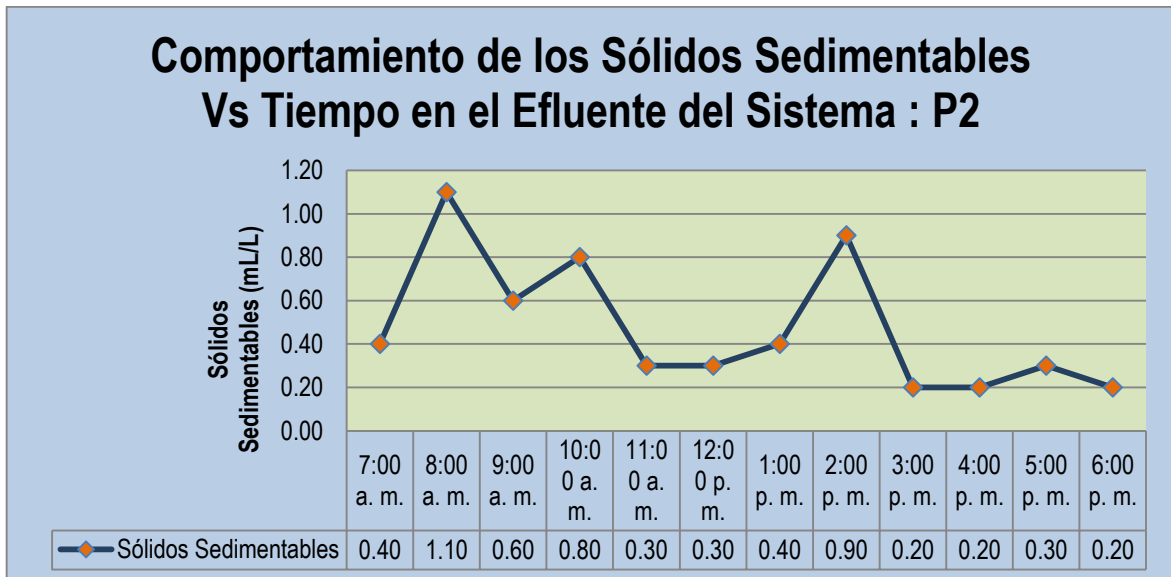
Fuente: el Autor

De acuerdo con el Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984, la Temperatura de los vertimientos no debe sobrepasar los 40C. La gráfica 5 nos muestra que la temperatura mayor que se registra es de 35,3 C, por lo que no se está incumpliendo la normatividad legal en el Efluente del Sistema.

**Figura 46. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento del Efluente.**



**Figura 47. Comportamiento del Caudal y de los Sólidos Sedimentables durante el Tiempo en el Vertimiento del Efluente.**



Fuente: El Autor

De acuerdo con el Artículo 73 del Decreto 1594 de 1984, los sólidos Sedimentables que se vierten al alcantarillado no deben sobrepasar los 10 mL/L, no obstante se puede afirmar que EL INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA está cumpliendo con lo reglamentado en la norma en el Efluente del Sistema.

### **10.3.3. Resultados De Los Parámetros Fisicoquímicos**

Los parámetros físico-químicos analizados en el presente estudio se encuentran establecidos dentro de los lineamientos y requisitos técnicos del decreto 1594 de 1984, por medio del cual se reglamentan los vertimientos líquidos sobre una quebrada, como es el caso del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA el cual vierte sus aguas residuales tratadas sobre la Quebrada La Rosita. A continuación se describen dichos parámetros junto con los parámetros de interés sanitario:

- Grasas y aceites
- Sólidos Suspendidos
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>
- Demanda Química de Oxígeno DQO

Los resultados Físico-químicos se presentan en la **Tabla 47**, y corresponden a los análisis de las muestras tomadas el día 16 de Enero de 2015 por el equipo técnico del laboratorio.

**Tabla 47. Parámetros fisicoquímicos del Afluyente y el Efluente del Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA.**

<b>Análisis</b>	<b>Afluyente del Sistema</b>	<b>Efluente del Sistema</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Decreto 1594 de 1984</b>
<b>Sólidos Suspendidos</b>	646,2	94,2	mg/L	S.M. 2540 D	Remoción > 80%
<b>DBO<sub>5</sub></b>	682,6	128,2	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5210 B; S.M. 4500- O G	Remoción > 80%
<b>DQO</b>	936,7	207,5	mg O <sub>2</sub> /L	S.M. 5220 C	***
<b>Grasas y Aceites</b>	102,4	28,8	mg/L	S.M. 5220- B	Remoción > 80%

Fuente: ACI Kronox.

### **Cálculo de carga (kg/día) y balance de masa para los parámetros evaluados**

En las Tabla 48, se presenta el cálculo de la carga contaminante para cada uno de los vertimientos Estudiados.

**Tabla 48. Cálculo de Carga Contaminante para cada uno de los Vertimientos del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPE-RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA.**

Parámetro	Afluente del Sistema			Efluente del Sistema		
	Concentración	Q	Carga	Concentración	Q	Carga
	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)	(mg/L)	(L/s)	(kg/d)
Sólidos Suspendidos	646,2	0,0226	0,6309	94,2	0,0205	0,0834
DBO5	682,6		0,6664	128,2		0,1135
DQO	936,7		0,9145	207,5		0,1838
Grasas y Aceites	102,4		0,09997	18,8		0,0166
<b>Tiempo de Vertimiento</b>	<b>12 horas</b>					

Fuente: El Autor

### Cálculos de remoción

En la **Tabla 49**, se presentan los cálculos de remoción en carga en lo referente a DBO<sub>5</sub>, DQO, SST y Grasas y Aceites basados en los datos reportados por el Laboratorio.

**Tabla 49. Cálculos de remoción**

Parámetro	Carga Afluente (Kg/d)	Carga Efluente (kg/d)	(%) Porcentaje de remoción
SST	0,6309	0,0834	86,78%
DBO <sub>5</sub>	0,6664	0,1135	82,96%
DQO	0,9145	0,1838	79,91%
G&A	0,09997	0,0166	83,35%

Fuente: El autor

Teniendo en cuenta los resultados correspondientes al monitoreo realizado el día 16 de Enero del 2015 en el INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA, es preciso mencionar que tal Sistema alcanza los porcentajes de remoción exigidos en el artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

**Comparación de resultados y verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por la corporación y/o las normas de vertimiento**

La **Tabla 50**, ilustra los porcentajes de remoción de carga obtenida en el pozo séptico del INSTITUTO NACIONAL PENITENCIARIO Y CARCELARIO INPEC- RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA”; y la verificación de su cumplimiento con la normatividad vigente, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

**Tabla 50. Comparación de la Remoción con el Decreto 1594/84, Artículo 73.**

Parámetro	Afluente (kg/d)	Efluente (kg/d)	Porcentaje de Remoción	Decreto 1594/84	Cumplimiento
pH	7,5 – 8,95	6,2 – 7,3	---	5 -9	OK
Temp. del Agua°C	25,9– 33,1	26,1 – 35,3	---	< 40°C	OK
DBO5	0,6664	0,1135	82,96%	>80 %	OK
DQO	0,9145	0,1838	79,91%	----	----
Sólidos Suspendidos	0,6309	0,0834	86,78%	>50 %	OK
Grasas Y Aceites	0,09997	0,0166	83,35%	>80 %	OK

Fuente: El autor

## 11. CONCLUSIONES

El establecimiento de un programa de monitoreo y sus indicadores permitió realizar el seguimiento a las plantas de tratamiento de la empresa J'S Servipetrol en Campo Rubiales. Igualmente se pudo verificar el cumplimiento de las obligaciones y metas de la empresa ACI Kronox en relación al seguimiento y monitoreo de las plantas de tratamiento.

De acuerdo a los indicadores de seguimiento definidos en el programa, para las plantas de tratamiento de aguas residuales se tuvo un cumplimiento del 77,14 % en relación a los muestreos de campo, 98,46% en parámetros analizados respecto al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, y 77,14% en mantenimientos realizados.

Para las plantas de tratamiento de agua potable se tuvo un cumplimiento del 92 % en relación a los muestreos de campo, 100% en parámetros analizados respecto al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, y 92% en mantenimientos realizados.

De acuerdo a la totalidad de muestreos de campo y mantenimiento de plantas, se obtuvo un cumplimiento del 83,33% para las dos actividades.

La caída en el precio del barril de petróleo fue determinante para no alcanzar el cumplimiento total de los muestreos y mantenimientos, pues esto ocasionó poner fuera de operación una PTAR en el campamento Quifa 2, y posteriormente los campamentos Ópalo 6 y Ámbar 2.

En relación al seguimiento del plan de contingencia, se obtuvieron porcentajes de cumplimiento de 75% para la existencia y criterios de elaboración, 86% para el contenido del plan, y 30% para el mantenimiento.

En total, se halló un ponderado de evaluación al plan de contingencia de 73,44%.

La modelación realizada con el software AQUATOX permitió modelar el comportamiento de los parámetros oxígeno disuelto, DBO5, SST, pH y temperatura, para la quebrada Innominada donde el Lavadero Estación Cantabria realiza sus vertimientos.

Según los resultados obtenidos se proyectó que el comportamiento para el oxígeno disuelto estará entre 6.7 y 7.6 mg/L, durante un periodo de dos (2) años, para la DBO en estará en un rango de 45.3 y 45.9 mg O<sub>2</sub>/L, y para los SST los valores estarán entre 19.8 y 21.4 mg/L. Por su parte, el pH se ve referenciado con valores mínimos de 6.9 unidades de pH y valores máximos hasta de 7.9 unidades, y los valores de la temperatura estarán estables entre 20.4°C y 24.7°C.

Según la modelación, todos los parámetros simulados cumplirán con la normatividad ambiental vigente.

El modelo de Streeter Phelps para el oxígeno disuelto demuestra que en el momento de realizar el aporte de aguas residuales industriales generadas en el Lavadero Estación Cantabria, la fuente hídrica (quebrada Innominada) no sufre un impacto considerable debido al bajo caudal de 0.12 l/s (posible caudal); la saturación del oxígeno disuelto del cuerpo hídrico en estudio es de 7.61 mg/L, es decir, este valor será el máximo que se puede obtener y se mantendrá debido a la temperatura, la altura sobre el nivel del mar y la presión barométrica del lugar, por ello al recibir el vertimiento el oxígeno disuelto inmediatamente disminuye hasta llegar a un valor de 5.66 mg/L de OD valor teórico.

En un tiempo de 12 días el valor de oxígeno disuelto es cercano a 6 mg/l en una distancia de 30.07 Km. Este valor no presenta ninguna restricción para los usos y destinación del recurso, ya que según al Art 45 del decreto 1594/84 establece para la conservación de flora y fauna un valor mínimo de OD de 4 mg/L.

En relación a los muestreos realizados en Bucaramanga, se puede decir que la toma de muestras se hizo con normalidad. De la misma manera, tanto los parámetros In Situ, como los analizados en el laboratorio, no sobrepasa en ningún momento los valores máximos permisibles por el Decreto 1594 de 1984.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO GARCIA, D. (15 de Junio de 2009). *Modelo básico Streeter- Phelps*. Recuperado el 2015, de riunet.upv.es: <https://riunet.upv.es/handle/10251/5348>
- EPA. (2015). *AQUATOX Basic information*. Recuperado el 2015, de <http://www2.epa.gov/>: <http://www2.epa.gov/exposure-assessment-models/aquatox-basic-information>
- GOMELLA, C. (1977). *Tratamiento de aguas para abastecimiento publico*. Barcelona: Editores técnicos asociados S.A.
- GONZALEZ, H. (11 de Diciembre de 2012). *calidadgestion.wordpress.com*. Recuperado el 2015, de Indicadores de gestión ambiental: <https://calidadgestion.wordpress.com/2012/12/11/indicadores-de-gestion-ambiental/>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, v. y. (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115*. Recuperado el 2015, de [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co).
- NEMEROW, N. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- SANS, R. (1989). *Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos*. Barcelona: Marcombo S.A.
- TORRES, S. (21 de Noviembre de 2013). *www.prezi.com*. Recuperado el 2015, de Plan de emergencia y de contingencia PTAR Salitre:

<https://prezi.com/vf9kixjklifh/plan-de-emergencias-y-de-coningencias-ptar-salitre/>

UNAD. (s.f.). <http://datateca.unad.edu.co/>. Recuperado el 2015, de Plan de seguimiento y monitoreo: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material\\_en\\_linea/leccin\\_38\\_plan\\_de\\_seguimiento\\_y\\_monitoreo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material_en_linea/leccin_38_plan_de_seguimiento_y_monitoreo.html)

ACI Kronox Ingeniería. [En línea]. Disponible en: <http://www.acikronoxingenieria.com/empresa.html>

ALCALDÍA DE BOGOTÁ Decreto 1594 de 1984. [En línea]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

ALCALDÍA DE BOGOTÁ Decreto 3930 de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

CARVAJAL E. y ESPARRAGOZA R. Análisis de la normatividad ambiental colombiana para el vertimiento de aguas residuales al sistema de alcantarillado público. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. 2008

CONSORCIO HTA. Plan de monitoreo y seguimiento. Saneamiento del Rio Medellín- Segunda etapa. 2008 [En línea]. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1624932>

EPM ITUANGO. Actualización estudio de impacto ambiental- Plan de monitoreo y seguimiento. [En línea]. Disponible en: <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/ituango/plan-de-monitoreo-y-seguimiento.pdf>

EPM ITUANGO. Actualización estudio de impacto ambiental- Plan de contingencia. [En línea]. Disponible en: <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/ituango/plan-de-contingencia.pdf>

GARCÍA R. Auditoría a los planes de contingencia y continuidad. Bando de España. 1999. [En línea]. Disponible en: <http://www.cemla.org/auditoria/docs/aud-991109-spn.PDF>

MINISTERIO DE AMBIENTE Decreto 1575 del 2007. [En línea]. Disponible en: [www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)

MINISTERIO DE AMBIENTE Decreto 2115 del 2007. [En línea]. Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

MINISTERIO DE VIVIENDA Documento 3177. [En línea]. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3177%20-%202002.pdf>

NARANJO A. Interventoría ambiental de obras para el sistema de alcantarillado operado por la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander EMPAS S.A. E.S.P. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. 2009

ROMERO J. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá: Escuela colombiana de Ingeniería, 2004.

## ANEXOS

### Anexo A. Registro Fotográfico Campo Rubiales



REGISTRO FOTOGRÁFICO CAMPO RUBIALES

PANORÁMICA



TOMA DE LA MUESTRA



MUESTRA FISICOQUÍMICA



GEOREFERENCIACION



REGISTRO FOTOGRÁFICO CAMPO RUBIALES

GRASAS Y ACEITES



SOLIDOS SEDIMENTABLES



PARAMETROS IN SITU



GEOREFERENCIACIÓN



REGISTRO FOTOGRÁFICO CAMPO RUBIALES

MICROBIOLÓGICOS



MUESTRA FISICOQUÍMICA



MUESTRA FISICOQUÍMICA



GRASAS Y ACEITES



REGISTRO FOTOGRÁFICO CAMPO RUBIALES

SOLIDOS SEDIMENTABLES



PARAMETROS IN SITU





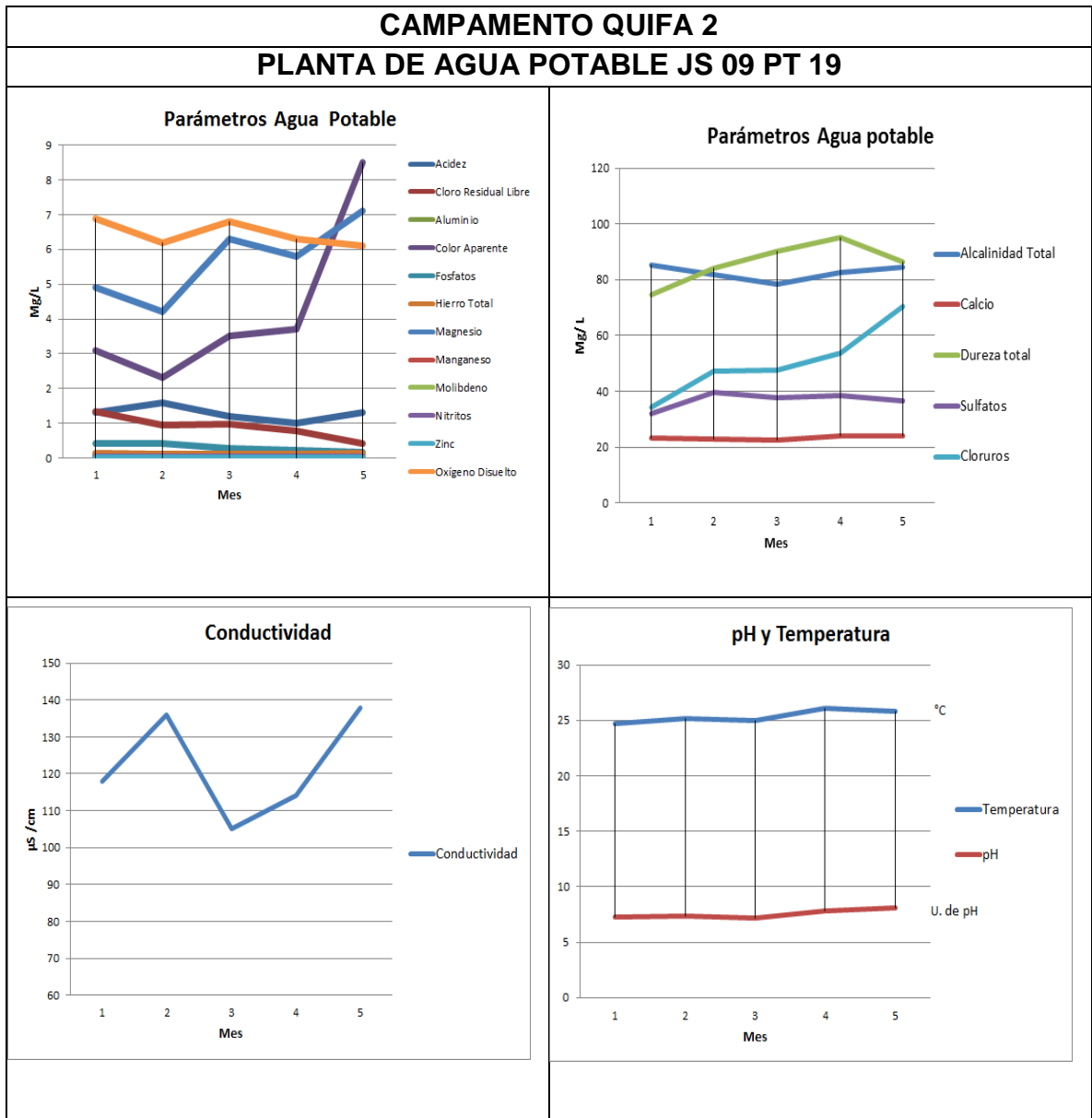




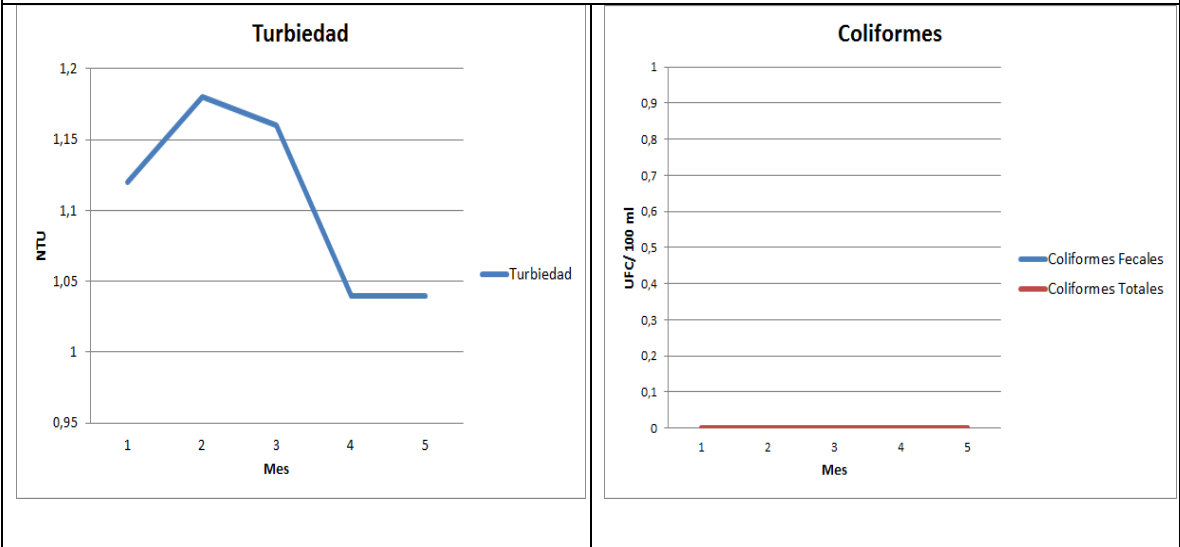




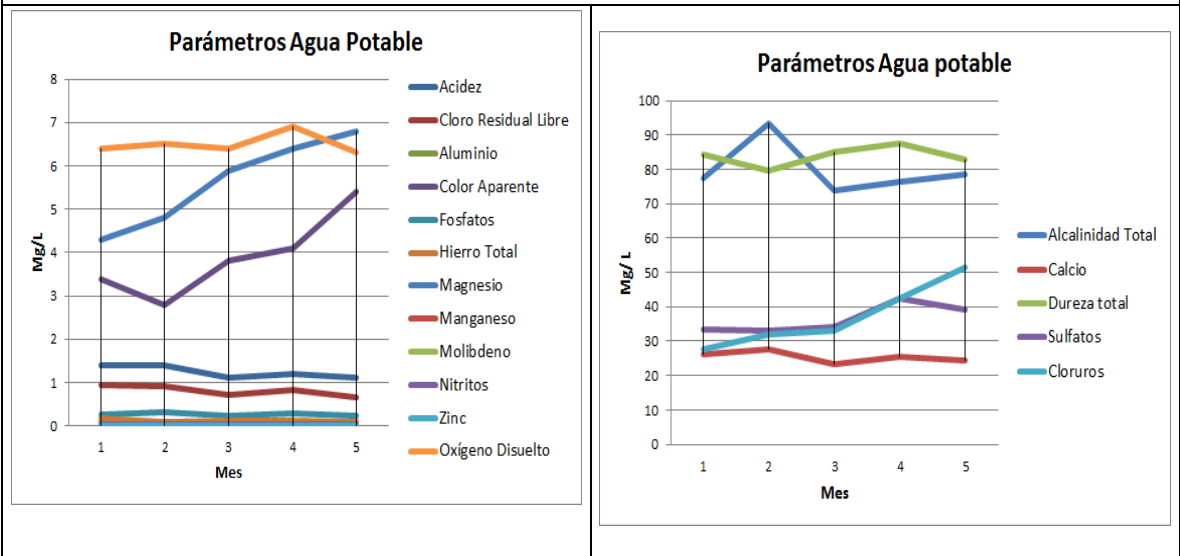
## Anexo C. Comportamiento de los parámetros físicos-químicos Plantas de tratamiento Campo Rubiales



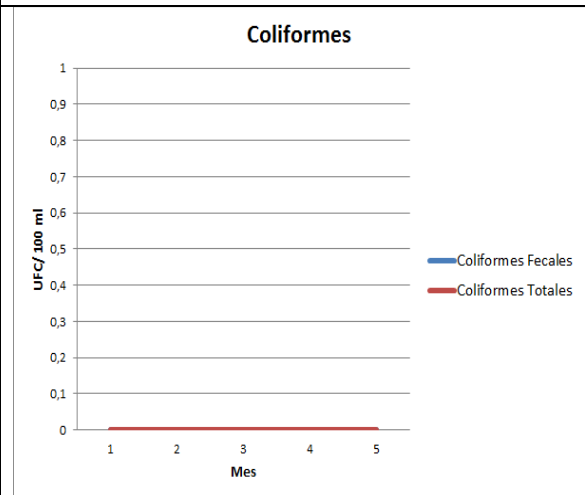
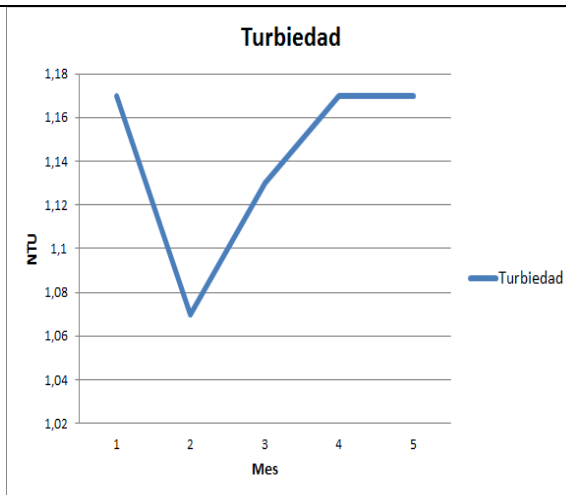
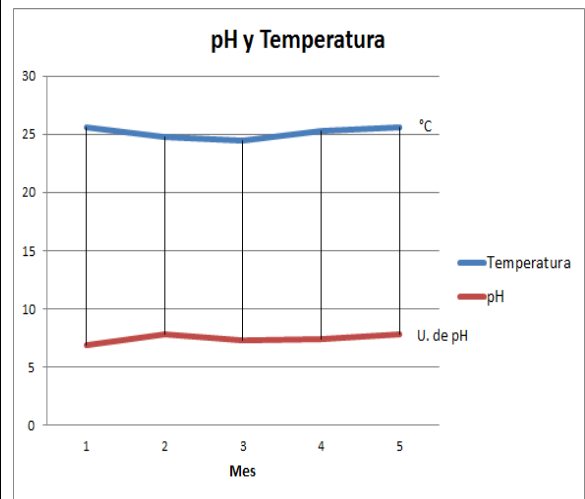
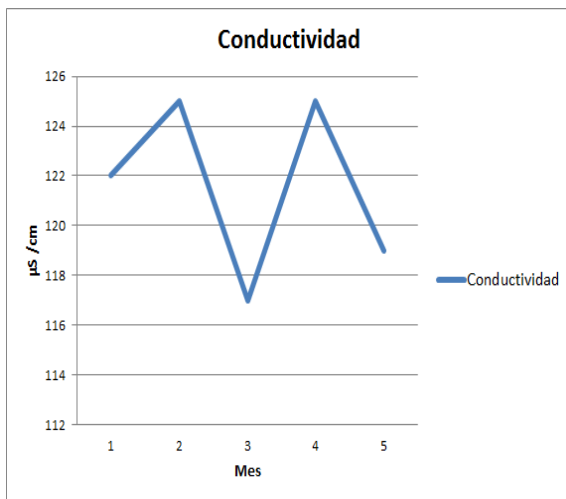
## CAMPAMENTO QUIFA 2



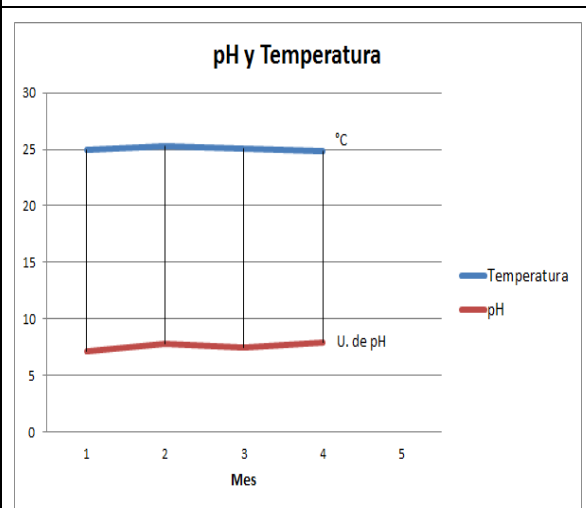
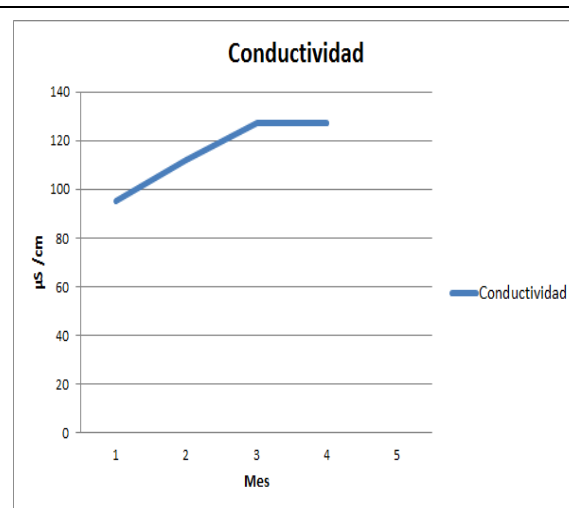
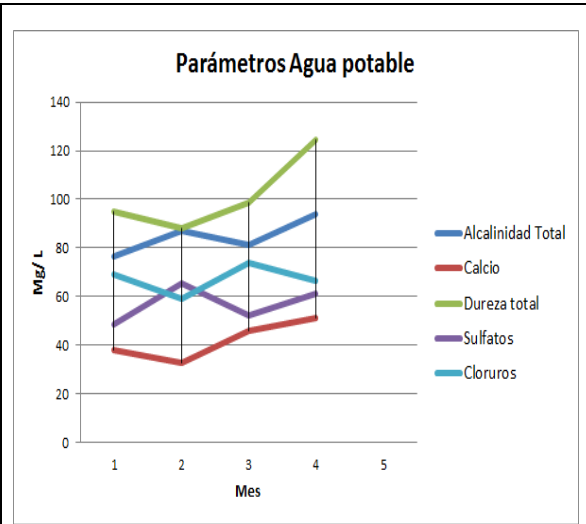
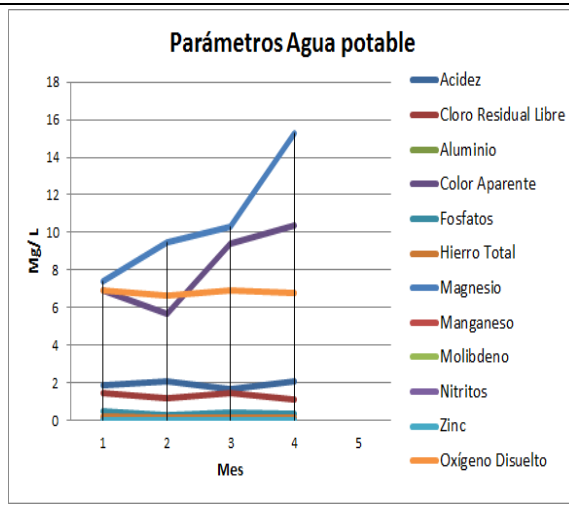
## PLANTA DE AGUA POTABLE JS 10 PP 41



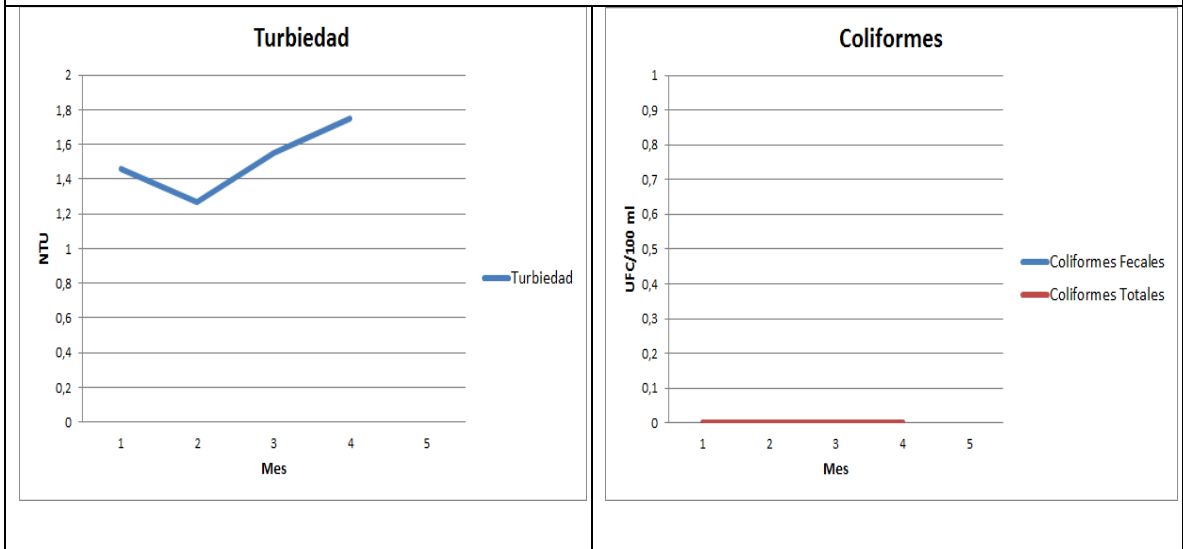
## CAMPAMENTO QUIFA 2



## CAMPAMENTO AMBAR 2 PLANTA DE AGUA POTABLE JS 10 PP 40

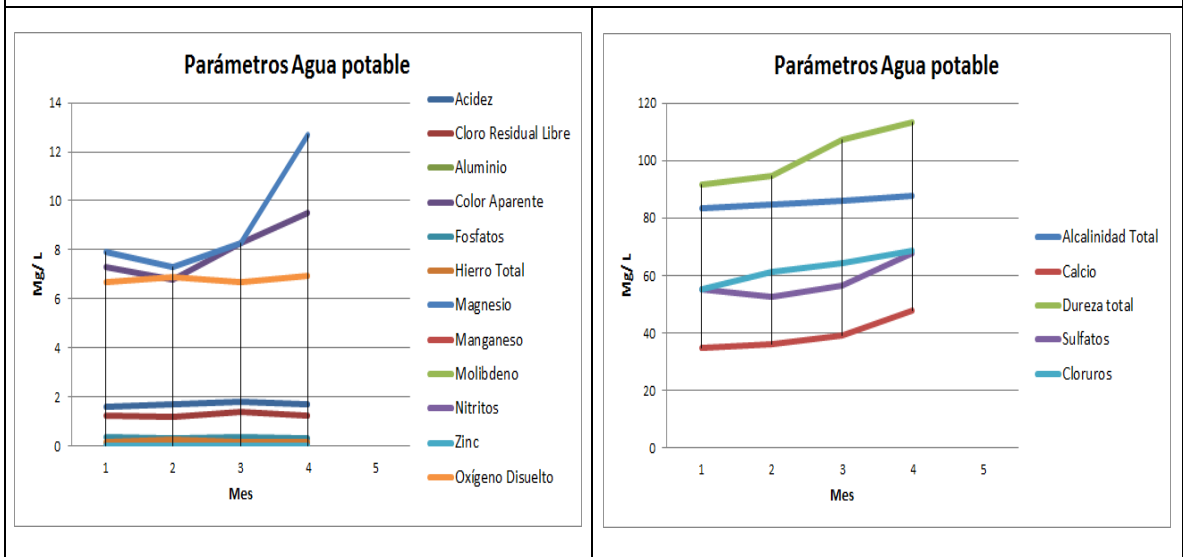


### CAMPAMENTO AMBAR 2

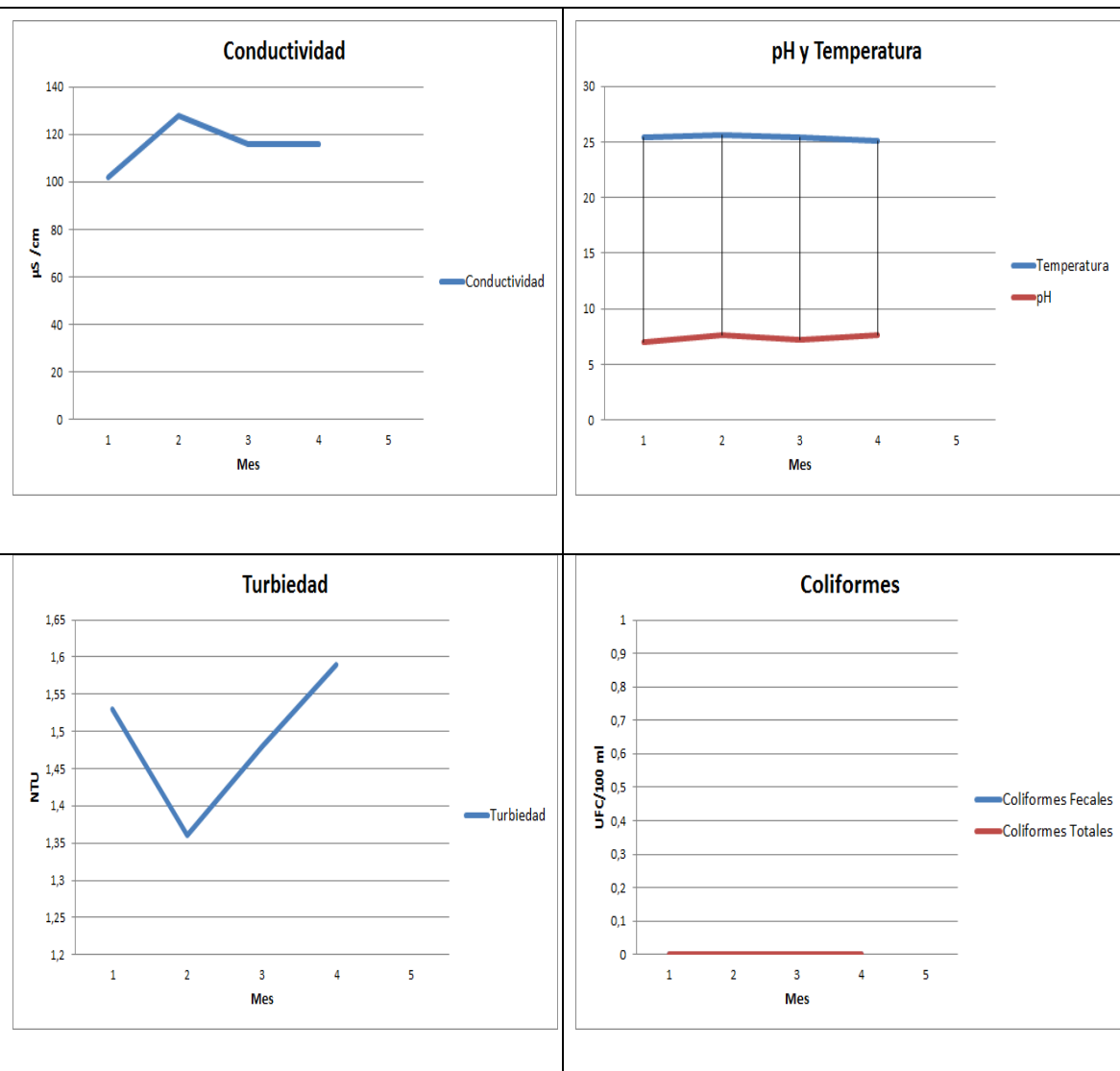


### CAMPAMENTO AMBAR 2

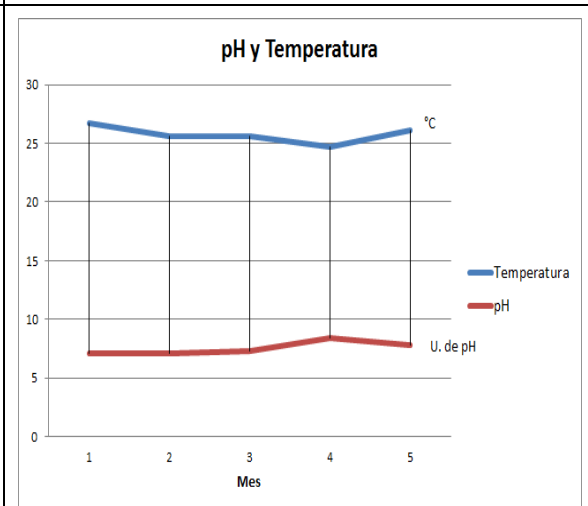
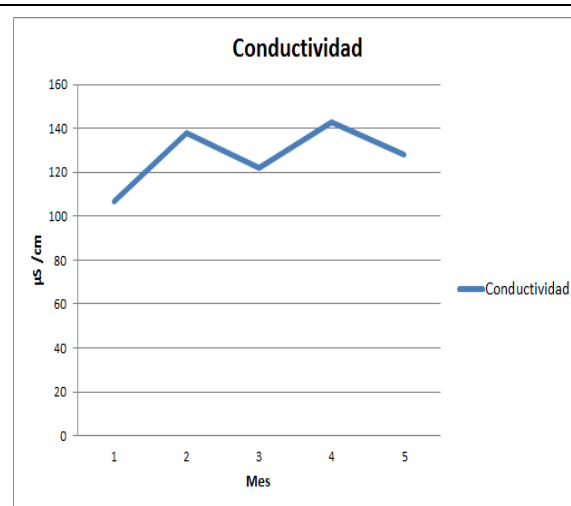
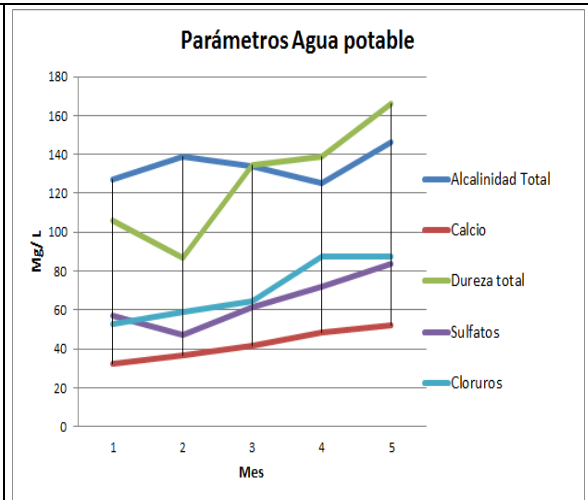
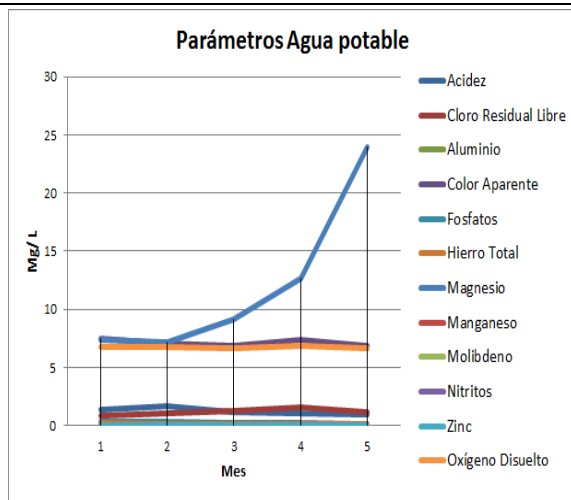
#### PLANTA DE AGUA POTABLE JS 09 PT 20



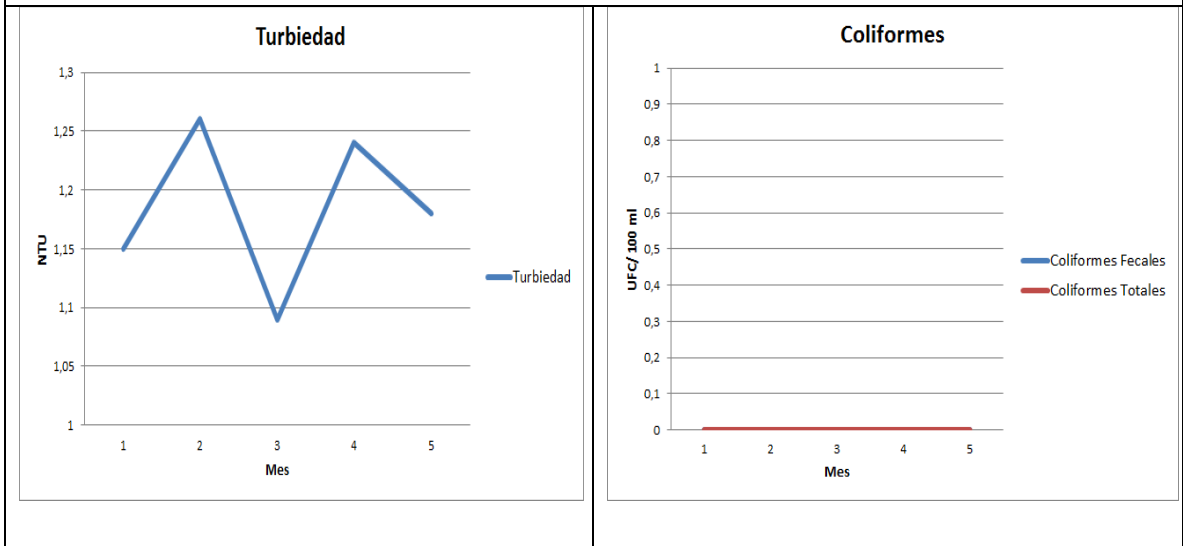
## CAMPAMENTO AMBAR 2



## CAMPAMENTO AMBAR 2 PLANTA DE AGUA POTABLE JS 09 PT 20

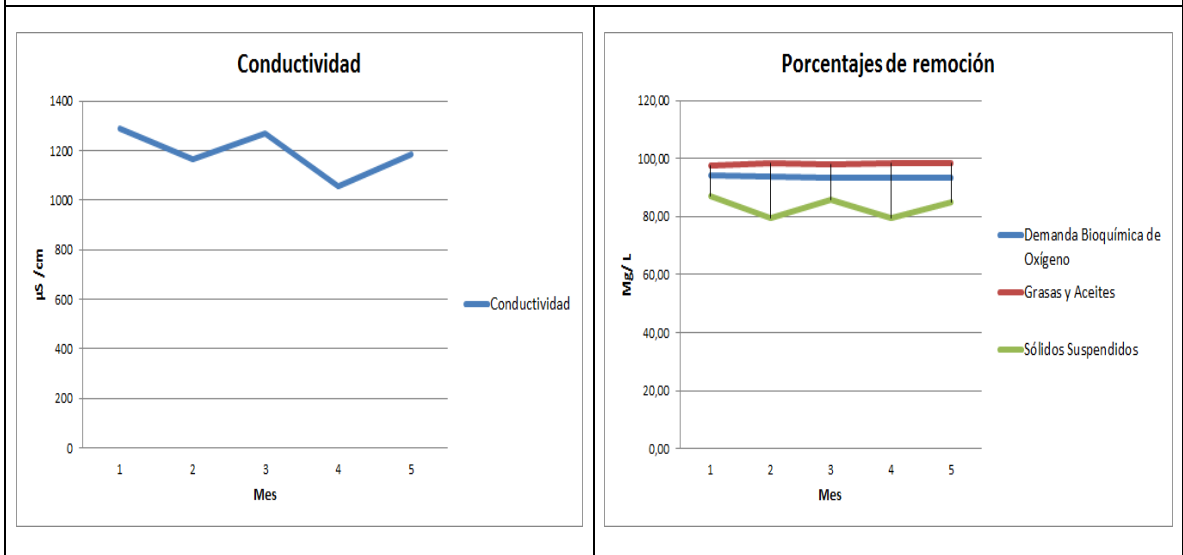


## CAMPAMENTO AMBAR 2

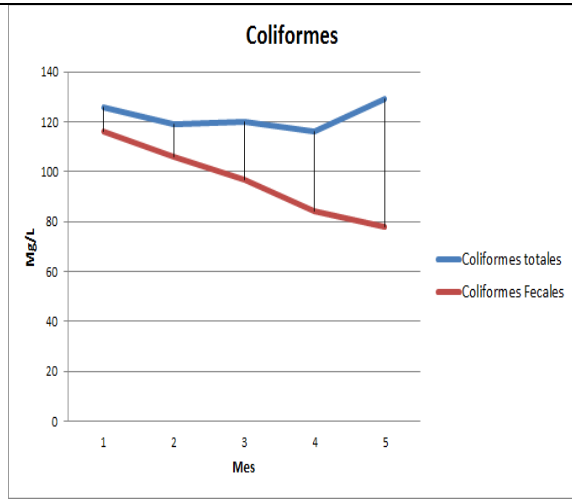
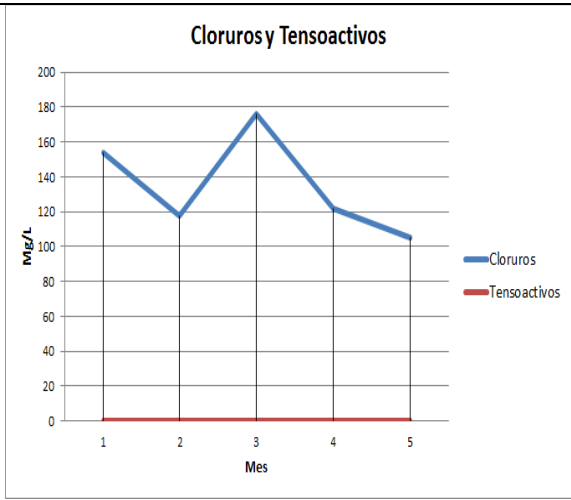
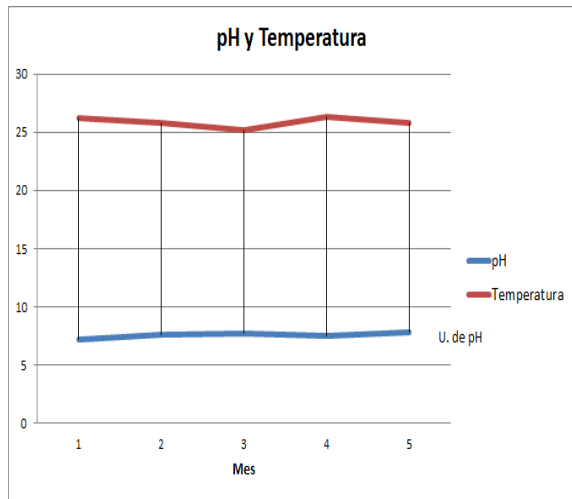
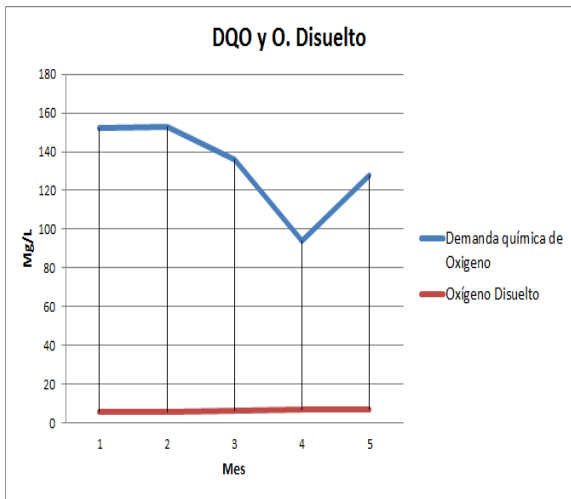


## CAMPAMENTO QUIFA 2

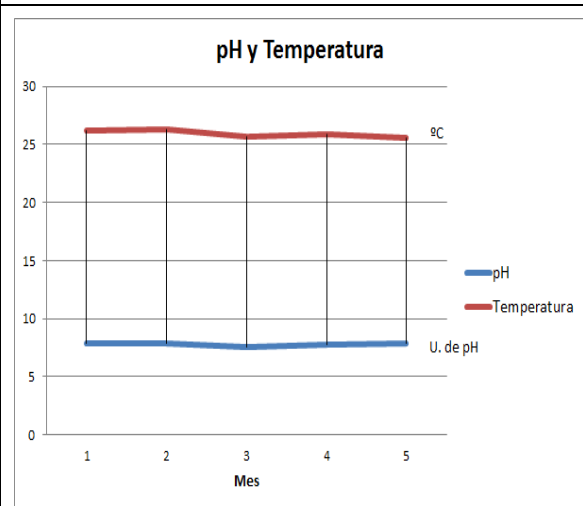
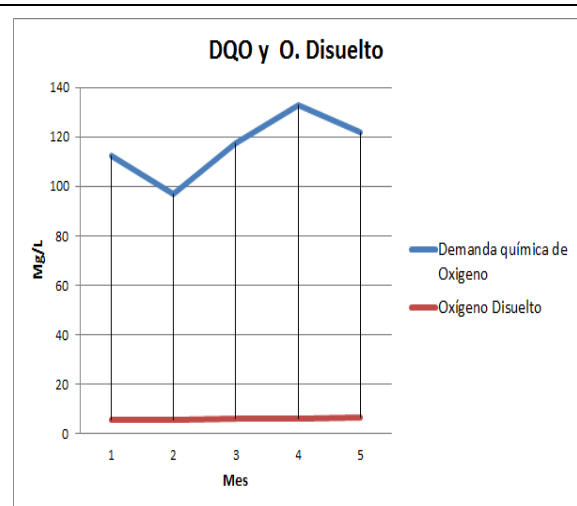
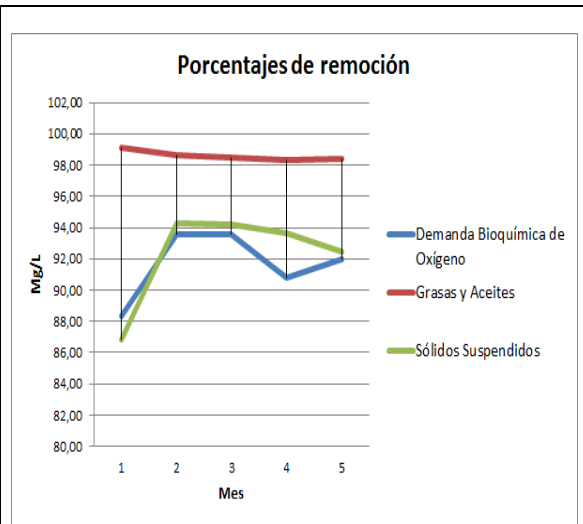
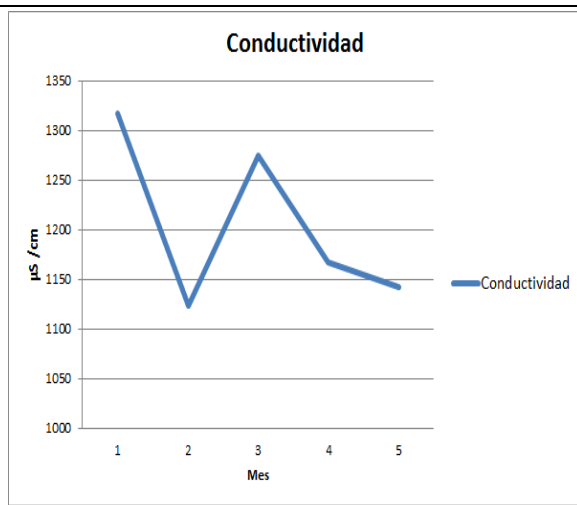
### PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-08-PC 31



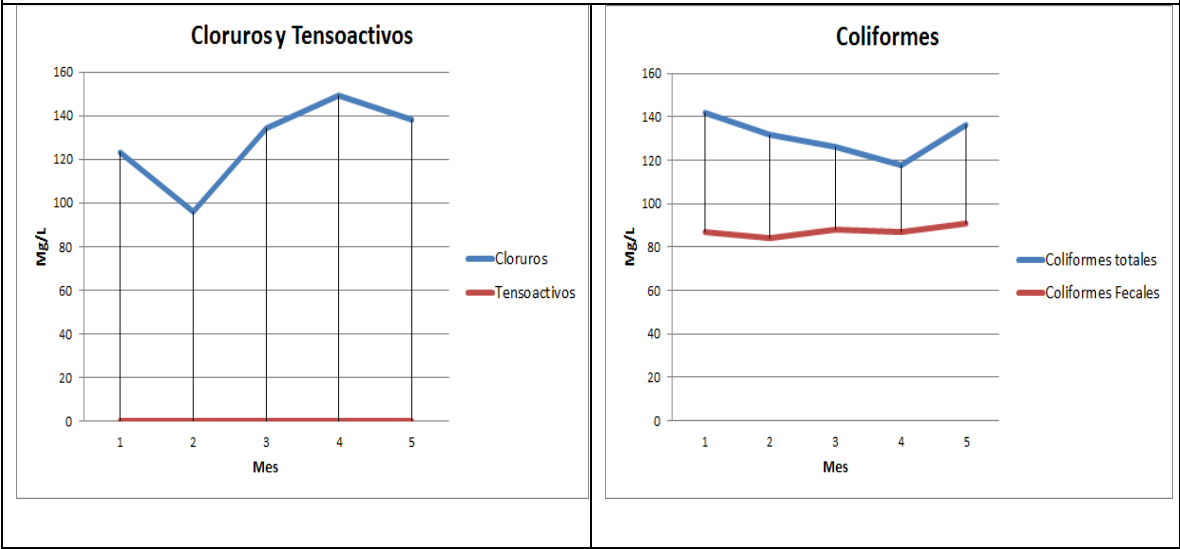
## CAMPAMENTO QUIFA 2



**CAMPAMENTO QUIFA 2**  
**PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-08-PC45**

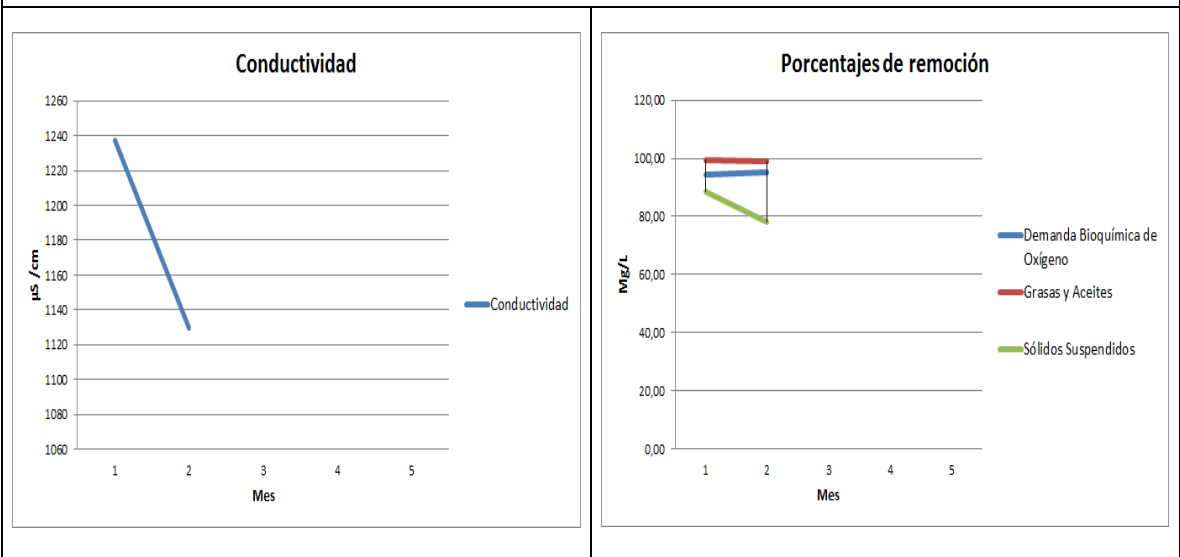


### CAMPAMENTO QUIFA 2

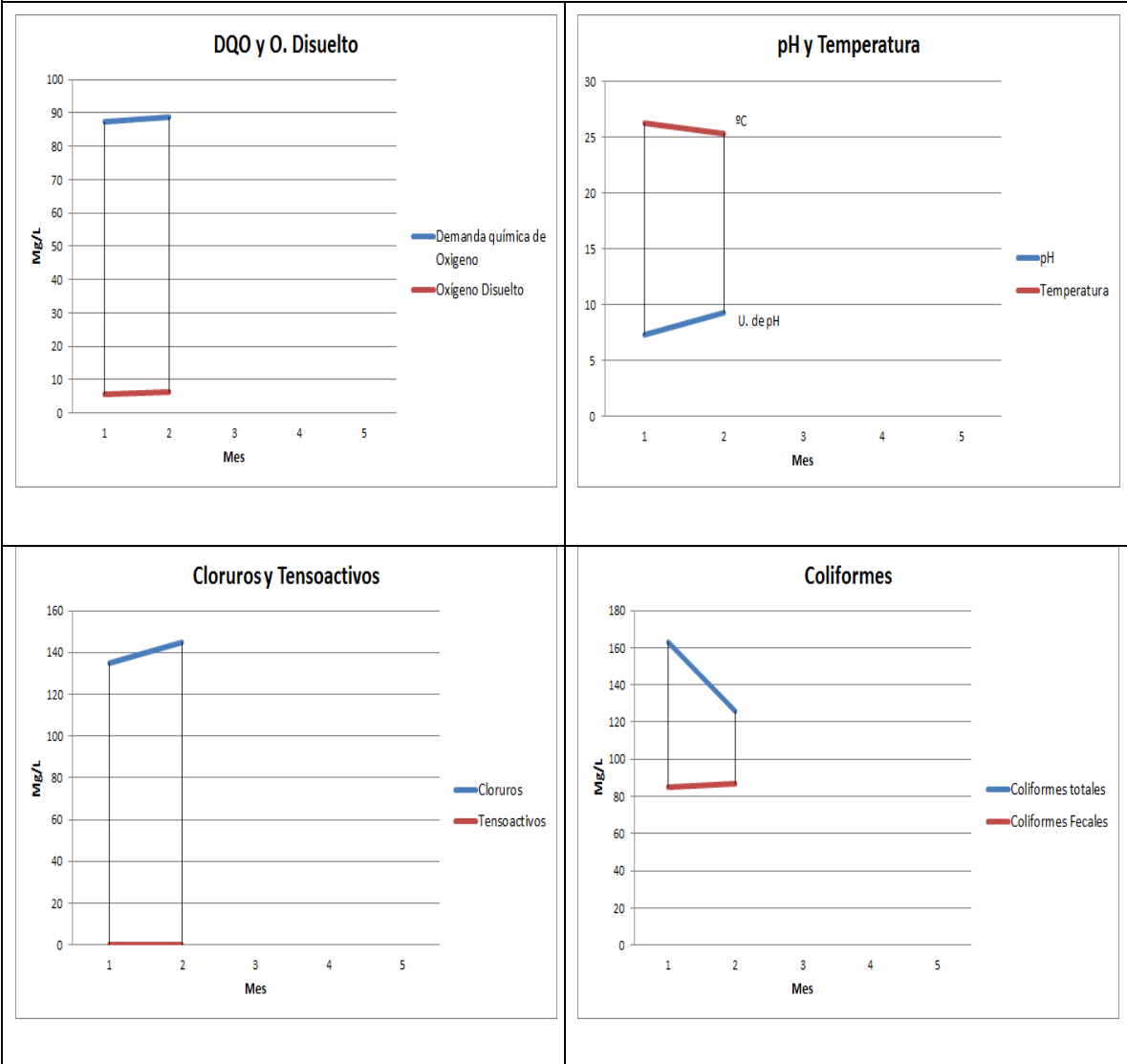


### CAMPAMENTO QUIFA 2

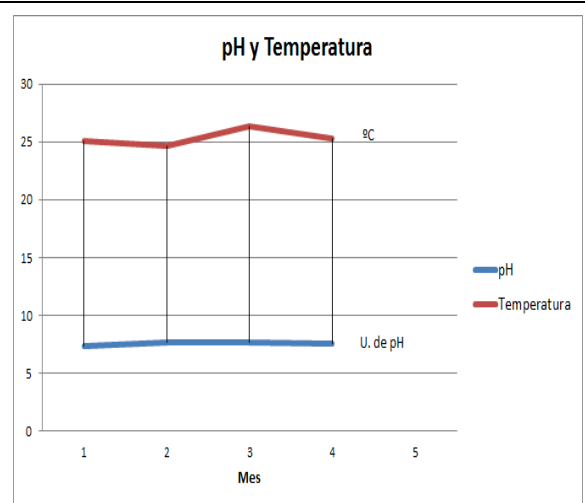
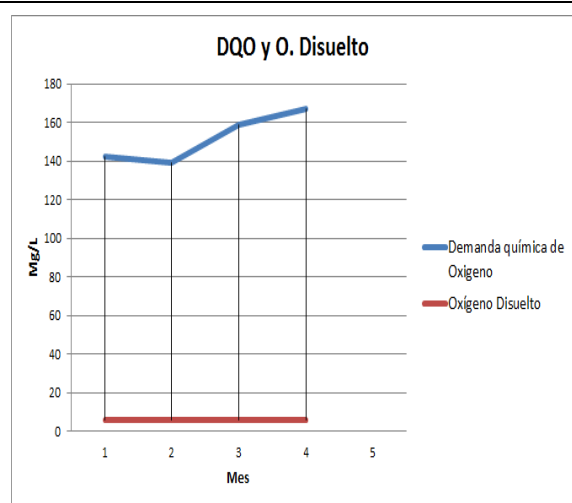
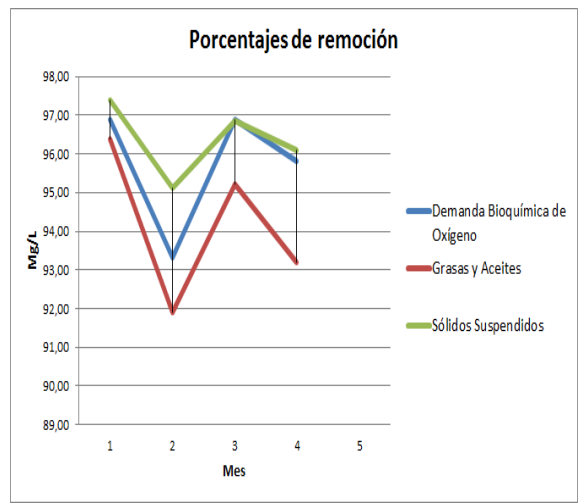
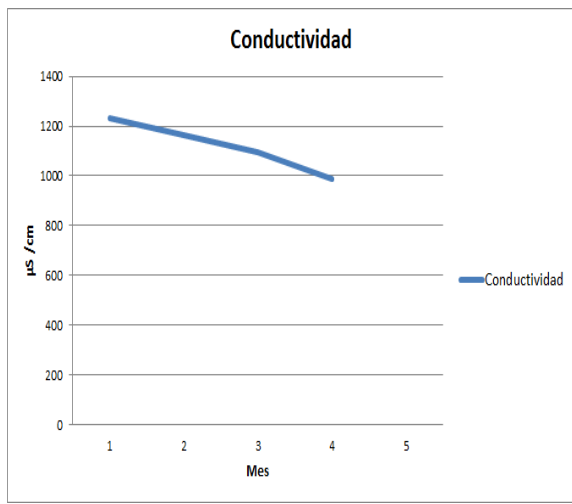
#### PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-08-PC 29



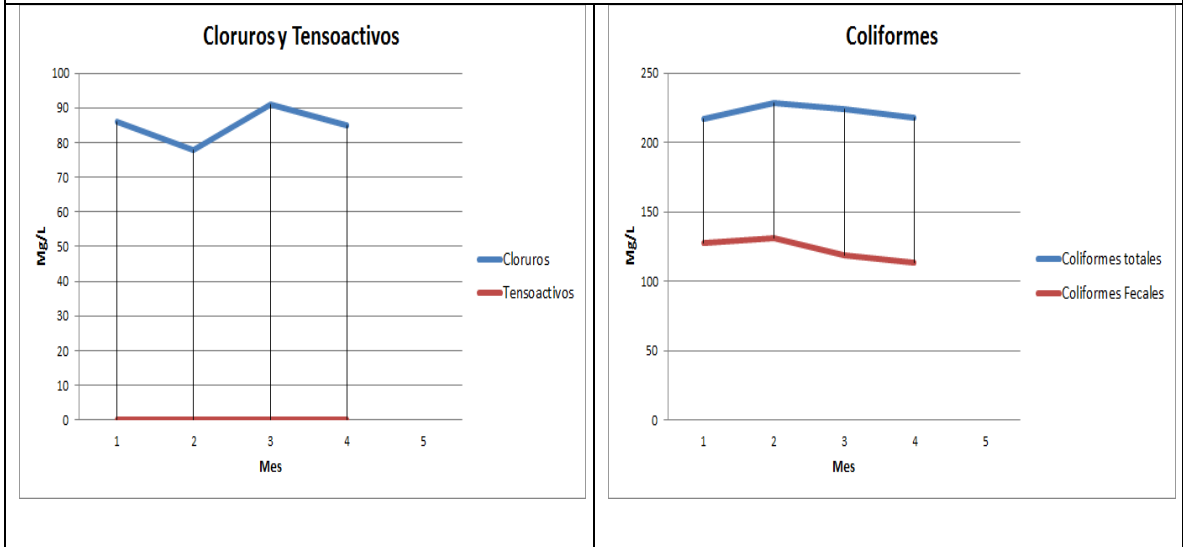
## CAMPAMENTO QUIFA 2



**CAMPAMENTO AMBAR 2**  
**PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-08-PC 28**

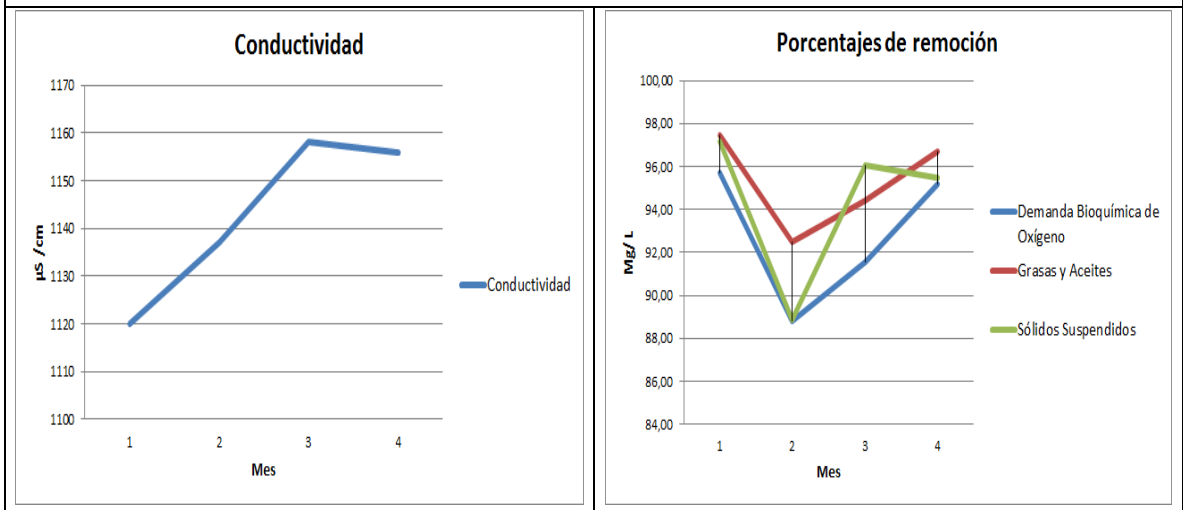


### CAMPAMENTO AMBAR 2

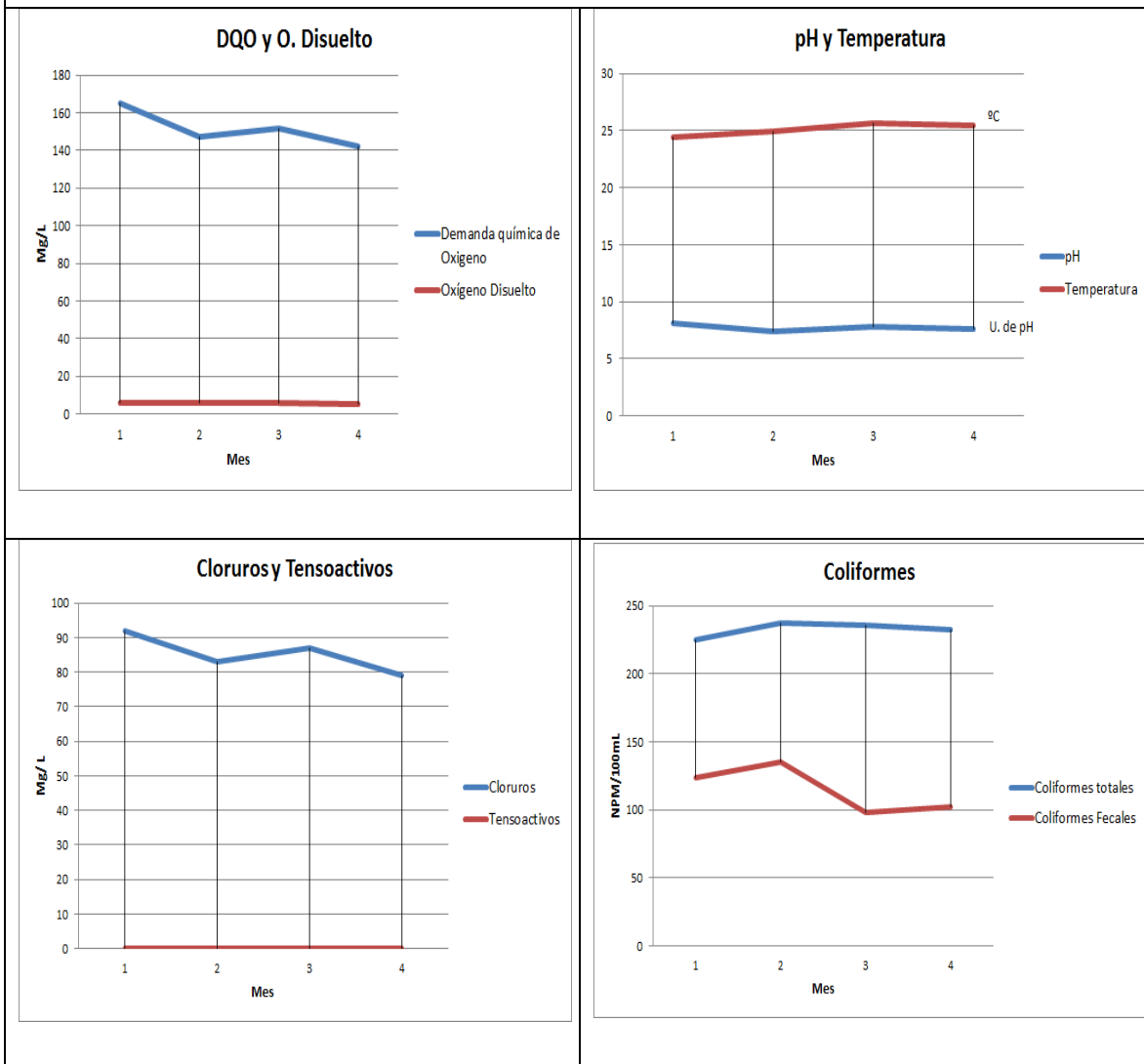


### CAMPAMENTO AMBAR 2

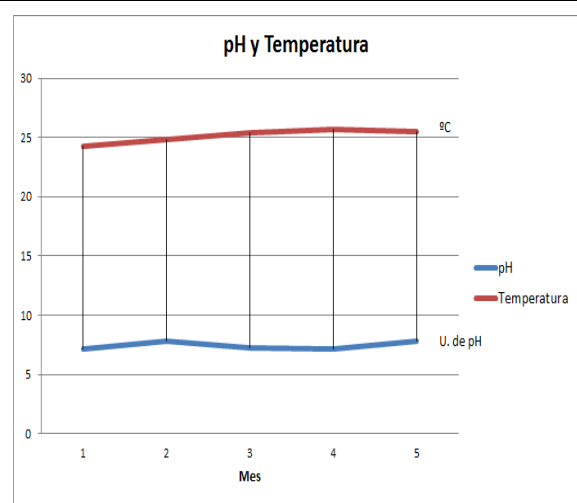
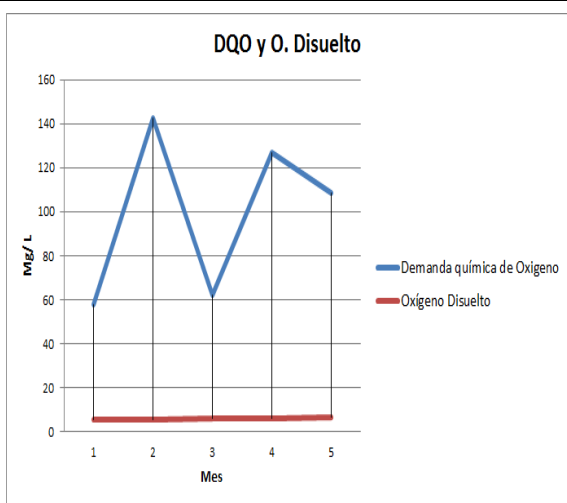
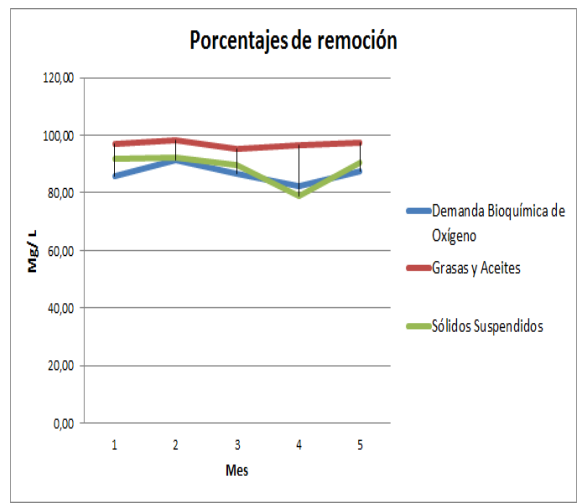
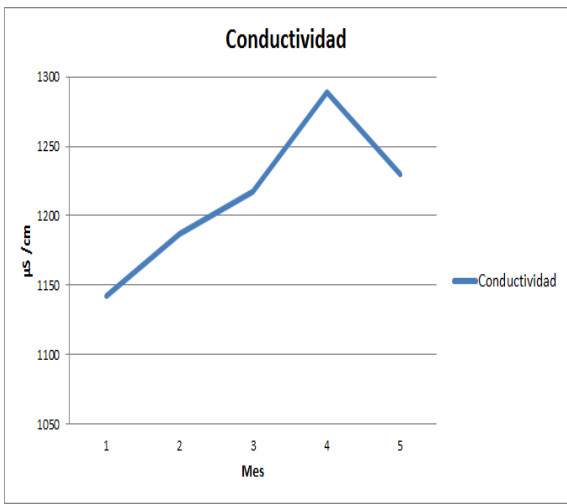
#### PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-11-PC49



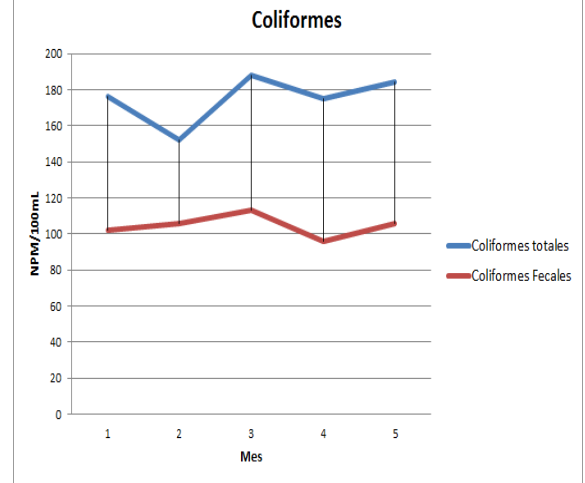
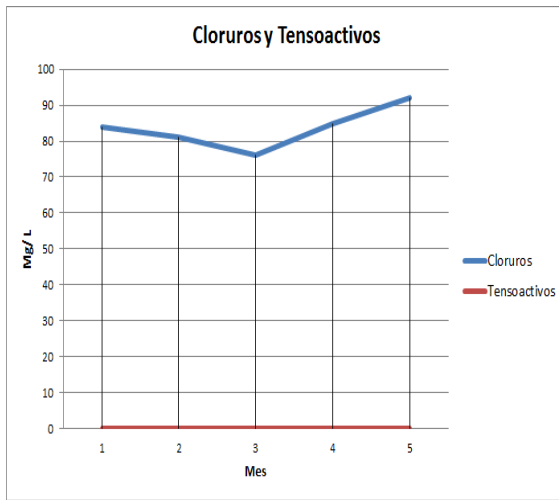
## CAMPAMENTO AMBAR 2



**CAMPAMENTO AMBAR 46**  
**PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-11-PC 46**

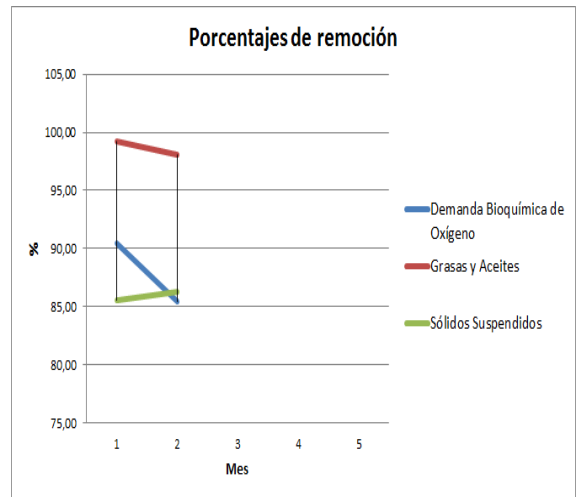
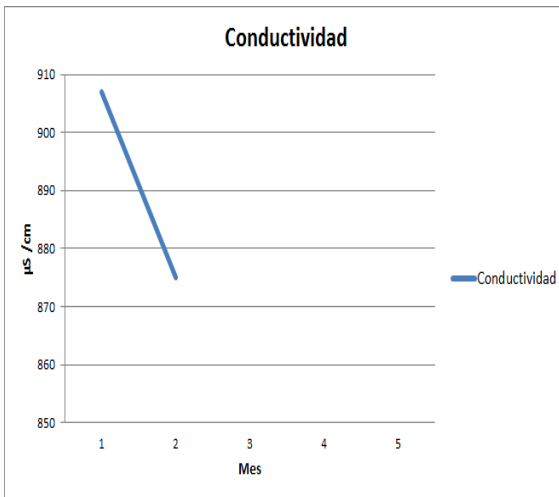


### CAMPAMENTO AMBAR 46

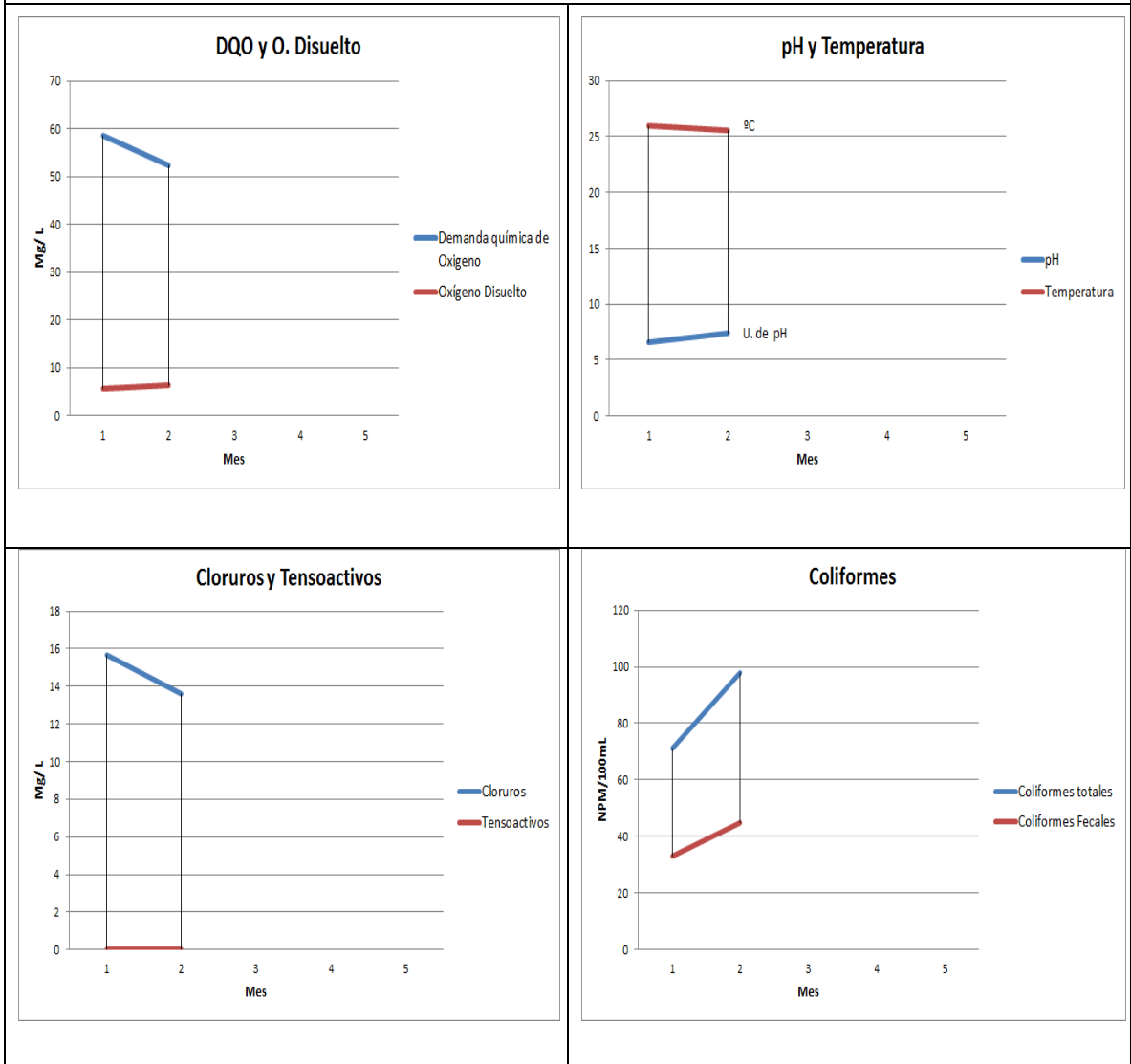


### CAMPAMENTO OPALO 6

#### PLANTA DE AGUAS RESIDUALES JS-12-PC53



## CAMPAMENTO OPALO 6



## **Anexo D. Instructivo de muestreo compuesto de aguas residuales**

### **1. OBJETIVO**

Establecer las instrucciones que se deben seguir para la realización de la toma de muestras de aguas residuales de tipo Simple y Compuesto.

### **2. ALCANCE**

Este instructivo aplica a todos los muestreos de aguas residuales realizados por el laboratorio.

### **3. RESPONSABLES**

Es responsabilidad del funcionario designado para coordinar los muestreos realizar la supervisión y la coordinación de las actividades indicadas en este instructivo.

### **4. CONTENIDO**

#### **4.1 CONSIDERACIONES ESPECIALES**

Las muestras que se toman de aguas residuales (industriales o domésticas) pueden ser muestras compuestas, muestras integradas o muestras puntuales. El tipo de muestra a tomar es definido con base en el objetivo del muestreo (por ejemplo monitoreo para tasas retributivas, caracterización puntual, etc.

Cuando el muestreo a realizar sea para tasas retributivas, se deben considerar todas las directrices establecidas por la autoridad ambiental que tenga jurisdicción en la zona en donde se vayan a tomar las muestras, antes de realizar el muestreo

es necesario obtener por lo menos la siguiente información general sobre las actividades de la empresa cuyos efluentes se vayan a muestrear (Si es necesario realizar una visita preliminar y diligenciar el formato de Visita de campo):

- Procesos y materias primas utilizadas
- Caudales promedios de agua y su utilización
- Diagrama general donde se precise el número de descargas, contenido, ubicación y la fuente receptora.
- Turnos de trabajo: Número de horas/días de trabajo, Número de operarios/día, los cuales son datos necesarios para realizar los cálculos de las cargas contaminantes kg/día de los parámetros vertidos.
- Tener en cuenta las jornadas de trabajo especial como vacaciones y festivo para los cálculos finales de la carga contaminante.

Si dentro del objetivo del muestreo se encuentra la evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento, tomar siempre muestras a la entrada y a la salida de la planta, considerando cuando sea posible el tiempo de retención de las aguas.

Definir el tipo de muestra a recolectar con base en los siguientes criterios generales:

Recolectar muestras puntuales cuando:

- Las descargas del agua residual son intermitentes, por ejemplo cuando se almacena en tanques y se descargan una vez estos se llenan.
- Las características del desecho son constantes en cuanto a flujo y carga

contaminante.

- Para algunos parámetros se requiere siempre muestra puntual: pH, Grasas y Aceites, Microbiológico, Sulfuros, Oxígeno Disuelto, Plaguicidas, Cloro residual. Se debe registrar la hora de toma de estas muestras.

El agua residual presenta variaciones extremas en su composición.

Recolectar muestras compuestas cuando:

- La composición del desecho presenta variación en el tiempo, así como el caudal. Definir los intervalos de muestreo de acuerdo con la frecuencia esperada de los cambios.
- Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, recolectar muestras compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren dichas descargas.

## 4.2 IMPLEMENTOS REQUERIDOS

Definir los implementos necesarios para realizar el muestreo, considerando las directrices del plan de muestreo correspondiente.

## 4.3 ACTIVIDADES DEL MUESTREO

### 4.3.1 MEDICIONES DE PARÁMETROS EN CAMPO

- Realizar la medición de los parámetros en campo definidos en el plan de muestreo correspondiente (pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, etc.) con los equipos portátiles disponibles en el laboratorio para este propósito.

- Medir los parámetros en el sitio de muestreo en las muestras simples dado que la representatividad de éstos, se pierde si se toman de muestras compuestas o integradas. Seguir las indicaciones de medición, revisión y calibración de los equipos indicada en los manuales correspondientes.

Cuando las mediciones se puedan realizar directamente en el cuerpo de agua de interés, aplicar las siguientes directrices:

Sumergir el sensor de medición sin tocar el fondo del cuerpo de agua, considerar la presencia de corrientes y objetos sólidos que puedan provocar daños en los sensores de los equipos. Además, es recomendable antes de sumergir los sensores verificar las condiciones de temperatura, pH (utilizar papel indicador), contenido de grasas, contenido de sedimentos. Medir los parámetros en el orden que se desee pero asegurando que no exista un intervalo de tiempo demasiado largo entre una medición y otra.

Cuando las mediciones no se pueden realizar directamente en el cuerpo de agua o cuando la muestra se debe tomar en un vertedero, recolectar la muestra en un recipiente adecuado (volumen suficiente para todas las fracciones que se requieran) y aplicar las siguientes directrices:

Realizar las mediciones de oxígeno disuelto directamente en el recipiente en el cual se tomó la muestra, tomar una fracción de la muestra inmediatamente después de su recolección y realizar primero la medición de conductividad y luego el pH.

Realzar las mediciones de sólidos sedimentables en otra muestra tomada de manera simultánea tomada en el cono Imhoff designado para medición

- Registrar los resultados de los análisis de campo en muestras simples o

compuestas en el Registro de análisis en campo muestras compuestas, inmediatamente después de que se realicen las mediciones. Los resultados de los análisis en campo realizados en las alícuotas tomadas para muestras compuestas registrarlos en los formatos correspondientes de aforo de caudales.

- Realizar la medición del caudal en cada punto de muestreo y con la frecuencia definida (Ver Plan de muestreo). Registrar la información del caudal en el formato correspondiente al mecanismo de aforo utilizado (Aforo de caudales método Volumétrico). Realizar el número de mediciones sugeridas en el formato respectivo.
- En el sitio en donde se realiza la medición del caudal tomar la alícuota respectiva, en el caso de aforo volumétrico puede ser el agua proveniente de dicho aforo, trasvasarla lenta y cuidadosamente por las paredes (para prevenir oxigenación) a la garrafa correspondiente después de purgarla por lo menos una vez con la misma muestra, desechar los enjuagues. El volumen de cada alícuota debe ser suficiente, con el fin de suplir posibles pérdidas o derrames en la manipulación.
- Mantener las alícuotas a la sombra, tapadas y refrigeradas para evitar alteraciones en sus características hasta cuando se realice la composición de la muestra.
- Con base en el caudal promedio de la jornada de composición, realizar y registrar el cálculo del volumen requerido de cada alícuota para obtener la muestra compuesta. Realizar la composición de las muestras trasvasando las fracciones de las alícuotas a un balde (realizar este proceso en forma lenta, cuidadosa y por las paredes); mezclar lentamente las alícuotas de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y durante un periodo de tiempo determinado (Ver Plan de muestreo correspondiente).
- Tomar en forma lenta y cuidadosa las fracciones de las muestras definidas para

cada tipo de muestreo. Para asegurar la invariabilidad de la muestra se debe procurar que el agua se deslice en forma suave por las paredes evitando la oxigenación.

Durante el proceso de extracción de las sub-muestras, agitar constantemente el contenido del balde con una varilla de plástico o vidrio Enjuagando la varilla con agua destilada y posteriormente con el agua que contiene la muestra, evitando la inclusión de material u objetos flotantes y/o sumergidos. No agitar con la mano ni con cualquier objeto extraño.

Nota: La duración y frecuencia de la toma de muestras, depende del objetivo del programa de monitoreo y de las características del cuerpo de agua o del vertimiento a muestrear.

#### 4.3.2.2 Muestreo de cada una de las alícuotas

- En el punto de muestreo definido (Ver Plan de muestreo correspondiente) y antes de tomar la muestra, purgar el recipiente de muestreo por lo menos una vez con la muestra, desechar los enjuagues.
  
- Tomar la muestra en el sitio definido. Seguir las directrices para la toma de muestras para análisis especiales indicados en el instructivo de Muestras simples de agua.

#### 4.3.3 ENVIO DE MUESTRAS AL LABORATORIO

- Almacenar todas las muestras de un mismo sitio, en la misma nevera (si es posible), para evitar confusiones con muestras de otros sitios; si se toman muestras para control de calidad, estos deben ir empacados de igual manera que las otras muestras.

- Colocar los recipientes en posición vertical, con suficientes bolsas de hielo intercaladas de tal manera que se alcance una temperatura cercana a los 4° C. Verificar que las botellas no se caigan, ni se abran, ni se les desprenda el rótulo.
  
- Después de embaladas las muestras, tapar y sellar las neveras cuando sea necesario.
  
- Realizar el envío y entrega de las muestras al laboratorio en el menor tiempo posible considerando el tiempo recomendado de almacenamiento para realizar cada análisis. Las muestras pueden ser entregadas por alguna de las personas que hicieron parte de la comisión de muestreo (entregar los “Formatos respetivos de remisión de muestras”), por una entidad especializada en mensajería o encomiendas (se debe obtener la copia de la guía de transporte, el nombre de la empresa que manejó la encomienda cuando ésta se entrega en el Terminal de transportes o el nombre de la empresa de mensajería urbana).

#### 4.3.4 REGISTRO DE INFORMACIÓN DEL MUESTREO


Registrar de manera oportuna la información requerida en el formato Remisión y recepción de muestras relacionada con la identificación de las muestras recolectadas, los análisis requeridos para cada una de ellas, la cadena de custodia.

Registrar en el formato de Notas de campo la información adicional y relacionada con el muestreo que permita establecer las condiciones específicas (condiciones ambientales y/o del área de muestreo, situaciones especiales con el cliente o su representante, cambios en el plan de muestreo) en las que se desarrollaron las actividades de toma de muestras. El formato de Notas de Campo también puede utilizarse para registrar”, coordenadas de puntos de muestreo y cuando las condiciones ambientales y/o del punto de muestreo no sean adecuadas o sean adversas para realizar las toma de muestra.

**Anexo E. Equipos de campo**

<b>PHMETRO</b>	<b>SCHOTT HANDYLAB PH 11</b>	
----------------	------------------------------	--

<p>Funciones en pantalla</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con electrodo plástico o en vidrio Blueline</li> <li>• Maletín de transporte con soluciones de calibración 4,00 y 7,00, conector DIN para electrodo, sensor de temperatura NTC 30 - PT1000.</li> <li>• Auto apagado a los 6 minutos</li> <li>• Display digital de 60 x 45 mm, carcasa ABS. Batería 4 x 1,5 Vac para 5000 horas de uso</li> <li>• Rango de pH de -2,000 a +19,999 (0,001 pH)</li> <li>• Lectura en mV de -1.999 a +1999 (0,1 mV)</li> <li>• Temperatura de -5,0 a 105,0 °C (0,1 K)</li> <li>• Compensación ATC, ajuste manual -20 a 130 °C</li> </ul>	
------------------------------	---	---

<p><b>Posicionamiento Global (GPS)</b></p>	<p><b>GARMIN ETREX VISTA Cx</b></p>	
<p>Funciones en pantalla</p>	<p>Reporta:  navegador  Brújula digital electrónica  Medición Barométrica en mIB  500 waypointst  Rutas: 20 rutas reversibles de hasta 50 waypoints  Tracks: Almacena hasta 10 caminos. Funciona de manera automática.  Computador de viaje: Velocidad actual, Velocidad media, Tiempo de Salida y Puesta del sol.</p>	