



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA
INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO
PARA LA REDUCCIÓN Y EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES
PRESENTES**

Jhonatan Alexander Rios Rodriguez
Asesorado por la Inga. Monserat Suasnavar

Guatemala, Febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA
FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA REDUCCIÓN Y EL
CONTROL DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JHONATAN ALEXANDER RIOS RODRIGUEZ
ASESORADO POR LA INGA. MONSERAT SUASNAVAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. Federico G. Salazar
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA
FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA REDUCCIÓN Y EL
CONTROL DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, en mayo de 2009.

Jhonatan Alexander Rios Rodriguez

UNIPHARM, S.A.

Guatemala de la Asunción, marzo de 2010

Ingeniero Químico

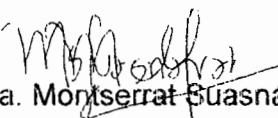
Williams Guillermo Alvarez Mejía

Dirección Escuela de Ingeniería Química

Estimado Ingeniero Alvarez,

Por este medio hago constar mi conformidad con el informe final correspondiente al tema de trabajo de graduación titulado **Caracterización de las aguas residuales de una industria farmacéutica y propuesta de un proceso para la reducción y el control de los contaminantes presentes**, presentado por el estudiante de ingeniería Química Jhonatan Alexander Rios Rodriguez, carné No. 200312814.

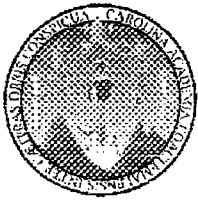
Sin ningún otro particular se suscribe atentamente,


Inga. Montserrat Suasnavar

Colegiada No.955

Asesora

UNIPHARM, S.A.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 15 de octubre de 2010
Ref. EI.Q.TG.106.2010

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-512010-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **JHONATAN ALEXANDER RÍOS RODRÍGUEZ**, identificado con carné No. 2003-12814, titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA REDUCCIÓN Y EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES"** el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Monserrat Suasnavar Gavilan, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final satisfactorio, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Ríos Rodríguez**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA

Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación

C.c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante **JHONATAN ALEXANDER RIOS RODRIGUEZ** titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA REDUCCIÓN Y EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, febrero de 2011

Cc: Archivo
WGAM/ale

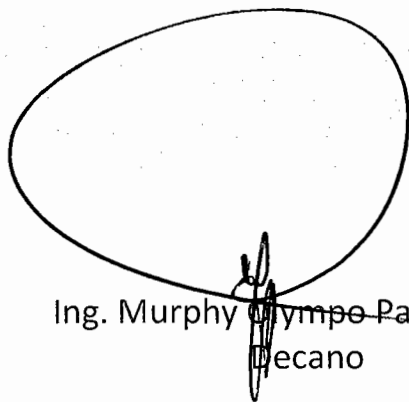




DTG. 054-2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA REDUCCIÓN Y EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES**, presentado por el estudiante universitario **Jhonatan Alexander Rios Rodriguez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de febrero de 2011.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dedico este trabajo de graduación el cual es el reflejo de un largo camino recorrido a:

Mis padres: Irma Yolanda Rodríguez de Rios y Luis Enrique Rios por su apoyo incondicional, por haberme dado las herramientas necesarias para alcanzar cada una de mis metas, por su esfuerzo y deseo en que me superara cada día, por su cariño y consejos. Por esto y muchas cosas más siempre los tengo en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios:** Por haberme iluminado y darme la paciencia y el coraje de terminar un largo camino, por bendecirme con una familia que siempre me ha apoyado.
- A mis padres:** Por su apoyo y cariño.
- A mis hermanos:** Ferenc, Mónica y Norman por su apoyo durante lo largo de mi vida y por haberme guiado en mi formación académica durante mi infancia.
- A mis amigos:** Daniel, Jorge, Manuel, Nelson y Darwin por haber estado presentes en todos los momentos importantes a lo largo de mi carrera, por haber compartido tantos momentos agradables y porque sé que ahí estarán cuando los necesite. Andrea, Delmi, Brenda, Carlos, Marielos, William y Luisa por haber vencido juntos tantos retos, proyectos y dificultades. A Lester, Julio y Diego por su incondicional amistad y a todos los compañeros con los que compartimos un aula de clase y de una u otra forma me ayudaron en mi formación académica.
- A catedráticos:** Por haber brindado sus conocimientos desinteresadamente, especialmente a mi terna evaluadora de privado Jorge Mario Estrada, Orlando Posadas y Federico Salazar por haber sido justos, imparciales y darme serenidad en un momento tan difícil.
- A mi revisor:** Jorge Mario Estrada por haberme apoyado durante el desarrollo del presente trabajo de graduación, por su consejo y brindarme el deseo de finalizar mi trabajo de graduación.

A mi asesora: Monserat Suasnavar, por brindarme su apoyo y tiempo desinteresadamente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XXIX
RESUMEN.....	XXXIII
OBJETIVOS.....	XXXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXXIX

1. ANTECEDENTES

1.1 Estudio de impacto ambiental.....	1
1.2 Estudios realizados sobre la eficiencia de remoción de contaminantes utilizando reactores biológicos secuenciales.....	2
1.2.1 Reactor biológico secuencial utilizado en la Industria químico-farmacéutica.....	2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aguas residuales.....	3
2.1.1 Aguas residuales domésticas.....	3
2.1.2 Aguas residuales comerciales.....	3
2.1.3 Aguas residuales industriales.....	3
2.1.4 Aguas residuales agrícolas.....	4
2.1.5 Aguas residuales pluviales.....	4

2.2	Principales parámetros para la caracterización de las aguas residuales.....	4
2.2.1	Parámetros físicos.....	4
2.2.1.1	Color.....	4
2.2.1.2	Olor	5
2.2.1.3	Cambios térmicos.....	5
2.2.1.4	Materia flotante.....	6
2.2.2	Parámetros químicos.....	6
2.2.2.1	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)....	7
2.2.2.2	Demanda química de oxígeno (DQO).....	7
2.2.2.3	Grasas y aceites.....	8
2.2.2.4	Potencial de hidrogeno (pH).....	9
2.2.3	Parámetros biológicos.....	9
2.2.3.1	Coliformes fecales.....	9
2.3	Caudal volumétrico.....	10
2.3.1	Medidores de caudal en canales abierto.....	10
2.3.1.1	Clasificación de los vertederos según la forma de la abertura.....	11
2.3.1.1.1	Vertedero triangular.....	12
2.4	Muestreo de aguas residuales.....	13
2.4.1	Muestra simple.....	14
2.4.2	Muestra compuesta.....	14
2.4.3	Muestra compuesta secuencial.....	14
2.4.4	Preservación y transporte de muestras.....	14
2.4.4.1	Elección del recipiente adecuado.....	16
2.5	Tratamiento de aguas residuales.....	16
2.5.1	Tratamiento primario.....	18
2.5.1.1	Desbaste.....	18
2.5.1.2	Flotación.....	19

2.5.1.3	Extracción de grasas y aceites.....	19
2.5.1.4	Sedimentación.....	19
2.5.1.5	Ajuste de pH.....	20
2.5.1.6	Coagulación-floculación.....	21
2.5.2	Tratamiento secundario.....	21
2.5.2.1	Tratamiento aerobio.....	22
2.5.2.1.1	Fangos activados.....	23
2.5.2.1.2	Filtros percoladores.....	25
2.5.2.1.3	Bio-discos.....	26
2.5.2.2	Tratamiento anaerobio.....	26
2.5.2.2.1	Reactor de contacto.....	27
2.5.2.2.2	Filtro anaerobio.....	27
2.5.2.2.3	Reactor anaerobio de lecho fluidizado.....	28
2.5.3	Tratamiento terciario o avanzado.....	28

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Variables.....	29
3.2	Delimitación de campo de estudio.....	29
3.3	Recurso humano disponible.....	30
3.4	Recursos materiales disponibles.....	31
3.4.1	Temperatura.....	31
3.4.1.1	Material y equipo.....	31
3.4.1.2	Cristalería.....	31
3.4.2	pH.....	32
3.4.2.2	Cristalería.....	32
3.4.2.3	Reactivos.....	32

3.4.3	Caudal.....	32
3.4.3.1	Material y equipo.....	32
3.4.4	Grasas y aceites.....	33
3.4.4.1	Material y equipo.....	33
3.4.4.2	Cristalería.....	33
3.4.4.3	Reactivos.....	33
3.4.5	Sólidos suspendidos.....	34
3.4.5.1	Material y equipo.....	34
3.4.5.2	Cristalería.....	34
3.4.5.3	Reactivos.....	34
3.4.6	Coliformes fecales.....	34
3.4.6.1	Material y equipo.....	35
3.4.6.2	Cristalería.....	35
3.4.6.3	Reactivos.....	35
3.5	Técnica cuantitativa.....	35
3.6	Recolección y ordenamiento de la información.....	37
3.6.1	Recolección de muestras simples.....	37
3.6.2	Recolección de muestras compuestas.....	37
3.6.3	Recolección de datos para medir la temperatura.....	38
3.6.4	Recolección de datos para medir el pH.....	38
3.6.5	Recolección de datos para calcular el caudal volumétrico.....	38
3.6.6	Recolección de datos para el cálculo de grasas y aceites.....	39
3.6.7	Recolección de datos para calcular los sólidos suspendidos.....	41
3.6.8	Recolección de datos para la determinación de coliformes fecales.....	42

3.6.8.1 Prueba presuntiva.....	42
3.6.8.2 Prueba confirmatoria para coliformes fecales.....	45
3.6.9 Determinación de color, DBO ₅ , DQO, fósforo y nitrógeno.....	46
3.7 Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información..	46
3.7 Análisis estadístico.....	46

4. RESULTADOS

4.1 Características de los puntos de muestreo.....	47
4.2 Caudal total de descarga.....	47
4.3 Parámetros de calidad del agua residual.....	48
4.4 Comparación de los parámetros obtenidos con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.....	89
4.4.1 Temperatura.....	89
4.4.2 pH.....	90
4.4.3 Grasas y aceites.....	91
4.4.4 Sólidos suspendidos.....	99
4.4.5 Coliformes Fecales.....	107
4.4.8 Color.....	115
4.4.9 Nitrógeno.....	123
4.4.10 Fósforo.....	131
4.5 Proceso para la reducción y el control de los contaminantes..	140

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	143
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES.....	149
REFERENCIAS.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153

ANEXOS

Anexo 1 Figura utilizada para encontrar el Ce del vertedero triangular....	155
Anexo 2 Etapas de funcionamiento de un reactor SBR.....	155
Anexo 3 Proceso de lodos activados.....	156

APÉNDICES

Apéndice 1 Requisitos académicos.....	159
Apéndice 2 Árbol de problema.....	160
Apéndice 3 Muestra de cálculo	161
Apéndice 4 Recolección de datos de campo	164
Apéndice 5 Balance de materia en los puntos de mezclado	194
Apéndice 6 Datos estadísticos.....	196

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Clasificación según la forma de la abertura	12
2.	Vertedero triangular	13
3.	Delimitación del campo de estudio en la empresa	30
4.	Cajas de muestreo	47
5.	Monitoreo de caudal punto No. 1	49
6.	Monitoreo de temperatura punto No. 1	49
7.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 1	49
8.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 1	50
9.	Monitoreo de pH punto No. 1	50
10.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 1	50
11.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 1	51
12.	Monitoreo de DQO punto No. 1	51
13.	Monitoreo de color punto No. 1	51
14.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 1	52
15.	Monitoreo de fósforo punto No. 1	52
16.	Monitoreo de caudal punto No. 2	54
17.	Monitoreo de temperatura punto No. 2	54
18.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 2	54
19.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 2	55
20.	Monitoreo de pH punto No. 2	55
21.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 2	55
22.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 2	56

23.	Monitoreo de DQO punto No. 2	56
24.	Monitoreo de color punto No. 2	56
25.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 2	57
26.	Monitoreo de fósforo punto No. 2	57
27.	Monitoreo de caudal punto No. 3	59
28.	Monitoreo de temperatura punto No. 3	59
29.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 3	59
30.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 3	60
31.	Monitoreo de pH punto No. 3	60
32.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 3	60
33.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 3	61
34.	Monitoreo de DQO punto No. 3	61
35.	Monitoreo de color punto No. 3	61
36.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 3	62
37.	Monitoreo de fósforo punto No. 3	62
38.	Monitoreo de caudal punto No. 4	64
39.	Monitoreo de temperatura punto No. 4	64
40.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 4	64
41.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 4	65
42.	Monitoreo de pH punto No. 4	65
43.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 4	65
44.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 4	66
45.	Monitoreo de DQO punto No. 4	66
46.	Monitoreo de color punto No. 4	66
47.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 4	67
48.	Monitoreo de fósforo punto No. 4	67
49.	Monitoreo de caudal punto No. 5	69
50.	Monitoreo de temperatura punto No. 5	69
51.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 5	69

52.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 5	70
53.	Monitoreo de pH punto No. 5	70
54.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 5	70
55.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 5	71
56.	Monitoreo de DQO punto No. 5	71
57.	Monitoreo de color punto No. 5	71
58.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 5	72
59.	Monitoreo de fósforo punto No. 5	72
60.	Monitoreo de caudal punto No. 6	74
61.	Monitoreo de temperatura punto No. 6	74
62.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 6	74
63.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 6	75
64.	Monitoreo de pH punto No. 6	75
65.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 6	75
66.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 6	76
67.	Monitoreo de DQO punto No. 6	76
68.	Monitoreo de color punto No. 6	76
69.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 6	77
70.	Monitoreo de fósforo punto No. 6	77
71.	Monitoreo de caudal punto No. 7	79
72.	Monitoreo de temperatura punto No. 7	79
73.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 7	79
74.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 7	80
75.	Monitoreo de pH punto No. 7	80
76.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 7	80
77.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 7	81
78.	Monitoreo de DQO punto No. 7	81
79.	Monitoreo de color punto No. 7	81
80.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 7	82

81.	Monitoreo de fósforo punto No. 7	82
82.	Monitoreo de caudal punto No. 8	84
83.	Monitoreo de temperatura punto No. 8	84
84.	Monitoreo de grasas y aceites punto No. 8	84
85.	Monitoreo de sólidos suspendidos punto No. 8	85
86.	Monitoreo de pH punto No. 8	85
87.	Monitoreo de coliformes fecales punto No. 8	85
88.	Monitoreo de DBO ₅ punto No. 8	86
89.	Monitoreo de DQO punto No. 8	86
90.	Monitoreo de color punto No. 8	86
91.	Monitoreo de nitrógeno punto No. 8	87
92.	Monitoreo de fósforo punto No. 8	87
93.	Comparación de temperatura con los límites máximos permisibles de descarga de aguas a cuerpos receptores	89
94.	Comparación del pH con los límites máximos permisibles de descarga de aguas a cuerpos receptores	90
95.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	91
96.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	92
97.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	93
98.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	94
99.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	95
100.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	96

101.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	97
102.	Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	98
103.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	99
104.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	100
105.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	101
106.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	102
107.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	103
108.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	104
109.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	105
110.	Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	106

111.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	107
112.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	108
113.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	109
114.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	110
115.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	111
116.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	112
117.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	113
118.	Comparación de los resultados obtenidos de coliformes fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	114
119.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	115
120.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	116
121.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	117
122.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	118

123.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	119
124.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	120
125.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	121
126.	Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	122
127.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	123
128.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	124
129.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	125
130.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	126
131.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	127
132.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	128
133.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	129
134.	Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	130
135.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 1	131
136.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2	132

137.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 3	133
138.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4	134
139.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 5	135
140.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6	136
141.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7	137
142.	Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8	138
143.	Tratamiento propuesto de aguas residuales.	141
144.	Tratamiento de aguas residuales propuesto para el punto No. 7	142
145.	Relación entre Ce y A para vertederos triangulares Funcionando en descarga	155
146.	Diagrama de operaciones de un reactor biológico secuencial	155
147.	Diagrama del proceso de lodos activados	156
148.	Reactor biológico secuencial	156
149.	Filtro percolador	157
150.	Requisitos académicos	159
151.	Árbol de problema	160
152.	Balance de masa promedio efluente de aguas ordinarias	194
153.	Balance de masa promedio efluente de aguas ordinarias	194
154.	Balance de masa máximo efluente de aguas especiales	195
155.	Balance de masa máximo efluente de aguas ordinarias	195

TABLAS

I.	Métodos de preservación para muestras de aguas residuales	15
II.	Agrupaciones recomendadas para la recolección de muestras	16
III.	VARIABLES para la caracterización del efluente de la empresa farmacéutica	29
IV.	Métodos y unidades de cuantificación de los parámetros para la caracterización de las aguas residuales de la empresa farmacéutica	36
V.	Caudal de descarga	47
VI.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 1	48
VII.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 2	53
VIII.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 3	58
IX.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 4	63
X.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 5	68
XI.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 6	73
XII.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 7	78

XIII.	Parámetros de calidad de las aguas residuales punto de muestreo No. 8	83
XIV.	Cargas contaminantes DBO ₅ , y DQO	88
XV.	Comparación de los resultados obtenidos de pH con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	89
XVI.	Comparación de los resultados obtenidos de temperatura con los límites máximos permisibles del Acuerdo gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	90
XVII.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 1	91
XVIII.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 2	92
XIX.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 3	93
XX.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 4	94

XXI.	Comparación de los resultados grasas y aceites Con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 5	95
XXII.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 6	96
XXIII.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 7	97
XXIV.	Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 8	98
XXV.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 1	99
XXVI.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 2	100
XXVII.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 3	101

XXVIII.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 4	102
XXIX.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 5	103
XXX.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 6	104
XXXI.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 7	105
XXXII.	Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 8	106
XXXIII.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 1	107
XXXIV.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 2	108

XXXV.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 3	109
XXXVI.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 4	110
XXXVII.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 5	111
XXXVIII.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 6	112
XXXIX.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 7	113
XL.	Comparación de los resultados de Coliformes fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.8	114
XLI.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.1	115

XLII.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.2	116
XLIII.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.3	117
XLIV.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.4	118
XLV.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.5	119
XLVI.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.6	120
XLVII.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.7	121
XLVIII.	Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.8	122

XLIX.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.1	123
L.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.2	124
LI.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.3	125
LII.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.4	126
LIII.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.5	127
LIV.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.6	128
LV.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.7	129

LVI.	Comparación de los resultados de nitrógeno con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.8	130
LVII.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.1	131
LVIII.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.2	132
LIX.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.3	133
LX.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.4	134
LXI.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.5	135
LXII.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.6	136

LXIII.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.7	137
LXIV.	Comparación de los resultados de fósforo con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No.8	138
LXV.	Comparación DBO ₅ con el artículo 17 y 19 del acuerdo gubernativo 236-2006	139
LXVI.	Código del equipo empleado en las figuras 154 y 155	140
LXVII.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1	164
LXVIII.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2	165
LXIX.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3	166
LXX.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4	167
LXXI.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5	168

LXXII.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6	169
LXXIII.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7	170
LXXIV.	Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8	171
LXXV.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1	172
LXXVI.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2	173
LXXVII.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3	174
LXXVIII.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4	175
LXXIX.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5	176
LXXX.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6	177

LXXXI.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7	178
LXXXII.	Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8	179
LXXXIII.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1	180
LXXXIV.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2	180
LXXXV.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3	181
LXXXVI.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4	181
LXXXVII.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5	182
LXXXVIII.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6	182
LXXXIX.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7	183

XC.	Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8	184
XCI.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1	184
XCII.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2	185
XCIII.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4	185
XCIV.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6	186
XCV.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7	186
XCVI.	Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8	187
XCVII.	Presencia de materia flotante monitoreo No. 1	188
XCVIII.	Presencia de materia flotante monitoreo No. 2	188
XCIX.	Presencia de materia flotante monitoreo No. 3	189
C.	Presencia de materia flotante monitoreo No. 4	189
CI.	Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos monitoreo No. 1	190
CII.	Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos monitoreo No. 2	190

CIII.	Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos monitoreo No. 3	191
CIV.	Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos monitoreo No. 4	191
CV.	Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas monitoreo No. 1	192
CVI.	Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas monitoreo No. 2	192
CVII.	Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas monitoreo No. 3	193
CVIII.	Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas monitoreo No. 4	193
CIX.	Datos estadísticos para la recolección de pH diario	196
CX.	Datos estadísticos para la recolección de temperatura diario	196
CXI.	Datos estadísticos para la recolección de caudal diario	197
CXII.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.1	197
CXIII.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.2	198
CXIV.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.3	198
CXV.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.4	199
CXVI.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.5	199
CXVII.	Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.6	200

GLOSARIO

Abrasión

Efecto de desgaste por causa de fricción.

Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

Biodegradable

Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivientes, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias.

Caracterización

Determinación de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal.

Carga

Es el grado de contaminación de las aguas residuales, obtenido de multiplicar el caudal por la concentración.

Caudal

Expresa un flujo ya sea de volumen por unidad de tiempo o de masa por unidad de tiempo.

Contaminantes

Se definen como todos los elementos, compuestos o sustancias, su asociación o composición, derivado químico o biológico, así como cualquier tipo de energía, radiación, vibración o ruido que, incorporados en cierta cantidad al medio ambiente y por un periodo de tiempo tal, pueden afectar negativamente o ser dañinos a la vida humana, salud o bienestar del hombre, a la flora y la fauna, o causen un deterioro en la calidad del aire, agua y suelos, paisajes o recursos naturales en general.

Cuerpo receptor

Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

Efluente

Aguas residuales descargadas por un ente generador.

Límite máximo permisible

Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas de rehúso y lodos.

Mantos acuíferos

Toda formación o estructura geológica de rocas, gravas o arenas situadas encima de una capa impermeable, que por porosidad y permeabilidad natural posee la capacidad de almacenar agua que circula en su interior.

Monitoreo

Proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de un o varias muestras con una frecuencia de tiempo determinado para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros.

Organoléptico

Se dice de las propiedades de los cuerpos que se pueden percibir por los sentidos.

Parámetro

Variable que identifica una característica del fenómeno a estudiar.

Protozoos

Son organismos microscópicos, unicelulares eucarísticos; depredadores que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos, ya sean en aguas saladas o dulces.

Purgar

Eliminar de alguna cosa todo lo que altere su pureza, su calidad o lo que lo dañe u obstaculice.

Rotíferos Son un filo de animales metazoarios invertebrados microscópicos que abundan en las aguas estancadas y atraviesan cuando las condiciones son desfavorables estados de enquistamiento y vida latente.

Séptico Que contiene gérmenes patógenos, que produce putrefacción o es ocasionado por ella.

Turbulento Situación del flujo de un fluido en la cual se producen cambios irregulares y azarosos de las velocidades y presiones instantáneas.

Volátil Término que describe sustancias de bajo peso molecular que se evaporan a temperaturas y presiones atmosféricas normales.

RESUMEN

Este estudio consistió en la caracterización del efluente de aguas residuales de una industria farmacéutica y el proponer un proceso para la reducción y el control de los contaminantes.

La empresa desecha sus residuos líquidos a través de ocho diferentes puntos de descarga correspondientes a las diferentes áreas de producción y de los servicios auxiliares, el origen de las aguas son individualmente de tipo doméstico, industrial o en algunos casos una mezcla de ambos, estos efluentes se descargan sin ningún tratamiento en pozos de absorción.

Para establecer el grado de contaminación de los efluentes se llevaron a cabo cuatro monitoreos, los cuales consistieron en un muestreo en puntos estratégicos, mediciones de caudal volumétrico, y cuantificación de los contaminantes por medios físico-químicos y microbiológicos

Los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles presentados en los artículos 17,19 y 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, estos mostraron que los parámetros no satisfacen todas las etapas de cumplimiento; para reducir la concentración de contaminantes se propuso implementar un reactor biológico secuencial, el cual presenta un ahorro en espacio y costos.

ABSTRACT

This study was the characterization effluent wastewater industry pharmaceutical and propose a process for the reduction and the control of pollutants.

The company disposed of its liquid waste through eight different discharge points for the different areas of production and services auxiliary water source is individually household type, industrial or in some cases a mixture both, these effluents are discharged without any runoff for treatment.

To establish the degree of contamination effluent monitoring conducted four, the which consisted of sampling points strategic volume flow measurements, and quantification of pollutants by physical means chemical and microbiological.

The results were compared with maximum permissible presented in articles 17, 19 and 20 Governmental Agreement 236-2006 of the ministry of environment and natural resources, these parameters showed no meet all stages of compliance, to reduce the concentration of pollutants was proposed to implement a sequential biological reactor which has a space and cost savings.

Index

1. *Introduction* (1)

2. *History of the Study of the Mind* (1)

3. *The Mind-Body Problem* (1)

4. *The Mind-Body Problem* (1)

5. *The Mind-Body Problem* (1)

6. *The Mind-Body Problem* (1)

7. *The Mind-Body Problem* (1)

8. *The Mind-Body Problem* (1)

9. *The Mind-Body Problem* (1)

10. *The Mind-Body Problem* (1)

11. *The Mind-Body Problem* (1)

12. *The Mind-Body Problem* (1)

13. *The Mind-Body Problem* (1)

14. *The Mind-Body Problem* (1)

15. *The Mind-Body Problem* (1)

OBJETIVOS

- **General**

Proponer un proceso para el control y la reducción de los contaminantes del efluente de aguas residuales de una industria farmacéutica con base en la interpretación de la caracterización de los parámetros de calidad.

- **Específicos**

1. Establecer puntos de muestreo estratégicos para la obtención de datos representativos en cada área de producción.
2. Determinar el caudal volumétrico total de las aguas residuales desechadas por la empresa.
3. Determinar el grado de contaminación del efluente de aguas residuales mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
4. Verificar si el efluente cumple con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236

5. Establecer las etapas críticas del proceso en función de la contaminación producida.

6. Determinar una alternativa de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

Figura 1.4

El presente documento describe el estudio de la contaminación ambiental en el municipio de San Juan de los Rios, en el departamento de Boyacá, Colombia, con el fin de determinar las etapas críticas del proceso y las alternativas de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

Figura 1.5

El presente documento describe el estudio de la contaminación ambiental en el municipio de San Juan de los Rios, en el departamento de Boyacá, Colombia, con el fin de determinar las etapas críticas del proceso y las alternativas de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

El presente documento describe el estudio de la contaminación ambiental en el municipio de San Juan de los Rios, en el departamento de Boyacá, Colombia, con el fin de determinar las etapas críticas del proceso y las alternativas de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

El presente documento describe el estudio de la contaminación ambiental en el municipio de San Juan de los Rios, en el departamento de Boyacá, Colombia, con el fin de determinar las etapas críticas del proceso y las alternativas de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

El presente documento describe el estudio de la contaminación ambiental en el municipio de San Juan de los Rios, en el departamento de Boyacá, Colombia, con el fin de determinar las etapas críticas del proceso y las alternativas de tratamiento para la reducción y el control de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un problema crítico en la actualidad, la mayoría de las fuentes hídricas se encuentran contaminadas debido a que se utiliza como un medio para el arrastre de los desechos de las actividades humanas. El 80% de los desechos peligrosos vertidos a las fuentes hídricas es producido por los países desarrollados, mientras que el 70% de los desechos de los países en vías de desarrollo son arrojados a las aguas sin ningún tipo de tratamiento.

El agua es un derecho así como una responsabilidad, posee valor económico, moral y ambiental por lo que es de vital importancia su conservación, es por esto que desde hace varias décadas se han buscado formas de controlar y reducir la contaminación de este valioso recurso. Las autoridades a nivel mundial han dictaminado leyes que controlen el grado de contaminación presente en las aguas residuales y dictaminado sanciones para los actos irresponsables de las empresas. Esto originó un proceso de investigación para crear tecnología que mejorara la calidad de las aguas desechadas, desarrollándose una gran variedad de procesos que se ajustan a diferentes condiciones e industrias.

El interés en utilizar la tecnología para mejorar un proceso, desde el punto de vista ambiental, fue uno de las principales razones de abordar el tema del tratamiento de aguas residuales, ya que la mayoría de investigaciones se enfocan a mejorar los procesos desde el punto de vista económico sin importar el impacto medioambiental.

Este trabajo de investigación aborda la caracterización de las aguas residuales de una empresa farmacéutica; los contaminantes presentes en los efluentes de estas empresas son muy variados debido a que utilizan una gran variedad de reactivos químicos para el desarrollo de sus productos, para el análisis de los parámetros de calidad y debido a la formación de subproductos indeseables.

Proponer un proceso que reduzca el grado de contaminación de dicha empresa es el principal objetivo que se desea alcanzar para minimizar el impacto medioambiental.

1. ANTECEDENTES

1.1 Estudio de impacto ambiental

El 5 de mayo de 2006 se emitió el “Reglamento de las descargas y rehúso de aguas residuales y de la disposición de lodos” con el fin de fijar una ley para proteger y mejorar el medio ambiente, en este reglamento se establecen los mecanismos de evaluación de las aguas de desecho, así como la concentración de contaminantes de los efluentes que deben manejar las empresas y del período de cumplimiento para una reducción progresiva.

En noviembre de 2007 se realizó un estudio técnico, para cumplir con lo solicitado en el artículo 6. Uno de los factores más relevantes fue el estudio geográfico en el cual se confirmó que ningún manto acuífero se encontraba en el terreno de la empresa, ya que esta desechaba sus aguas residuales en pozos de absorción.

Otro factor de gran importancia fue el estudio de lodos, en los cuales se pudo confirmar que las concentraciones de metales pesados en las aguas de desecho eran menores a los estipulados en el acuerdo gubernativo. El dato máximo para el análisis de arsénico fue de 15 ppm en el punto de descarga No. 1, menor a 8.5 ppm para el análisis de cadmio en todos los puntos de muestreo, 120 ppm para el análisis de cromo total en el punto de descarga No. 4, 0.7 ppm para el análisis de mercurio para el punto No. 4 y 29 ppm para el análisis de plomo para el punto No. 4. Con base en estos resultados que la empresa quedó exenta para el control de los parámetros de metales pesados.

El estudio también reveló que la mayoría de las descargas de aguas residuales dejaban de cumplir para la tercera etapa por lo que encontrar una solución para reducir y controlar los contaminantes presentes se hacía inminente.

1.2 Estudios realizados sobre la eficiencia de remoción de contaminantes utilizando reactores biológicos secuenciales

La aplicabilidad de los reactores biológicos secuenciales en las industrias son cada vez más convenientes gracias a su ahorro en espacio y a su versatilidad en el control de parámetros operacionales.

1.2.1 Reactor biológico secuencial utilizado en la industria químico-farmacéutica

La UNAM en el proyecto 27498T apoyado por el CONACYT utilizó un reactor acrílico biológico secuencial con soporte de piedra volcánica a una temperatura controlada de 28 °C en una industria químico-farmacéutica.

El agua de alimentación poseía una concentración de 400 mg/L y presenta una eficiencia de remoción de DQO del 63% en la fase anaerobia y de 18% en la fase aerobia arrojando una eficiencia global de 81%.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones locales comerciales e industriales, es toda agua que proviene de un proceso realizado por la actividad humana, la cual por sus características ya no tiene un valor o uso y por lo tanto se convierte en un desecho (1).

2.1.1 Aguas residuales domésticas

Son las que provienen de viviendas y de los edificios públicos.

2.1.2 Aguas residuales comerciales

Son las aguas que provienen de locales comerciales, mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas, que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillas en común.

2.1.3 Aguas residuales industriales

Son las que provienen de todo tipo de industria.

2.1.4 Aguas residuales agrícolas

Provenientes de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.

2.1.5 Aguas residuales pluviales

Son las que se recolectan de toda forma de precipitación.

Las aguas residuales también se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a su composición, las aguas de tipo ordinario son todas aquellas aguas generadas por las actividades domésticas tales como el uso en los servicios sanitarios, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares; y las aguas de tipo especial, estas son las generadas por los servicios públicos, municipales, industriales y todas las que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas son consideradas aguas residuales de tipo industrial (2).

2.2 Principales parámetros para la caracterización de las aguas residuales

2.2.1 Parámetros físicos

Estos parámetros son fácilmente detectables por medio de los sentidos, es decir son parámetros organolépticos.

2.2.1.1 Color

En un nivel cualitativo el color de las aguas residuales puede dar una idea de la edad de las mismas en conjunto con su olor. Las aguas residuales de menor edad son de color grisáceo, a medida que transcurre el tiempo su color va oscureciéndose hasta volverse totalmente negras. Algunos químicos le dan colores especiales a las aguas residuales.

Se determina por la comparación de la muestra con un patrón de Platino y Cobalto. Sus unidades son unidades de color (UC).

2.2.1.2 Olor

El olor es una impresión que provocan los materiales volátiles contenidos en el agua en el órgano del olfato. El tipo de olor proveniente de las aguas residuales puede clasificarse en cuatro grupos; los olores producidos por la materia orgánica, los olores causados por organismos vivos, los olores causados por gases, los olores causados por residuos industriales.

2.2.1.3 Cambios térmicos

La temperatura es una de las características más importantes, cuando la temperatura aumenta disminuye la solubilidad de los gases en ella pudiendo provocar situaciones críticas para la vida acuática por la variación en el contenido de oxígeno.

La dependencia de la temperatura en la constante de la velocidad de la reacción biológica es muy importante a la hora de evaluar la eficacia total del tratamiento biológico. La temperatura no solo influye en las actividades metabólicas sino que tiene un profundo efecto en factores tales como las tasas de transferencias de gases y características de sedimentación de sólidos biológicos.

2.2.1.4 Materia flotante

El material flotante en las aguas residuales es importante porque se acumula en la superficie, suele ser muy visible, es susceptible de ser transportado por el viento, puede contener bacterias patógenas o virus asociados con partículas aisladas y puede concentrar cifras elevadas de metales e hidrocarburos clorados como los pesticidas (1).

2.2.2 Parámetros químicos

Estos dan una idea tanto del contenido de productos químicos orgánicos como inorgánicos. El aspecto fundamental de la contaminación de productos orgánicos es la disminución del oxígeno, en el caso de compuestos inorgánicos el resultado más importante es su posible efecto tóxico, más que una disminución de oxígeno.

2.2.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es definido como la cantidad de oxígeno libre necesario para oxidar la materia orgánica presente en el agua. En las aguas residuales se puede decir que el DBO es la cantidad de oxígeno consumido en la estabilización biológica anaeróbica de la materia orgánica, a condiciones de temperatura, dilución y tiempo específicas.

La demanda de oxígeno de aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales, los orgánicos carbónicos utilizados como fuentes de alimentación por organismos aeróbicos, nitrógeno oxidable derivado de la presencia de nitritos, amoníaco y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven de alimento para bacterias específicas, compuestos y los compuestos químicos reductores.

Generalmente el análisis para determinar la DBO_5 consiste en la incubación por 5 días a 20 °C de volúmenes de 300 cm³ de muestra de las aguas a analizar, se expresa generalmente en unidades de miligramos por litro de muestra (ppm).

2.2.2.2 Demanda química de oxígeno (DQO)

En el proceso de descomposición de las aguas residuales, el consumo de oxígeno no se debe únicamente a procesos bioquímicos, en donde se ven involucradas bacterias y otros seres vivos, sino también a procesos químicos en donde no hay intervención de dichas bacterias.

La DQO se define como la cantidad de oxígeno necesario para oxidar todo el contenido de la materia orgánica e inorgánica del agua. El valor de la DQO es mayor o igual al de la DBO₅ ya que este último representa solamente a la cantidad de materia orgánica oxidada por vía biológica, mientras que la DQO es por vía química que representa una oxidación más completa.

Se determina por medio de la oxidación con dicromato de potasio y se expresa en dimensionales de miligramos por litro (ppm) generalmente.

2.2.2.3 - Grasas y aceites

Por grasas se reconoce a todas aquellas grasas animales y vegetales, aceites, ceras y otros constituyentes que se encuentran en las aguas residuales. Son altamente estables y solamente se descomponen al interactuar con ácidos y álcalis.

Uno de los principales problemas que producen los aceites y grasas es que forman una capa en la superficie del agua o el suelo, evitan el contacto con el aire y por ende con el oxígeno, y este es vital para los procesos de descomposición y tratamiento, pequeñas cantidades de aceite pueden cubrir un área considerable de agua estancada.

2.2.2.4 Potencial de hidrogeno (pH)

El potencial de hidrogeno permite cuantificar las sustancias ácidas presentes en determinado cuerpo de aguas o en un residuo líquido.

Este dato es importante porque las sustancias ácidas presentes en el agua incrementan su corrosividad e interfieren en la capacidad de reacción de muchas sustancias y procesos al interior de los sistemas acuosos. Así la cuantificación de las sustancias ácidas se permite idear un proceso de neutralización para la adecuación y el uso posterior.

2.2.3 Parámetros biológicos

En las aguas residuales se encuentran organismos saprofitos que degradan la materia orgánica en sustancias más simples en presencia de oxígeno o sin él, estos tienen un tiempo de vida corto. Otro tipo de organismos presentes son los patógenos, estos poseen tiempo de vida más prolongados.

2.2.3.1 Coliformes fecales

Una medida ampliamente reconocida de contaminación microbiológica es la concentración de bacterias coliformes, específicamente la *Escherichia coli*, este parámetro indica la presencia de contaminación fecal y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de seres humanos y animales de sangre caliente.

Aun cuando la presencia de este tipo de bacteria no representa ningún peligro para la salud de las personas y del medio ambiente, debido a su facilidad en cuanto a su cuantificación es utilizada para relacionarla con la presencia de otros microorganismos patógenos presentes en el agua.

2.3 Caudal volumétrico

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los medidores de caudal volumétrico pueden determinar el caudal de volumen de fluido de dos formas, directamente, mediante dispositivos de desplazamiento positivo e indirectamente, mediante dispositivos de presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

2.3.1 Medidores de caudal en canales abiertos

Un vertedero es un dique o pared que intercepta una corriente de un líquido con superficie libre, causando una elevación del nivel del fluido aguas arriba de la misma.

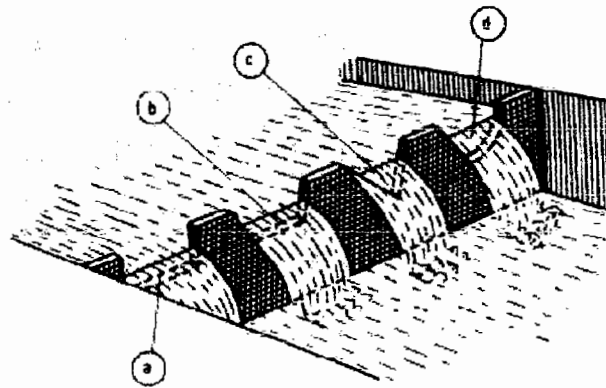
Los vertederos se emplean bien para controlar ese nivel es decir, mantener un nivel aguas arriba que no exceda un valor límite, o bien para medir el caudal circulante por un canal. Como vertedero de medida, el caudal depende de la altura de la superficie libre del canal aguas arriba, además de depender de la geometría; por ello, un vertedero resulta un medidor sencillo pero efectivo de caudal en canales abiertos.

Para la medida de caudal con vertederos, la precisión de la medida solamente se puede garantizar si el vertedero está bien ventilado en la zona de descarga, por el lado de aguas abajo. La ventilación o aireación tiene por objeto introducir aire bajo la lámina de agua vertida, de modo que se encontrará a presión atmosférica tanto por arriba como por abajo.

2.3.1.1 Clasificación de los vertederos según la forma de la abertura

Según la forma de la abertura los vertederos se clasifican en vertederos rectangulares (Figura 11a), vertederos trapezoidales (Figura 11b), vertederos triangulares (Figura 11c) y vertederos parabólicos (Figura 11d).

Figura 1. Clasificación según la forma de la abertura



Fuente:

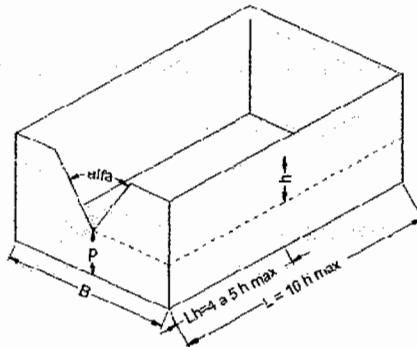
http://156.35.33.98/Áreas/Mecánica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecánica_de_fluidos_minas/lp6.pdf

2.3.1.1.1 Vertedero triangular

Un vertedero triangular de pared delgada es una instalación de control que consiste en un canal de aproximación de sección rectangular en cuyo extremo se coloca una placa vertical delgada con una incisión en forma de V sobre la cual circula el flujo. Esta se ubicará de forma que su bisectriz esté vertical y equidistante a las paredes del canal.

Este tipo de vertedero se emplea con frecuencia para medir caudales pequeños, inferiores aproximadamente a 6 l/s (4). El ángulo θ puede tomar cualquier valor, aunque es muy frecuente el vertedero con $\theta = 90^\circ$ (Figura 12).

Figura 2. **Vertedero triangular**



Fuente: Alejandro Oleaga, Fernando Pacheco, Lorena Puig, **Guía para medición de caudales de efluentes industriales**, Pág. 7

2.4 Muestreo de aguas residuales

Las muestras deben tomarse en donde las aguas estén bien mezcladas, se debe de tener cuidado cuando las muestras se toman de tubos que no se encuentran totalmente llenos o en canales abiertos ya que comúnmente esta agua presenta tres estratos. El agua que fluye en la superficie contiene materia que flota, la parte central puede estar libre de materia flotante y de sedimentos y el inferior contiene sólidos que se han sedimentado.

No se deben incluir en el muestreo los sedimentos, crecimientos o materia flotante que se hayan acumulado en el punto de muestreo ya que tal material no sería representativo. Las muestras deben de examinarse tan pronto como sea posible.

2.4.1 Muestra simple

La muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales (2).

2.4.2 Muestra compuesta

Es la que se forma por muestras separadas tomadas a diferentes intervalos de tiempo o a porciones continuas de flujo. (2).

2.4.3 Preservación y transporte de muestras

Diffícilmente se puede conseguir una preservación completa de las muestras, las técnicas de preservación solo retrasan las reacciones químicas y biológicas que sobrevienen al extraer la muestra de la fuente de origen. (4)

El valor de cualquier resultado de laboratorio, depende de la integridad de la muestra; es decir, la manera o forma en que se ha realizado la toma de la muestra respectiva, la cual debe ser representativa a las condiciones del momento, el propósito es recoger una porción de las aguas residuales de volumen adecuado, para ser manejada convenientemente en el laboratorio. Debe de realizarse de tal forma que no se agregue, ni se pierda nada en la porción tomada y que no se produzca ningún cambio durante el tiempo que transcurra desde la recolección hasta el examen en el laboratorio, evitando además su contaminación.

Los métodos de preservación son limitados y tienen tres objetivos esenciales, retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de compuestos y complejos químicos y reducir la volatilidad de los constituyentes. Dichos métodos se limitan al control de pH, la adición de compuestos químicos y a la refrigeración.

Tabla I. **Métodos de preservación para muestras de aguas residuales**

Preservante	Acción	Aplicabilidad
HgCl ₂	Inhibidor bacteriano	Formas nitrogenadas, formas fosfóricas.
Ácido (HNO ₃)	Solvente metálico previene la precipitación	Metales
Ácido (H ₂ SO ₄)	Inhibidor bacteriano	Muestras orgánicas (DQO, aceites y grasas), nitrógeno, formas fosfóricas
	Formación de sal con bases orgánicas	Amoniaco, aminas
Alcali (NaOH)	Formación de sal con compuestos volátiles	Cianuros, ácidos orgánicos
Refrigeración	Inhibidor bacteriano, retrasa las tasas de reacciones biológicas	Acidez=alcalinidad, materiales orgánicos, DBO, color, olor, coliformes.

Fuente: Luisa Esparza, Procedimientos simplificados de análisis químicos de aguas residuales.

El uso de cloruro de mercurio se recomienda sólo en casos necesarios y especiales debido a su alto nivel tóxico.

2.4.3.1 Elección del recipiente adecuado

Tabla II. Agrupaciones recomendadas para la recolección de muestras

Volumen de recipiente	Agente de preservación	Tipo de recipiente	Puede usarse para
1 a 3 litros dependiendo del número de parámetros a ser analizados	Refrigeración a 4 °C	Plástico o vidrio	Acidez, alcalinidad, DBO, cloruros, fluoruros, dureza, nitrito, fósforo total, conductancia específica, sulfato, turbiedad.
1 a 2 litros dependiendo del número de parámetros a ser analizados	Frío 4 °C acidificación pH < 2 con H ₂ SO ₄	Vidrio	DQO, nitrógeno, amoníaco, aceite y grasas, carbono orgánico, fósforo hidrolizable
200 ml a 2 litros dependiendo del número de parámetros a ser analizados	HNO ₃ a pH 2	Plástico o vidrio (preferible plástico)	Metales

Fuente: Luisa Esparza, Procedimientos simplificados de análisis químicos de aguas residuales. Pág. 5

2.5 Tratamiento de aguas residuales

La selección del tratamiento de aguas residuales depende de factores tales como el pH, DBO, materia en suspensión, toxicidad de los compuestos en solución, calidad del efluente de salida requerido, coste y disponibilidad de terrenos y de la posible ampliación de la empresa.

Los procesos de tratamiento de aguas residuales pueden ser clasificados en procesos físicos, procesos químicos y procesos biológicos.

Los procesos físicos se caracterizan principalmente en la remoción de las sustancias físicamente separables de los líquidos o que no se encuentran disueltos.

La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma coloidal como en forma diluida. Estos tratamientos también eliminan el nitrógeno contenido en las aguas.

En los procesos químicos se utilizan productos químicos que son utilizados cuando el empleo de los procesos físicos y biológicos no actúa eficientemente en la reducción de los contaminantes. Los procesos químicos que comúnmente son aplicados son la floculación, precipitación química, oxidación química, cloración y la neutralización o corrección de pH.

Algunos de los productos químicos que habitualmente se utilizan son el sulfato de aluminio o alumina, cal, sulfato de hierro o caparrosa y cal, cloruro férrico, cloruro férrico y cal.

2.5.1 Tratamiento primario

Los tratamientos primarios son los más sencillos y tienen como objetivo preparar el agua limpiándola de todas aquellas partículas cuyo tamaño pueda dificultar los equipos de los procesos posteriores. En esta etapa de tratamiento predomina la aplicación de principios físicos, es por esto que también suele llamársele etapa mecánica. Sin embargo, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos. Las operaciones que se utilizan generalmente son las mencionadas a continuación.

2.5.1.1 Desbaste

Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.

El equipo que se suele utilizar son rejillas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100 mm.

2.5.1.2 Flotación

En esta etapa se generan pequeñas burbujas de aire que se asocian a las partículas y serán elevadas a la superficie en donde son arrastradas y sacadas del sistema. Esta operación es aplicable para partículas de densidad menor o muy parecida a la del agua.

2.5.1.3 Extracción de grasas y aceites

Las grasas y aceites pueden ocasionar problemas de obstrucción en tuberías y en las rejillas, así como dificulta la aireación del agua. En esta etapa se colocan trampas de grasas que pueden llegar a ser tan sencillas como tubos cortados en dos, colocados en la superficie del tanque con el fin de atrapar la materia flotante, las grasas y aceites.

2.5.1.4 Sedimentación

En una operación física que utiliza la fuerza de gravedad para que las partículas más densas que el agua se depositen en el fondo de un sedimentador, esta operación se hace más eficaz llevando a cabo una coagulación-floculación previa. Generalmente se utilizan 3 tipos de sedimentadores, los sedimentadores rectangulares, cuya velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas grandes y densas, suelen ser poco profundos y de gran área horizontal.

Los sedimentadores circulares en donde el flujo de agua es radial desde el centro al exterior por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarse del centro del sedimentador, el sistema de operación es adecuado cuando va acompañado de la coagulación-floculación.

Los sedimentadores lamelares son otro de los tipo de sedimentadores poco profundos que consiguen una mayor área en poco espacio, consiste en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas o tubos inclinados respecto a la base y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente, en la superficie inferior se van acumulando partículas recogándose en el fondo del sedimentador.

2.5.1.5 Ajuste de pH

La neutralización tratamiento ácido-base del agua residual se utiliza para el ajuste final del pH del efluente último antes de la descarga al medio receptor (5.5-9). Antes del tratamiento biológico, pH entre 6.5-8.5 para una actividad biológica óptima.

La precipitación de metales pesados es la aplicación más importante. Intervienen diversos factores como el producto de solubilidad del metal, estos se precipitan normalmente en forma de hidróxidos, utilizando cal hasta alcanzar el pH óptimo de precipitación (6-11).

2.5.1.6 Coagulación-floculación

Las partículas de diámetros pequeños y de largo tiempo de sedimentación disueltas en las aguas hacen poco aplicable utilizar la sedimentación clásica. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que en primer lugar desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables.

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide, se pueden utilizar las sales de Fe_3^+ como el Cl_3Fe o $Fe(SO_4)_3$, sales de Al_3^+ y algunos polielectrólitos como la poliacrilamida o los ácidos poliacrílicos.

2.6.2 Tratamiento secundario

El objetivo principal es limpiar las aguas de aquellas impurezas cuya tamaño es menor a las que se pueden captar en el tratamiento primario, entre estos compuestos están los sólidos en suspensión de tamaño pequeño y compuestos orgánicos biodegradables.

En esta etapa de tratamiento se utilizan microorganismos para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables aprovechando la actividad metabólica, se elimina la materia orgánica biodegradable tanto soluble como coloidal y los compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

2.6.2.1 Tratamiento aerobio

En este tipo de tratamiento se degrada la materia orgánica en presencia de oxígeno a compuestos inorgánicos los cuales sirven de alimento a las algas y estas a su vez estas producen oxígeno siendo esta una relación simbiótica. Estos sistemas se adaptan en buena medida a cargas orgánicas menores de 300 mg/l de DBO.

Estos sistemas no se adaptan a efluentes que contengan sustancias tóxicas ya que estas inhiben el crecimiento bacteriano o a los efluentes que contengan gran cantidad de grasas y aceites ya que son difíciles de digerir.

Existen los cultivos en suspensión como los fangos activados y sus modificaciones en las formas de operar, así como los cultivos fijos, en estos los microorganismos se inmovilizan sobre superficies por donde se deja correr el efluente, entre estos destacan los filtros percoladores y los bio-discos. Los sistemas suelen ser algo costosos pero poseen una eficiencia del 80% en la reducción de la materia orgánica (5).

2.6.2.1.1 Fangos activados

Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza un recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor.

Uno de los principales parámetros de control es el proporcionar el oxígeno necesario para asegurar la supervivencia de los microorganismos, esto se hace por medio de aireadores superficiales o por difusores.

Existen algunas modificaciones al proceso como lo es la aireación prolongada, en donde se trabaja con mayores tiempos de residencia en donde se obtiene una mayor degradación de los compuestos orgánicos y una menor generación de fangos, contacto estabilización en donde se trabajan con menores tiempos de residencia permitiéndose la absorción de la materia orgánica por medio de los flóculos y la verdadera degradación se realiza en una balsa de aireación insertada en la corriente de recirculación de fangos, y donde la concentración de fangos es mucho más elevada que en el primer reactor.

Otra de las variantes son los reactores discontinuos secuenciales (SBR), en estos las operaciones de aireación y sedimentación se realizan en el mismo equipo, el procedimiento consiste en una etapa de llenado y terminando con la evacuación del agua tratada, trabajan en ciclos de 5 fases bien definidas las cuales son el llenado, la reacción, la sedimentación, el vaciado y un tiempo muerto. Esta opción es válida cuando no se dispone de mucho espacio y presenta versatilidad en cuanto a las condiciones de operación en donde se utilizan habitualmente columnas de burbujeo como reactores.

Los sistemas SBR son utilizados típicamente para caudales iguales o menores a 5 millones de galones por día, los elementos centrales de un sistema de SBR son la unidad de control y los interruptores y válvulas automáticas que regulan la secuencia y duración de las diferentes operaciones. El tanque del SBR se construye normalmente de acero o de concreto. Para aplicaciones industriales los tanques más comunes son los de acero con revestimiento para control de corrosión, mientras que los de concreto son los más comunes para el tratamiento de aguas domésticas municipales. Para la mezcla y aireación, los sistemas de aireación de chorro son típicos ya que permiten el mezclado con o sin aireación, pero otros sistemas de aireación y mezcla son también utilizados. Los sopladores de desplazamiento positivo se usan generalmente en el diseño de los SBR para manejo de variaciones de nivel del agua residual en el reactor.

El decantador es el elemento principal que diferencia a los fabricantes de SBR. Los tipos de decantadores incluyen los flotantes y los fijos. Los flotantes tienen la ventaja de mantener sumergido el orificio de toma muy cerca de la superficie del agua para minimizar la remoción de sólidos en el efluente durante el paso de descarga. Los decantadores flotantes también ofrecen flexibilidad operacional en respuesta a volúmenes variables de llenado y vaciado. Los decantadores fijos se instalan en la pared del tanque y pueden ser empleados si se usa una fase extendida de sedimentación. El extender esta fase minimiza la posibilidad de que los sólidos en el agua residual floten sobre el decantador. En algunos casos, los decantadores fijos son menos costosos y pueden ser diseñados para permitir que el operador baje o suba su nivel. Los decantadores fijos no ofrecen la flexibilidad de operación de los flotantes.

2.6.2.1.2 Filtros percoladores

Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente.

En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante, teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10.000 kg DBO₅/día y 100 m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables desde 2 hasta 10 m de altura (5).

2.6.2.1.3 Bio-discos

Están formados por una serie de discos o placas soportados por un eje y sumergidos en un 40% en una balsa de agua que contiene al agua residual, el eje con los discos gira lentamente y sobre ellos crece una bio-película que se moja y entra en contacto con el aire produciéndose la degradación de los compuestos orgánicos. Son fáciles de manejar para pequeños caudales. Normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 m de diámetro, está separados unos 10-20 cm y con velocidades de giro de 0.5-3 rpm (5).

2.6.2.2 Tratamiento anaerobio

Este tratamiento se utiliza cuando las aguas poseen una alta carga orgánica que presentaría un sistema aerobio costoso debido a la producción del oxígeno necesario. Este sistema de tratamiento produce biogás formado en su mayoría por metano el cual puede aprovecharse como combustible.

El proceso es lento por lo que se trabaja con altos tiempos de residencia, la producción de bacterias es menor que en los procesos aerobios por lo que es necesaria la construcción de reactores o digestores con altas concentraciones de microorganismos. Algunos de los reactores utilizados son los mencionados a continuación.

2.6.2.2.1 Reactor de contacto

Se trata del equivalente al proceso de fangos activados aerobio. Consiste un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos.

2.6.2.2.2 Filtro anaerobio

En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una bio-película de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. El agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la bio-película.

Son sistemas tradicionalmente utilizados en muchas depuradoras de aguas residuales industriales con alta carga orgánica. Resisten muy bien alteraciones de carga en el influente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el efluente. El rango típico de cargas tratadas desde 5-15 Kg DQO/m³ día (5).

2.6.2.2.3 Reactor anaerobio de lecho fluidizado

Son columnas en cuyo interior se introducen partículas de un sólido poroso (arena, piedra pómez, biolita, etc.) y de un tamaño variable (1-5 mm) con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una bio-película bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia.

Para que las partículas permanezcan fluidizadas (en suspensión), es necesario realizar una recirculación del líquido, para que la velocidad del mismo en el interior de la columna sea suficiente como para mantener dichas partículas expandidas o fluidizadas. Este tipo de equipos se han comprobado como muy eficaces, al menos en escala laboratorio o planta piloto. Sin embargo su implantación a nivel industrial no ha alcanzado las expectativas que se crearon.

2.6.3 Tratamiento terciario o avanzado

Se define como el nivel de tratamiento necesario, más allá tratamiento secundario convencional para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Algunos de los tratamientos empleados son la coagulación química, floculación, sedimentación seguida de filtración y carbón activado, intercambio iónico y tratamiento electroquímico. Este tipo de tratamiento se utiliza para un acondicionamiento del agua estricto, generalmente para aguas de reúso.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Variables

Tabla III. **Variables para la caracterización del efluente de la empresa farmacéutica**

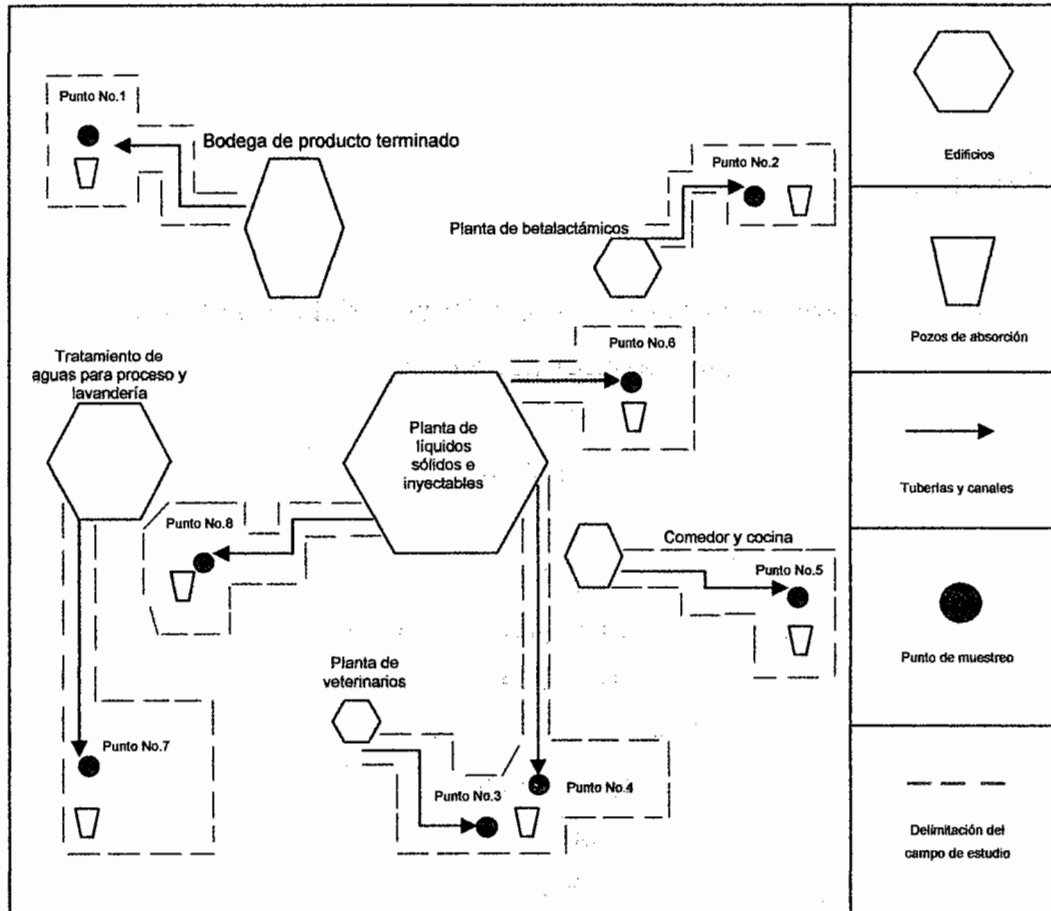
Variable
Temperatura
pH
Caudal
Determinación de grasas y aceites
Materia Flotante
Sólidos suspendidos
Coliformes Fecales
Color
DBO ₅
DQO
Nitrógeno total
Fósforo total

Fuente: Propia

3.2 Delimitación de campo de estudio

El estudio se llevó a cabo en el sistema de descarga de desechos líquidos de una empresa farmacéutica, constituido por tuberías y canales abiertos provenientes de los ocho puntos de producción, que desembocan a los diferentes pozos de absorción.

Figura 3. Delimitación del campo de estudio en la empresa



3.3 Recurso humano disponible

Dos miembros del personal de mantenimiento para la identificación de los puntos de muestreo y la auxiliatura en la toma de muestras. Una licenciada química bióloga para el análisis de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales. Subcontratación de una empresa especializada y autorizada para el análisis de aguas residuales.

3.4 Recursos materiales disponibles

Para recolectar la información necesaria para obtener los parámetros que caractericen las aguas residuales se utilizaron recursos como cristalería de laboratorio, equipos y reactivos, a continuación se presenta la lista necesaria para cada parámetro:

3.4.1 Temperatura

3.4.1.1 Material y equipo

Un termómetro con carga de líquido termo sensible a la temperatura de mercurio, con escala de temperatura de 0 a 100 °C, con división de escala cada grado.

3.4.1.2 Cristalería

Recipiente de vidrio de 1 litro.

3.4.2 pH

3.4.2.1 Material y equipo:

Potenciómetro con un rango de medición de 0 a 14, con una precisión de ± 0.03 pH + 2 dígitos, electrodo de vidrio con alambre de referencia de plata recubierto de AgCl y sensor de temperatura.

3.4.2.2 Cristalería

Un recipiente de vidrio de 200 ml.

3.4.2.3 Reactivos

Soluciones buffer de pH 2, 4, 7, y 10.

3.4.3 Caudal

3.4.3.1 Material y equipo

Vertedero triangular con un ángulo de abertura (α) de 90° instalado en cada punto de muestreo, regla de plástico graduada de 0 a 100 centímetros con división de escala cada 0.1 cm.

3.4.4 Grasas y aceites

3.4.4.1 Material y equipo

- Bomba de vacío.
- 1 soporte universal.
- 1 aro de soporte.
- balanza analítica.
- Dedales de extracción de papel.
- Papel filtro whatman No. 40.
- Horno con un intervalo de temperatura de 25 a 110 °C.
- Plancha de calentamiento.
- Desecador.

3.4.4.2 Cristalería

Recipiente de 1.5 litros, 1 embudo buchner, soxhlet, 1 vidrio de reloj, perlas de ebullición, 1 matraz de kitasato de 1000 ml.

3.4.4.3 Reactivos

- Solución de HCl concentración 1:1.
- Hexano GR.

3.4.5 Sólidos suspendidos

3.4.5.1 Material y equipo

- Mufla.
- Desecador.
- Balanza analítica.
- Soporte universal.
- Aro de soporte.
- papel filtro whatman No. 40.

3.4.5.2 Cristalería

- Capsula de porcelana.
- Embudo buchner.
- Matraz de kitasato de 1000 ml.
- 2 beackers 100 ml.

3.4.6 Coliformes fecales

3.4.6.1 Material y equipo

- Horno incubadora.
- 3 asas de inoculación.

3.4.6.2 Cristalería

- Recipiente de vidrio de 1 litro.
- tubos de ensayo de 10 ml con rosca.
- 30 tubos de fermentación.
- 3 pipetas volumétricas de 1 ml.

3.4.6.3 Reactivos

- Caldo lactosado.
- Medio de cultivo E.C.

3.5 Técnica cuantitativa

El presente trabajo de investigación utiliza razonamientos, deducciones y análisis cualitativos, pero la raíz de toda la investigación son las técnicas cuantificables para obtener los parámetros necesarios. A continuación se presentan los parámetros en los que gira el trabajo de investigación.

Tabla IV. Métodos y unidades de cuantificación de los parámetros para la caracterización de las aguas residuales de la empresa farmacéutica

Parámetro	Técnica	Método de cuantificación	Unidades de cuantificación
Temperatura	Cuantitativa	Métodos de laboratorio y campo Standard Methods No. 2550 B	Grados Celsius
Grasas y aceites	Cuantitativa	Extracción soxhlet de grasas y aceites, Standard Methods No. 5520 D	Miligramos por litro
Materia Flotante	Cualitativa	Partículas flotables Standard Methods No. 2530 B	No aplica
Sólidos suspendidos	Cuantitativa	Sólidos totales en suspensión secados a 103-105 °C Standard Methods No. 2540 D	Miligramos por litro
Nitrógeno total	Cuantitativa	Método Kjeldahl Macro, Standard Methods No. 4500 B	Miligramos por litro
Fósforo Total	Cuantitativa	Método colorimétrico de ácido ascórbico Standard Methods No. 4500-P E	Miligramos por litro
Potencial de hidrogeno	Cuantitativa	Método electrométrico Standard Methods No. 4500-H B	Unidades pH
Coliformes fecales	Cuantitativa	Fermentación total de Coliformes fecales Standard Methods No. 9221 E	Número más probable (NMP)
Color	Cuantitativa	Comparación de método visual Standard Method No. 2120 B	Unidades platino-Cobalto (U Pt-Co)

3.6 Recolección y ordenamiento de la información

3.6.1 Recolección de muestras simples

3.6.1.1 Se eligió un punto en la caja de muestreo en donde las aguas estuvieran bien mezcladas.

3.6.1.2 Se etiquetaron los recipientes con el número de la caja de muestreo y la hora en la cual fue tomada la muestra.

3.6.1.3 Se tomaron 6 muestras de 1 L en intervalos de tiempo de 1 hora aproximadamente procurando no capturar partículas grandes ni material flotante.

3.6.1.4 Se colocaron las muestras en una hielera.

3.6.2 Recolección de muestras compuestas

3.6.2.2 Se etiquetó un recipiente de 3 litros con el día y el efluente de donde se tomaran las muestras simples.

3.6.2.2 Se agregó al recipiente volúmenes de 0.5 L de cada una de las muestras simples y se colocará la muestra compuesta en una hielera.

3.6.3 Recolección de datos para medir la temperatura

3.6.3.1 Se recogió una muestra de aproximadamente 1L en un recipiente plástico de un litro y medio.

3.6.3.2 Inmediatamente se introdujo un termómetro graduado cada 0.1 °C con escala de 0°C a 100°C en el seno de la muestra y se espera a que la lectura se estabilice por un minuto, anotando el valor dado por la escala del termómetro.

3.6.4 Recolección de datos para medir el pH

3.6.4.1 Se tomaron volúmenes de 100 ml de la muestra en un recipiente de 200 ml aproximadamente y se dejó reposar por 5 minutos hasta que la materia suspendida más gruesa se depositó.

3.6.4.2 Se introdujo el electrodo del medidor de pH en la muestra, esperando al menos dos minutos para que se estabilice la medición, luego se anotó indicando la hora de la recolección de la muestra.

3.6.5 Recolección de datos para calcular el caudal volumétrico

3.6.5.1 Se midió el ángulo que forma el vertedero con la horizontal.

3.6.5.2 Se anotó la altura (ho) como se muestra en la figura utilizando una regla graduada cada 0.01 cm con una escala de 100 cm.

3.6.6 Recolección de datos para el cálculo de grasas y aceites

3.6.6.1 Se tomó un litro de la muestra compuesta en un frasco de vidrio de 1.5 litros y se marco el nivel de la muestra en este.

3.6.6.2 Se aciduló la muestra a pH 2 o inferior utilizando 5 ml de HCl 1:1.

3.6.6.3 Se armó el equipo de filtración al vacío.

3.6.6.4 Se preparó el filtro que consiste en un disco de muselina cubierto de papel filtro, se le agregó agua destilada para humedecer el papel y se presionó para asegurar un buen sello.

3.6.6.5 Se filtraron 80 ml de la solución, se lavo con tres porciones y se dejó filtrando al vacío hasta que no paso más agua a través del filtro.

3.6.6.6 Se utilizaron unas pinzas para pasar el filtro al vidrio de reloj. Limpiándose el interior y la tapa del frasco que contiene la muestra y la parte inferior del embudo buchner, para remover cualquier capa de grasa o aceite. Se recogió todo el material sólido.

3.6.6.7 Se enrolló todo el papel filtro que contenga muestra y se colocó en el dedal de extracción.

3.6.6.8 Se limpió el vidrio de reloj, y se añadieron los trozos de papel al dedal.

3.6.6.9 Se secó el dedal de extracción en el horno a 103 °C durante 30 minutos.

3.6.6.10 Se llenó el dedal con perlas de ebullición.

3.6.6.11 Se colocó el dedal en el extractor soxhlet, que debe tener previamente el matraz tarado, extrayéndose el aceite y la grasa con hexano, a una velocidad de 20 ciclos/ hora durante 4 horas contadas a partir del primer ciclo.

3.6.6.12 Se destiló el solvente en un baño maría o en una plancha de calentamiento a 70 °C.

3.6.6.13 Se colocó el balón sobre un baño de vapor a 70 °C durante 15 minutos y se pasó aire a través de la muestra, aplicando vacío durante 1 minuto.

3.6.6.14 Se enfrió en el desecador durante 30 minutos para luego ser pesado.

3.6.7 Recolección de datos para calcular los sólidos suspendidos

3.6.7.1 En la mufla se colocó la capsula de porcelana para someterla a una temperatura de 550 °C durante 20 minutos.

3.6.7.2 Se introdujo la capsula de porcelana a un desecador durante 1 hora para dejar que se enfríe.

3.6.7.3 Se pesó la capsula siendo el peso W_1 .

3.6.7.4 Se hizo el montaje del sistema para filtración al vacío.

3.6.7.5 Se colocó el papel filtro con el lado corrugado hacia arriba.

3.6.7.6 Se colocó el filtro en el embudo y se lavó con aproximadamente 20 ml de agua destilada.

3.6.7.7 Se agitó la muestra compuesta y se tomó un volúmen de 50 ml (V_m), procurando no tomar materiales grandes o no homogéneos que se encuentren en la muestra.

3.6.7.8 Se lavó el filtro con aproximadamente volúmenes de 10 ml de agua destilada tres veces.

3.6.7.9 Se colocó el papel filtro en una capsula de porcelana de tamaño adecuado.

3.6.7.10 Se introdujo la capsula de porcelana a la mufla y se sometió a una temperatura de 105 °C durante un período de 1 hora.

3.6.7.11 Se sacó la porcelana de la mufla con la ayuda de unas tenazas y se introdujo en un desecador durante unos 20-30 minutos para que se enfríe.

3.6.7.12 Se pesó la porcelana para determinar su peso.

3.6.7.13 Se repitió el paso 7 seguido del paso 8 hasta que el peso del paso 9 sea constante con ± 0.0005 de exactitud, siendo el peso final W_2 .

3.6.8 Recolección de datos para la determinación de coliformes fecales

3.6.8.1 Prueba presuntiva

- Se agitó vigorosamente la muestra compuesta por lo menos 20 veces para lograr una distribución uniforme de los microorganismos.

- Se prepararon las diluciones, con una pipeta estéril tomando una alícuota de 1 ml de la muestra original y se llevó a uno de los tubos conteniendo 9 ml de agua de dilución estéril, obteniendo de esta manera una dilución de 10^{-1} .
- Se agitó el tubo de la dilución 10^{-1} y con otra pipeta estéril se tomó una alícuota de 1 mL y llevándose a otro tubo con 9 mL de agua de dilución estéril para obtener una dilución de 10^{-2} .
- Se procedió de la misma manera hasta obtener una dilución de 10^{-3} o hasta donde sea necesario (figura 14).
- Se inoculó asépticamente con 1 ml de muestra, tubos de fermentación conteniendo caldo lactosado o caldo lauril triptosa, a partir de las últimas 3 diluciones y se conservaron todas las anteriores en refrigeración por si se requiriera su utilización posterior.
- Se incubaron todos los tubos a una temperatura de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 - 48 horas.
- Después de 24 horas de incubación se efectuó una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, con producción de ácido, si el medio contiene un indicador de pH, turbidez y producción de gas en el interior de la campana Durham.

- Al hacerse esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa, en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo, y no confundir con burbujas de aire.
- Para evitar este tipo de confusiones es recomendable revisar las campanas Durham antes de proceder a la inoculación y desechar aquellos tubos cuyas campanas contengan burbujas de aire o de alguna manera eliminar estas y así poder utilizarlos.
- De los tubos que en la primera lectura den positivos, ya se pueden hacer las pruebas confirmatorias para coliformes totales y coliformes fecales.
- En caso de no apreciarse crecimiento en el resto de los tubos, continuarán en incubación 24 horas más.
- Después de 48 horas a partir de la inoculación, se realizó la lectura final.
- Si pasadas 48 h tampoco se aprecia crecimiento ni producción de gas, los tubos se toman como negativos.
- Si el total de tubos son negativos y el examen se da por terminado, reportando la ausencia de coliformes fecales en la muestra analizada.

- Todos aquellos tubos que den positivos para prueba presuntiva se anotaron convenientemente y se procedió a realizar la prueba confirmatoria.

3.6.8.2 Prueba confirmatoria para coliformes fecales

- A partir de cada uno de los tubos que han resultaron positivos en la prueba presuntiva, se agitaron para homogeneizar, se inocularon con tres asas los tubos conteniendo caldo E.C. (*Escherichia coli*).
- Se incubaron durante 24 horas a 44.5 ± 0.2 °C. y después de este período, se observó si hay presencia de turbidez y gas.
- Si se observaba turbidez y producción de gas la prueba se considero positiva, anotando el número de tubos positivos y establecer el código para posteriormente hacer el cálculo del NMP.
- Si no se observó producción de gas, aun cuando se observó turbidez se consideran negativos.

- Si todos los tubos daban negativos o todos daban positivos, con base en los grados de dilución analizados, se consideró la necesidad de repetir el análisis a partir de grados de dilución menor o mayores, respectivamente.

3.6.9 Determinación de Color, DBO₅, DQO, fósforo y nitrógeno

Estos análisis serán realizados por una empresa contratada directamente por la empresa farmacéutica, debido a que no se cuenta con el material necesario.

3.7 Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Se llevará un manejo de datos en el campo experimental mediante tablas de control, anotando los datos necesarios para poder determinar los parámetros necesarios, los datos se encuentran tabulados en el apéndice 4.

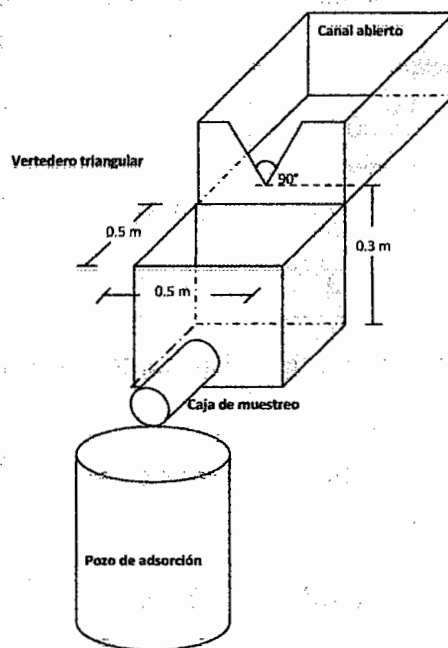
3.8 Análisis estadístico

Se utilizó el programa computacional Microsoft Excel versión 2007 para calcular los datos promedios y las desviaciones estándar de los resultados diarios, así como los resultados de los diferentes monitoreos.

4. RESULTADOS

4.1 Características de los puntos de muestreo

Figura 4. Cajas de muestreo



- Localizadas al final de la línea de descarga de aguas residuales y antes de los pozos de adsorción.
- Dimensiones de 0.5 m de lado y 0.3 m de profundidad.
- Se encuentra instalado un vertedero triangular antes de la caída del efluente.

4.2 Caudal total de descarga

Tabla V. Caudal de descarga

Caudal promedio (l/día)	Caudal máximo (l/día)
57358.8	79682.4

Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

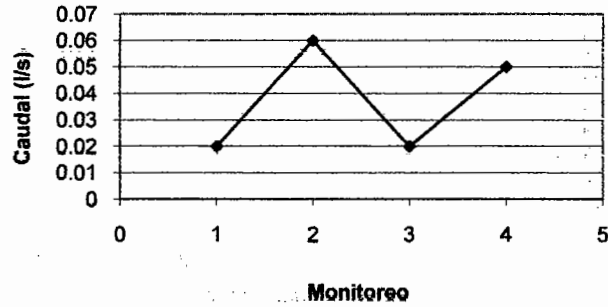
4.3 Parámetros de calidad del agua residual

Tabla VI. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 1

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.024	0.06	0.02	0.05
Temperatura promedio diario	°C	21.5	22.9	20.83	22.8
Grasas y aceites	mg/l	8.00	4	5.00	11.0
Materia Flotante	Presente/ Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente
Sólidos suspendidos	mg/l	232	68	122	114
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	7.25	8.46	8.08	8.76
Coliformes fecales	NMP/100 ml	7.5 ⁰⁶	1.1 ⁰³	2.4 ⁰⁵	2.4 ⁰⁶
DBO ₅	mg/l	458	132	153	270
DQO	mg/l	901	467	463	457
DBO ₅ / DQO	-	0.51	0.28	0.33	0.59
Color	U Pt-Co	334	451	688	399
Nitrógeno	mg/l	81	67.3	56.7	80.6
Fósforo	mg/l	79.6	1.12	7.5	40.10

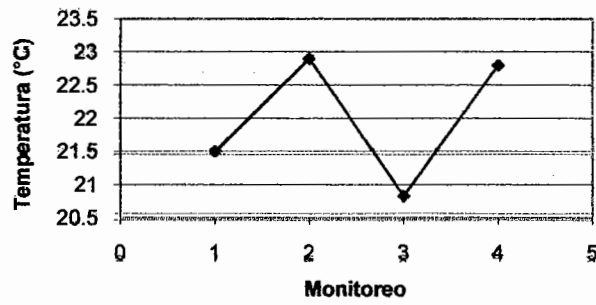
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 5. Monitoreo de caudal punto 1



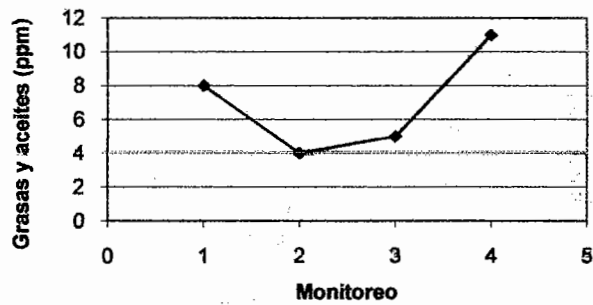
Fuente: Tabla XIII

Figura 6. Monitoreo de temperatura punto 1



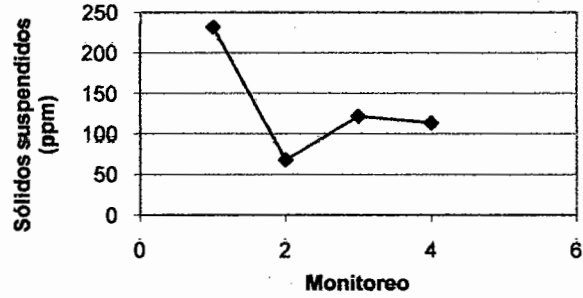
Fuente: Tabla XIII

Figura 7. Monitoreo de grasas y aceites punto 1



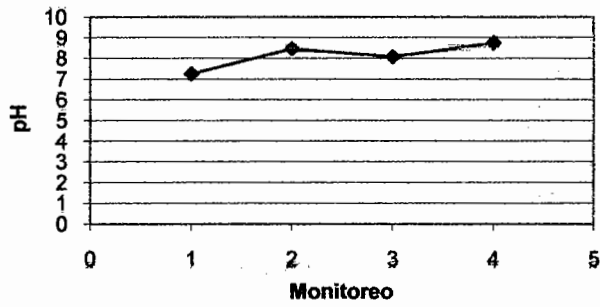
Fuente: Tabla XIII

Figura 8. **Monitoreo de sólidos suspendidos punto 1**



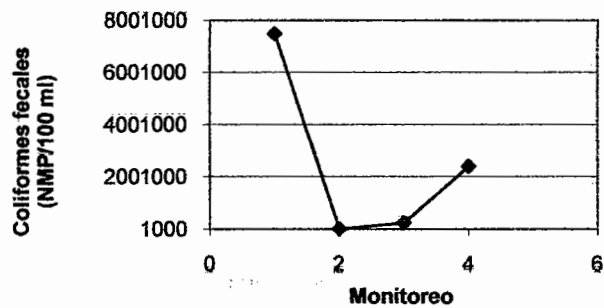
Fuente: Tabla XIII

Figura 9. **Monitoreo de pH punto 1**



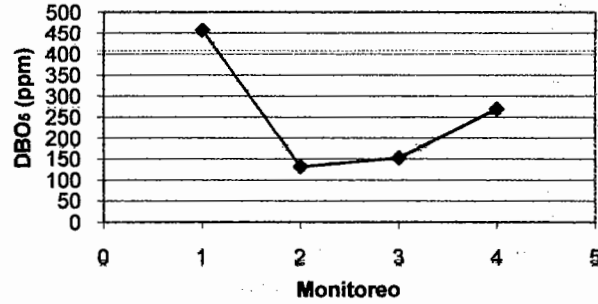
Fuente: Tabla XIII

Figura 10. **Monitoreo de coliformes fecales punto 1**



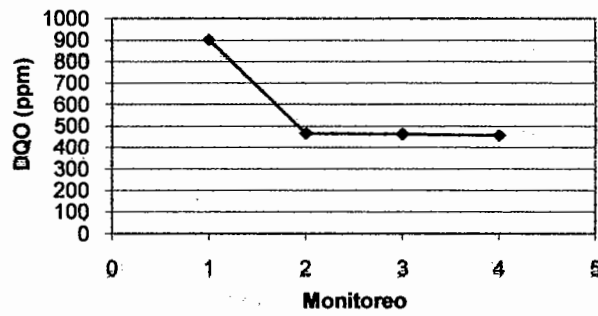
Fuente: Tabla XIII

Figura 11. Monitoreo DBO₅ punto 1



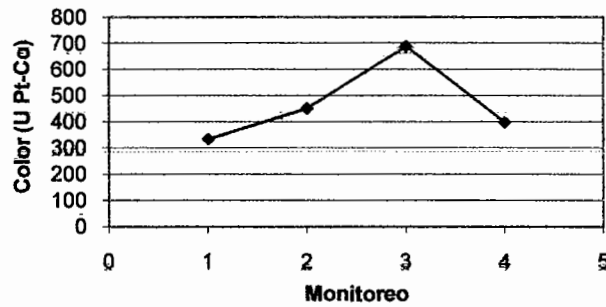
Fuente: Tabla XIII

Figura 12. Monitoreo DQO punto 1



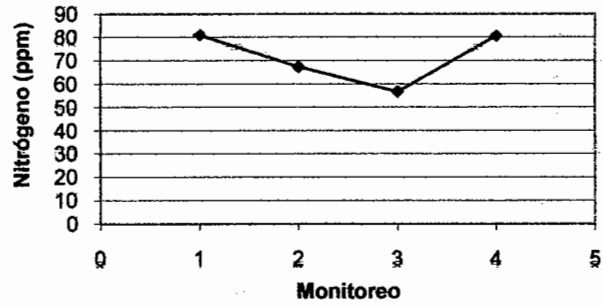
Fuente: Tabla XIII

Figura 13. Monitoreo de color punto 1



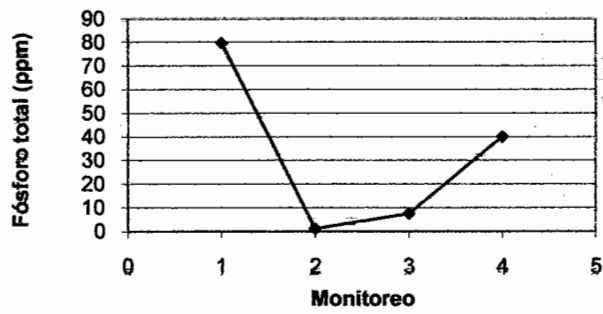
Fuente: Tabla XIII

Figura 14. Monitoreo de nitrógeno total punto 1



Fuente: Tabla XIII

Figura 15. Monitoreo de fósforo total punto 1



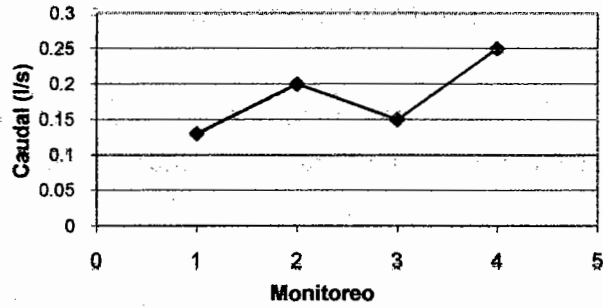
Fuente: Tabla XIII

**Tabla VII. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 2**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.132	0.20	0.15	0.25
Temperatura promedio diario	°C	27	25.3	24.36	26.4
Grasas y aceites	mg/l	11	16	20	51
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Presente	Presente	presente
Sólidos suspendidos	mg/l	62	166	94	236
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	6.74	7.5	6.6	8.31
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1.5 ⁰⁵	9.3 ⁰¹	2.4 ⁰⁵	1.5 ⁰⁵
DBO₅	mg/l	488	1150	10178	405
DQO	mg/l	1025	3550	18820	786
DBO₅ / DQO	-	0.48	0.32	0.54	0.51
Color	mg/l	269	209	94	217
Nitrógeno	mg/l	8.5	28.5	36.6	25.9
Fósforo	mg/l	8.6	0.44	97	12.50

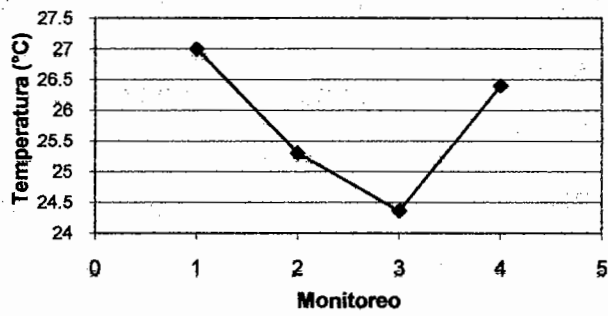
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 16. Monitoreo de caudal punto 2



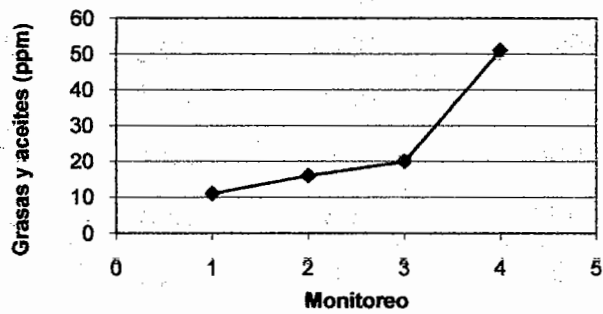
Fuente: Tabla XIV.

Figura 17. Monitoreo de temperatura punto 2



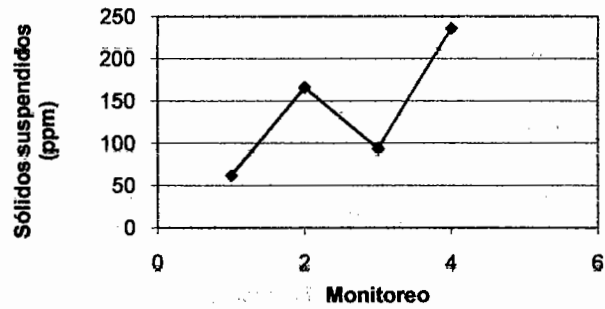
Fuente: Tabla XIV.

Figura 18. Monitoreo de grasas y aceites punto 2



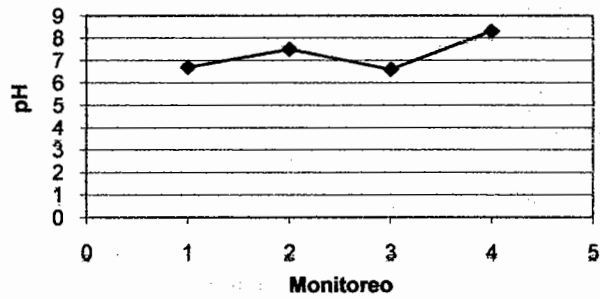
Fuente: Tabla XIV

Figura 19. Monitoreo de sólidos suspendidos punto 2



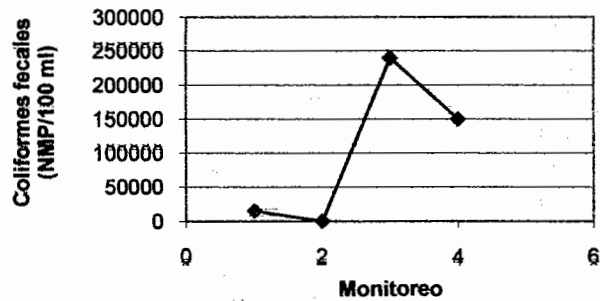
Fuente: Tabla XIV.

Figura 20. Monitoreo de pH punto 2



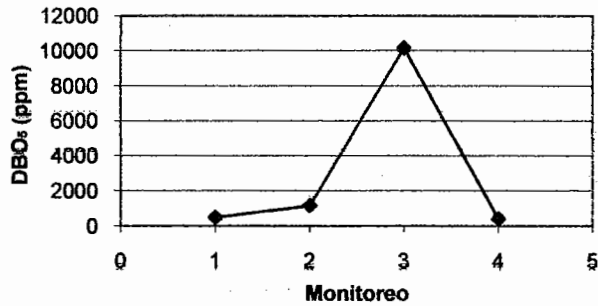
Fuente: Tabla XIV.

Figura 21. Monitoreo de coliformes fecales punto 2



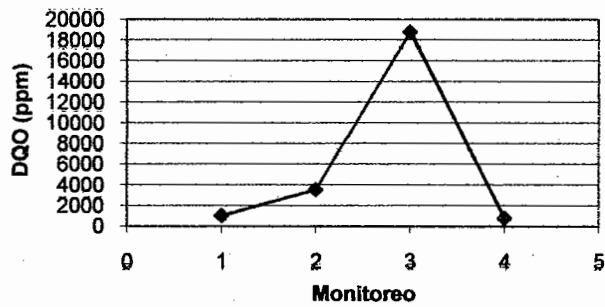
Fuente: Tabla XIV

Figura 22. Monitoreo DBO₅ punto 2



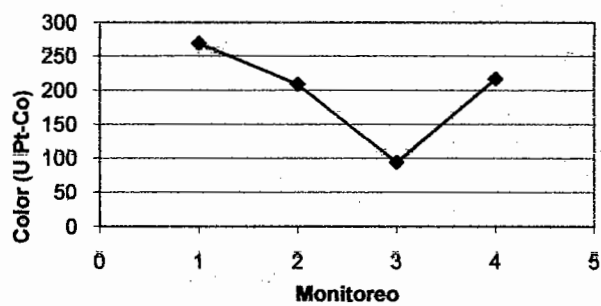
Fuente: Tabla XIV.

Figura 23. Monitoreo DQO punto 2



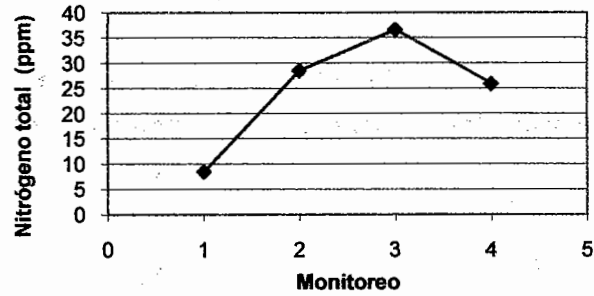
Fuente: Tabla XIV.

Figura 24. Monitoreo Color punto 2



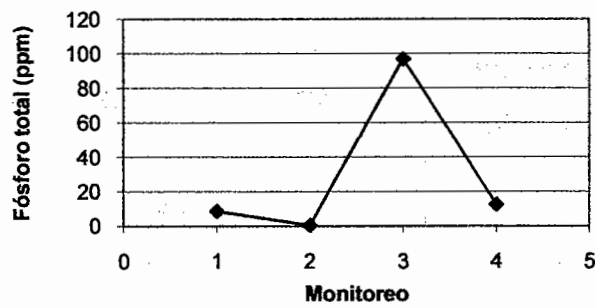
Fuente: Tabla XIV.

Figura 25. **Monitoreo de nitrógeno total punto 2**



Fuente: Tabla XIV.

Figura 26. **Monitoreo de fósforo total punto 2**



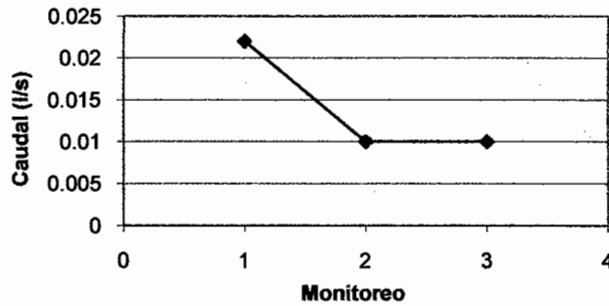
Fuente: Tabla XIV.

**Tabla VIII. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 3**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.022	0.019	0.02	*
Temperatura promedio diario	°C	22.7	23	22.13	*
Grasas y aceites	mg/l	<5	282	9	*
Materia flotante	Presente/ Ausente	Ausente	Presente	Presente	*
Sólidos suspendidos	mg/l	116	482	34	*
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	7.42	8.41	5.99	*
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<3	<3	<3	*
DBO₅	mg/l	6.9 ⁰⁴	1.4 ⁰³	8.8 ⁰³	*
DQO	mg/l	82600	3900	12600	*
DBO₅ / DQO	-	0.84	0.36	0.70	*
Color	U Pt-Co	4460	1743	322	*
Nitrógeno	mg/l	4.4	19	32.6	*
Fósforo	mg/l	6	1.04	20.2	*

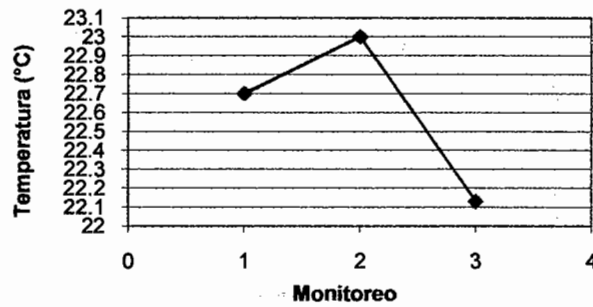
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 27. **Monitoreo de caudal punto 3**



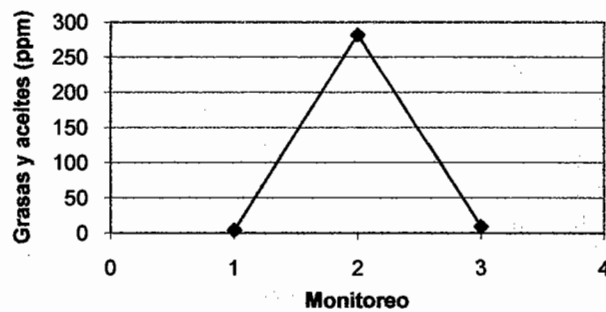
Fuente: Tabla XV.

Figura 28. **Monitoreo de temperatura punto 3**



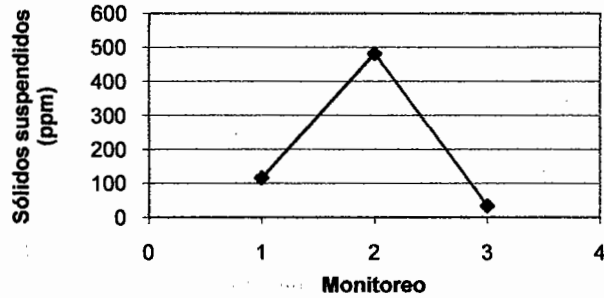
Fuente: Tabla XV.

Figura 29. **Monitoreo de grasas y aceites punto 3**



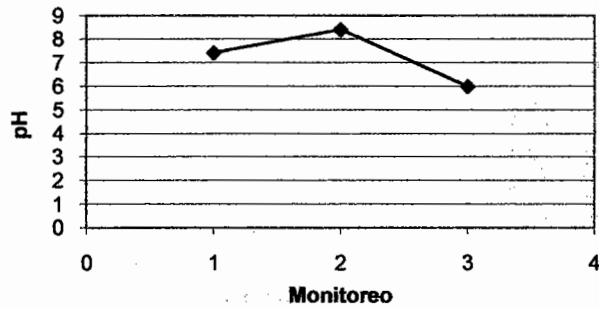
Fuente: Tabla XV.

Figura 30. **Monitoreo de sólidos suspendidos punto 3**



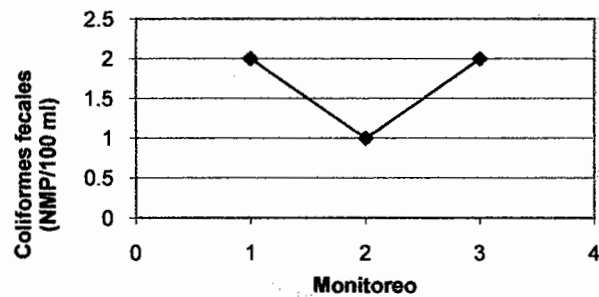
Fuente: Tabla XV.

Figura 31. **Monitoreo de pH punto 3**



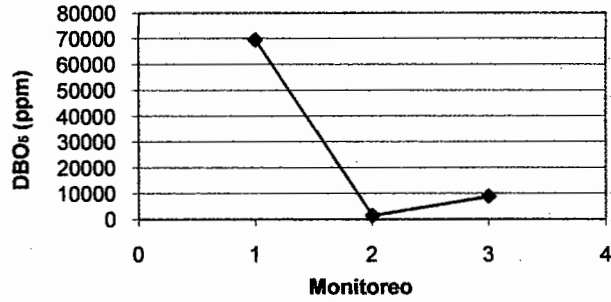
Fuente: Tabla XV.

Figura 32. **Monitoreo de coliformes fecales punto 3**



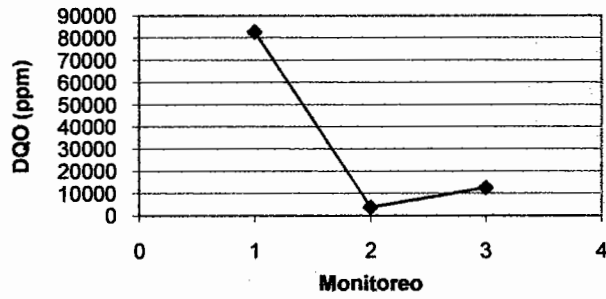
Fuente: Tabla XV.

Figura 33. Monitoreo DBO₅ punto 3



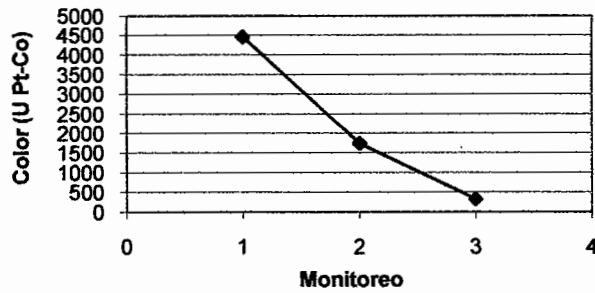
Fuente: Tabla XV.

Figura 34. Monitoreo DQO punto 3



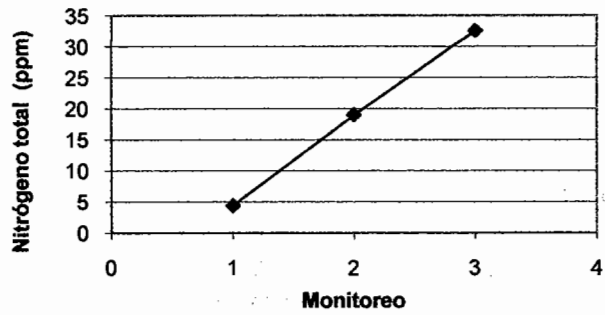
Fuente: Tabla XV.

Figura 35. Monitoreo de color punto 3



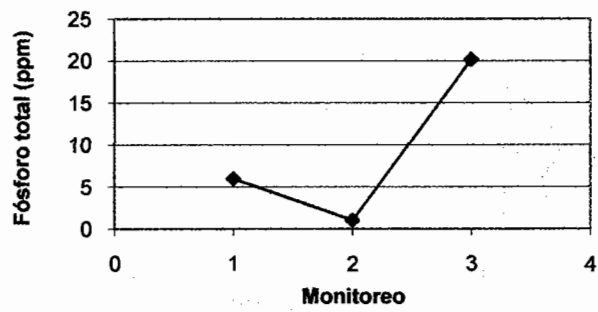
Fuente: Tabla XV.

Figura 36. Monitoreo de nitrógeno total punto 3



Fuente: Tabla XV.

Figura 37. Monitoreo de fósforo total punto 3



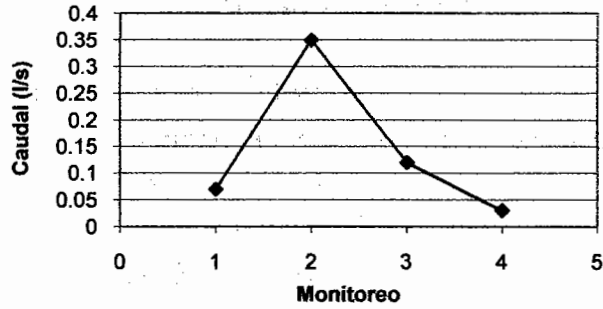
Fuente: Tabla XV.

**Tabla IX. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 4**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.07	0.36	0.12	0.03
Temperatura promedio diario	°C	23.5	24.5	23.86	24.5
Grasas y aceites	mg/l	<5	8.7	7.3	13
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente
Sólidos suspendidos	mg/l	62	88	72	266
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	7.72	8.43	7.78	8.58
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1.1 ⁰⁵	4.6 ⁰⁴	7.5 ⁰⁵	< 3
DBO₅	mg/l	195	240	153	600
DQO	mg/l	392	560	601	917
DBO₅ / DQO	-	0.5	0.43	0.25	0.65
Color	U Pt-Co	287	424	217	511
Nitrógeno	mg/l	36	31.17	27.3	24.4
Fósforo	mg/l	33	0.8	4.2	19.50

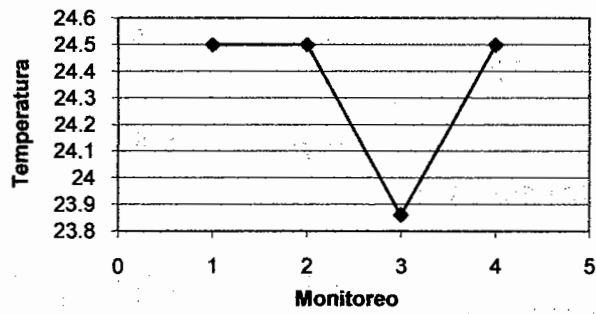
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 38. Monitoreo de caudal punto 4



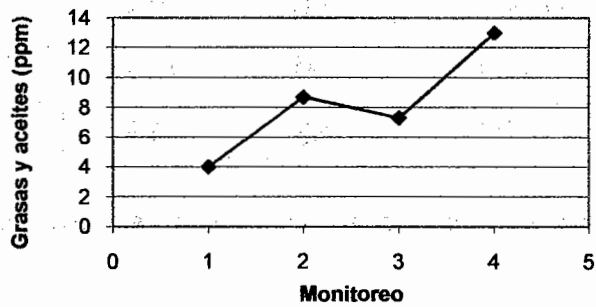
Fuente: Tabla XVI.

Figura 39. Monitoreo de temperatura punto 4



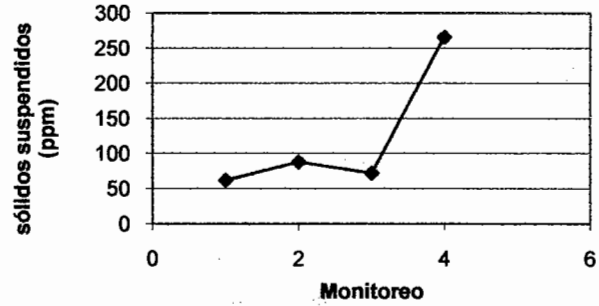
Fuente: Tabla XVI.

Figura 40. Monitoreo de grasas y aceites punto 4



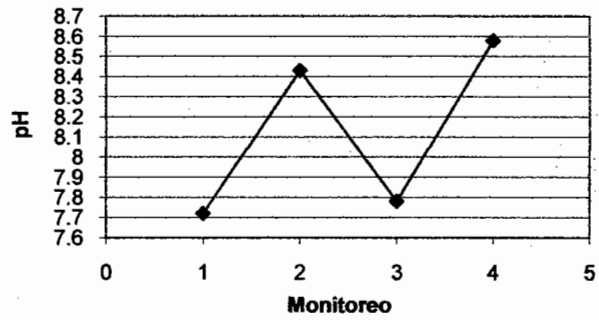
Fuente: Tabla XVI.

Figura 41. **Monitoreo de sólidos suspendidos punto 4**



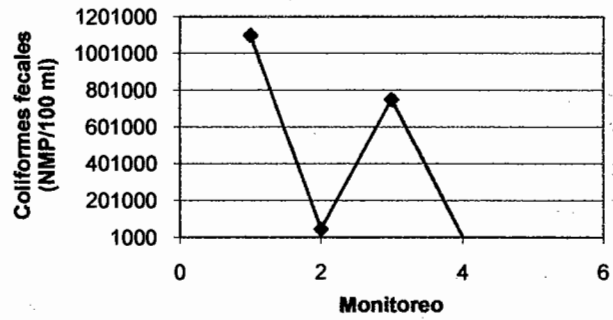
Fuente: Tabla XVI.

Figura 42. **Monitoreo de pH punto 4**



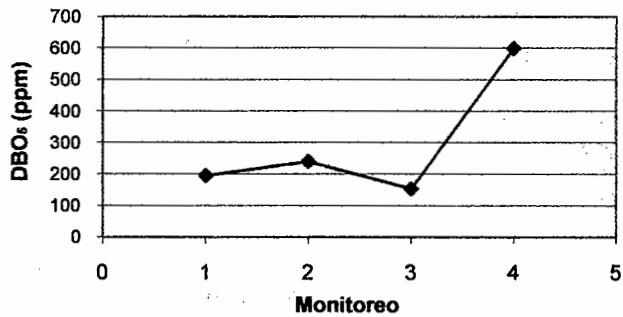
Fuente: Tabla XVI.

Figura 43. **Monitoreo de coliformes fecales punto 4**



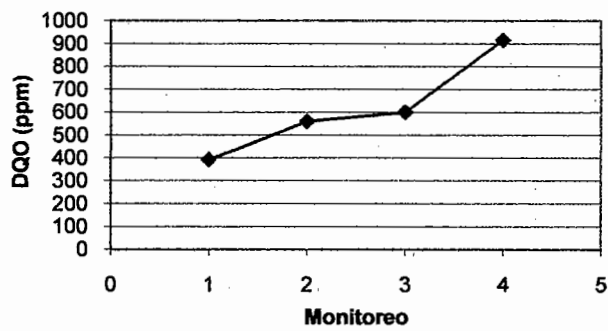
Fuente: Tabla XVI.

Figura 44. Monitoreo DBO₅ punto 4



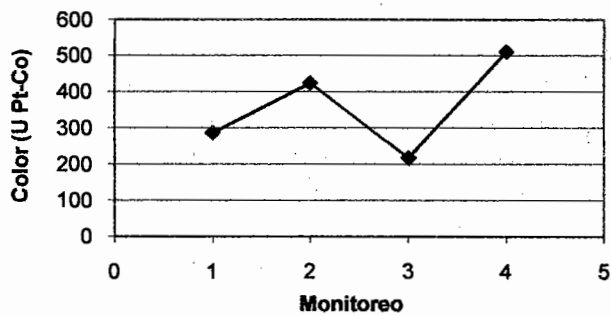
Fuente: Tabla XVI.

Figura 45. Monitoreo DQO punto 4



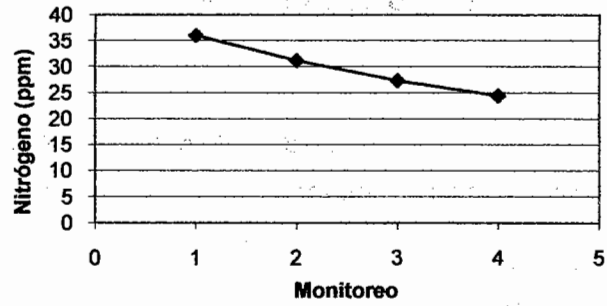
Fuente: Tabla XVI.

Figura 46. Monitoreo de color punto 4



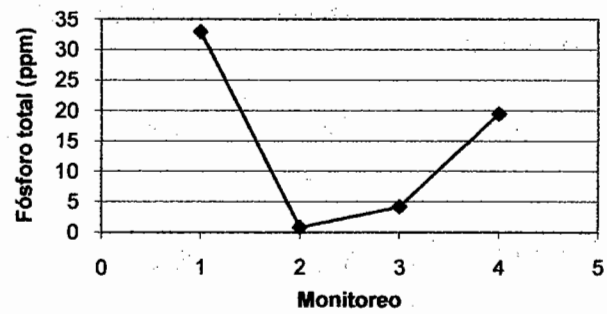
Fuente: Tabla XVI.

Figura 47. Monitoreo de nitrógeno total punto 4



Fuente: Tabla XVI.

Figura 48. Monitoreo de fósforo total punto 4



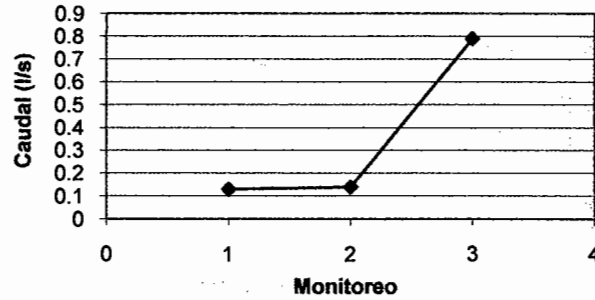
Fuente: Tabla XVI.

**Tabla X. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 5**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.13	0.14	0.08	*
Temperatura promedio diario	°C	24.6	25	24.3	*
Grasas y aceites	mg/l	9.3	16	17	*
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Presente	Presente	*
Sólidos suspendidos	mg/l	128	190	208	*
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	5.69	6.44	5.63	*
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1.5E ⁰⁵	2.0 ⁰²	2.4 ⁰⁴	*
DBO₅	mg/l	480	950	2250	*
DQO	mg/l	1195	1780	3715	*
DBO₅ / DQO	-	0.4	0.53	0.6	*
Color	U Pt-Co	314	324	626	*
Nitrógeno	mg/l	3.2	12.42	14	*
Fósforo	mg/l	4.04	0.88	4	*

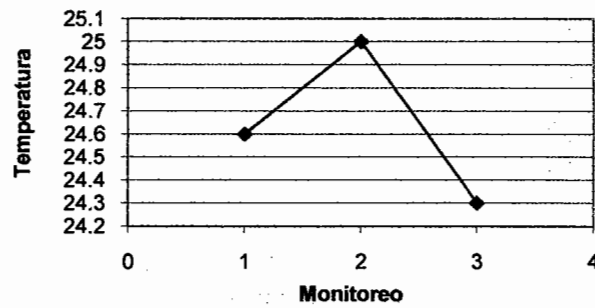
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 49. Monitoreo de caudal punto 5



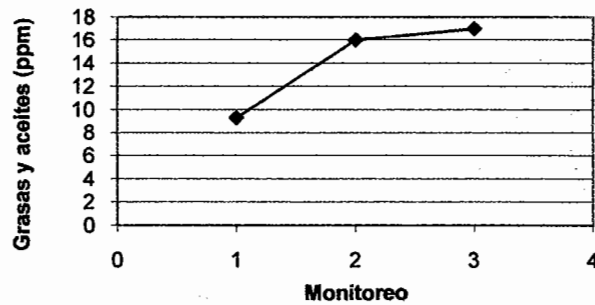
Fuente: Tabla XVII.

Figura 50. Monitoreo de temperatura punto 5



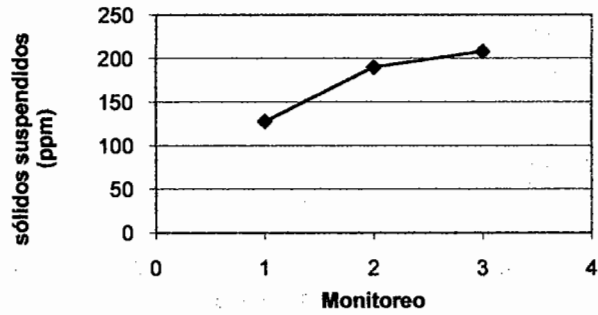
Fuente: Tabla XVII.

Figura 51. Monitoreo de grasas y aceite punto 5



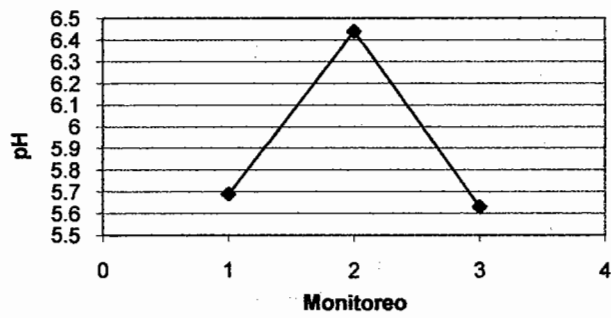
Fuente: Tabla XVII.

Figura 52. **Monitoreo de sólidos suspendidos punto 5**



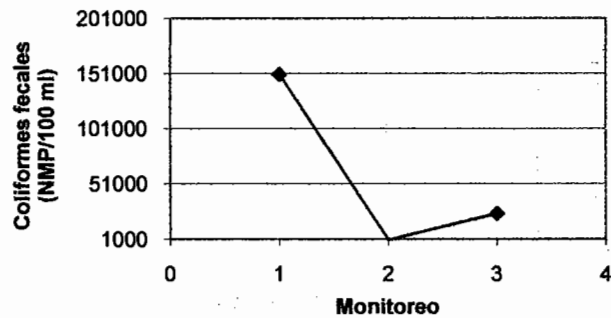
Fuente: Tabla XVII.

Figura 53. **Monitoreo de pH punto 5**



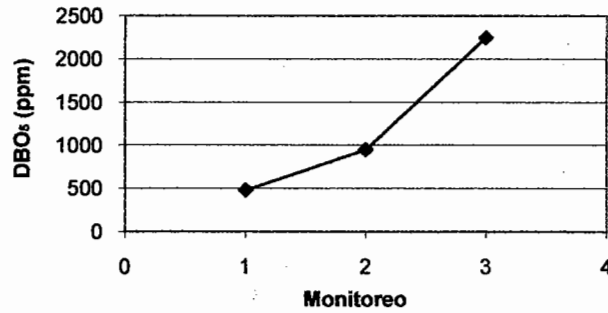
Fuente: Tabla XVII.

Figura 54. **Monitoreo de coliformes fecales punto 5**



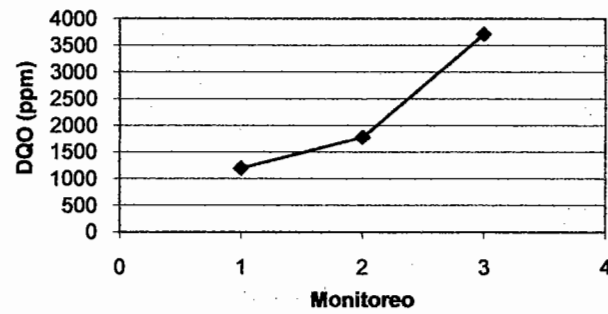
Fuente: Tabla XVII.

Figura 55. Monitoreo DBO₅ punto 5



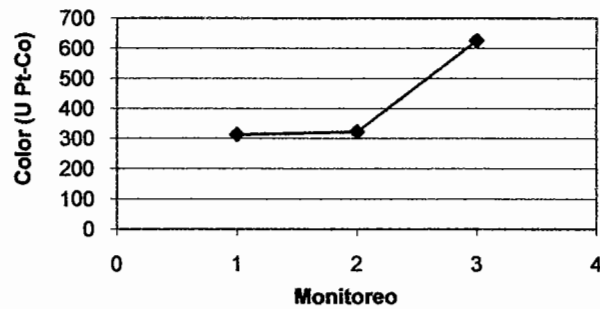
Fuente: Tabla XVII.

Figura 56. Monitoreo DQO punto 5



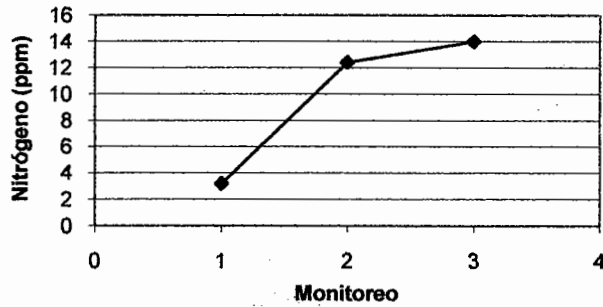
Fuente: Tabla XVII.

Figura 57. Monitoreo de color punto 5



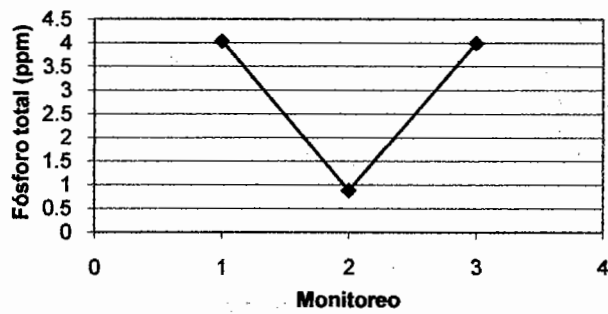
Fuente: Tabla XVII.

Figura 58. Monitoreo de nitrógeno total punto 5



Fuente: Tabla XVII.

Figura 59. Monitoreo de fósforo total punto 5



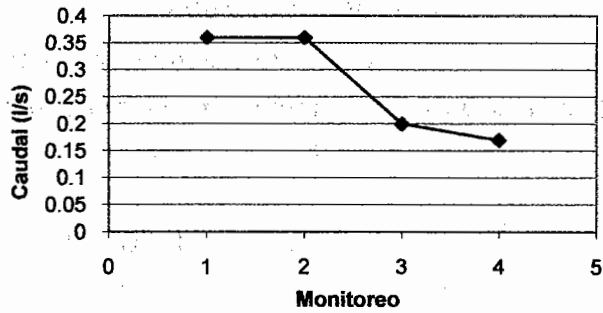
Fuente: Tabla XVII.

**Tabla XI. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 6**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.36	0.36	0.2	0.17
Temperatura promedio diario	°C	24.7	24.9	22.2	25.1
Grasas y aceites	mg/l	28	5	44	22
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente
Sólidos suspendidos	mg/l	62	132	244	62
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	6.15	6.12	6.08	7.66
Coliformes fecales	NMP/100 ml	24000	<3	<3	750
DBO₅	mg/l	10350	8400	16562	4050
DQO	mg/l	18540	15750	19040	6440
DBO₅ / DQO	-	0.56	0.53	0.87	0.63
Color	U Pt-Co	242	803	1025	287
Nitrógeno	mg/l	26	13.3	38.4	12.0
Fósforo	mg/l	33	0.6	15	19.60

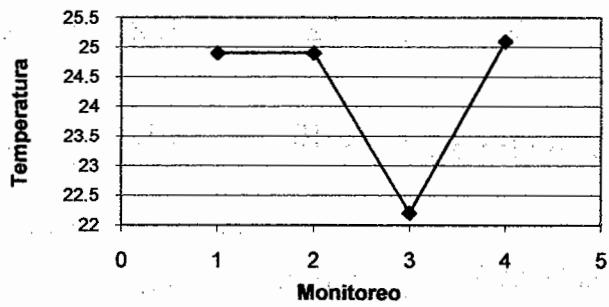
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 60. Monitoreo de caudal punto 6



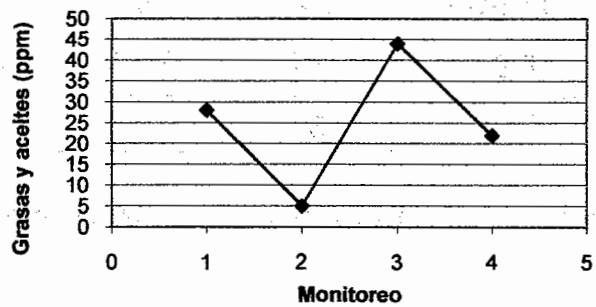
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 61. Monitoreo de temperatura punto 6



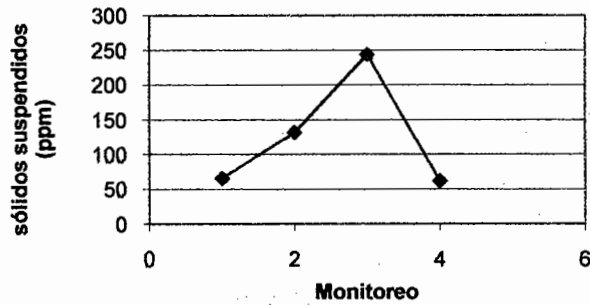
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 62. Monitoreo de grasas y aceites punto 6



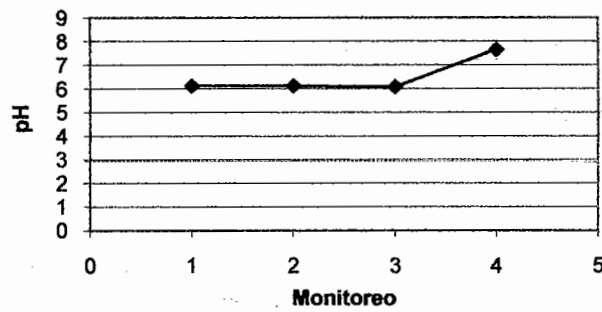
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 63. Monitoreo de sólidos suspendidos punto 6



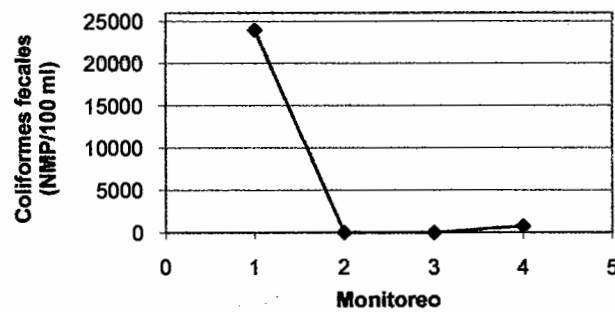
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 64. Monitoreo de pH punto 6



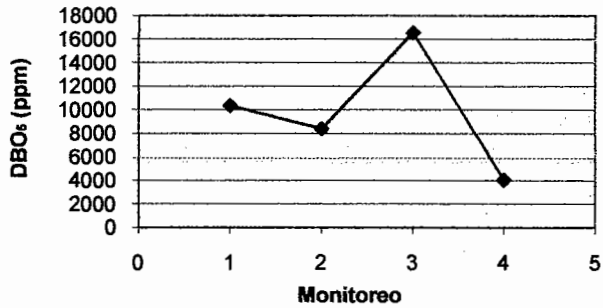
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 65. Monitoreo de coliformes fecales punto 6



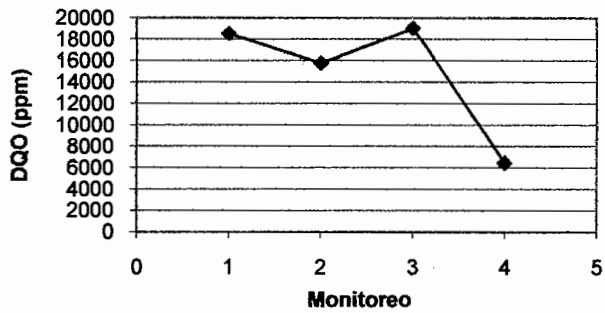
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 66. **Monitoreo DBO₅ punto 6**



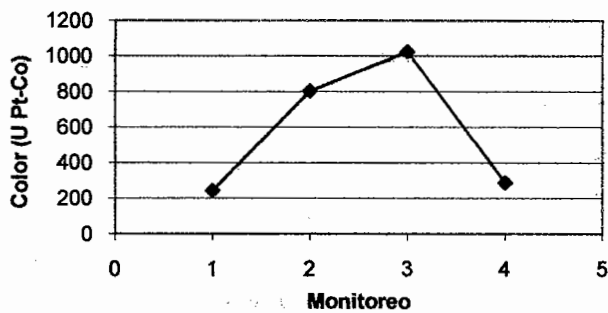
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 67. **Monitoreo DQO punto 6**



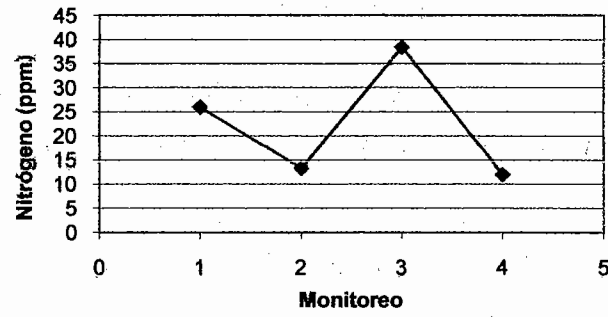
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 68. **Monitoreo de color punto 6**



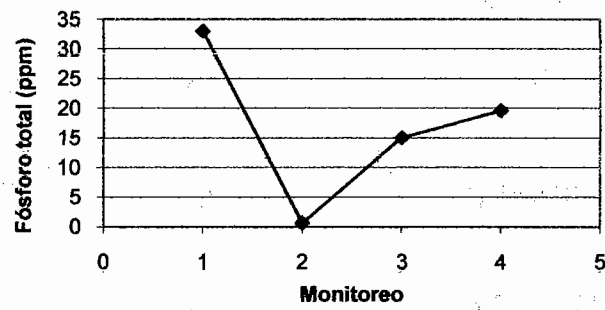
Fuente: Tabla XVIII.

Figura 69. Monitoreo de nitrógeno total punto 6



Fuente: Tabla XVIII.

Figura 70. Monitoreo de fósforo total punto 6



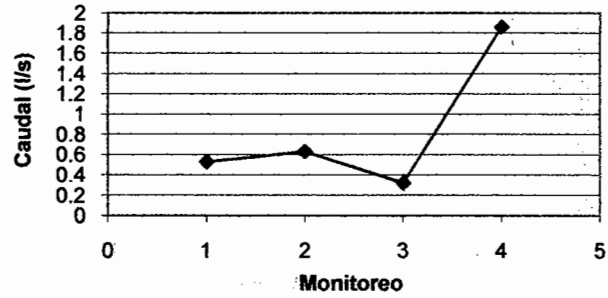
Fuente: Tabla XVIII.

**Tabla XII. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 7**

Parámetros	Dimensionales	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		monitoreo 1	monitoreo 2	monitoreo 3	monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.53	0.64	0.36	0.42
Temperatura promedio diario	°C	24.2	24.8	23.4	25.1
Grasas y aceites	mg/l	9	10	11	9
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/l	46	36	34	46
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	8.81	5.72	8.57	10.41
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<3	<3	1.1 ⁰³	< 3
DBO₅	mg/l	285	390	891	435
DQO	mg/l	544	845	1162	725
DBO₅ / DQO	-	0.52	0.46	0.77	0.6
Color	U Pt-Co	249	100	259	359
Nitrógeno	mg/l	3.7	3.7	16.9	11.3
Fósforo	mg/l	3.92	0.92	31.5	8.00

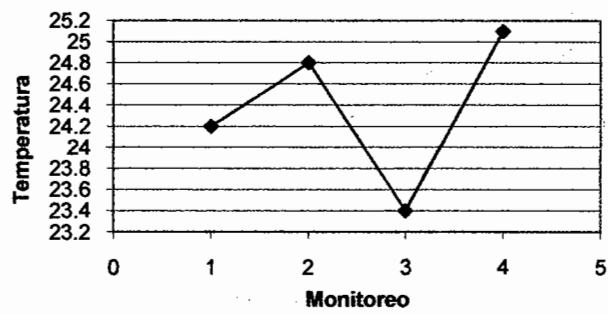
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 71. Monitoreo de caudal punto 7



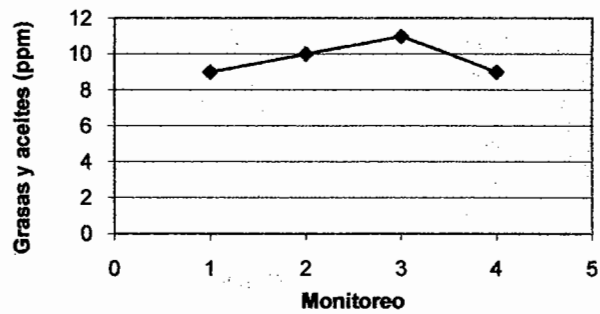
Fuente: Tabla XIX.

Figura 72. Monitoreo de temperatura punto 7



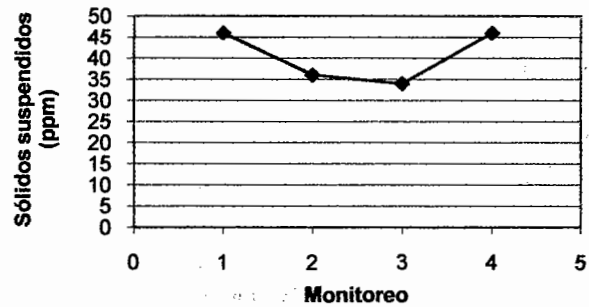
Fuente: Tabla XIX.

Figura 73. Monitoreo de grasas y aceites punto 7



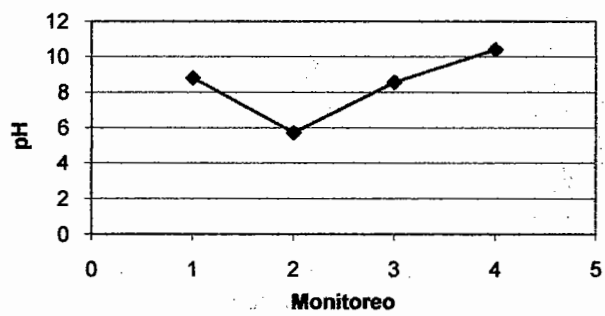
Fuente: Tabla XIX.

Figura 74. Monitoreo de sólidos suspendidos punto 7



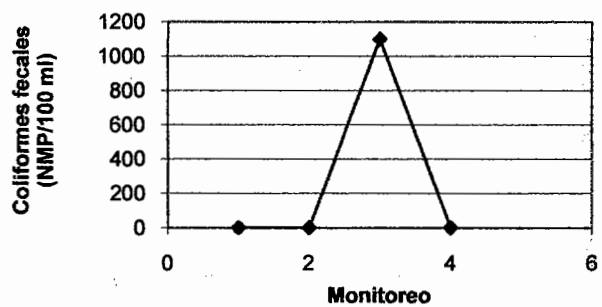
Fuente: Tabla XIX.

Figura 75. Monitoreo de pH punto 7



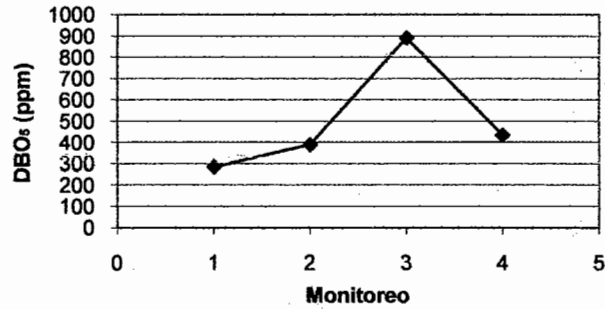
Fuente: Tabla XIX.

Figura 76. Monitoreo de coliformes fecales punto 7



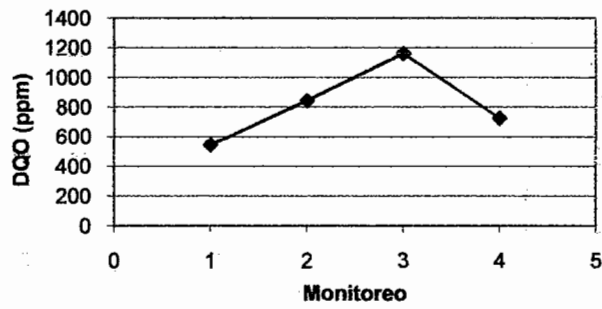
Fuente: Tabla XIX.

Figura 77. Monitoreo DBO₅ punto 7



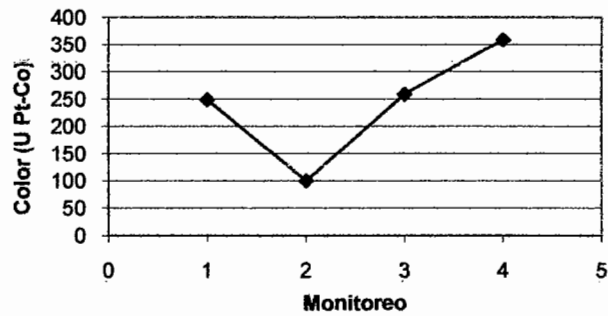
Fuente: Tabla XIX.

Figura 78. Monitoreo DQO punto 7



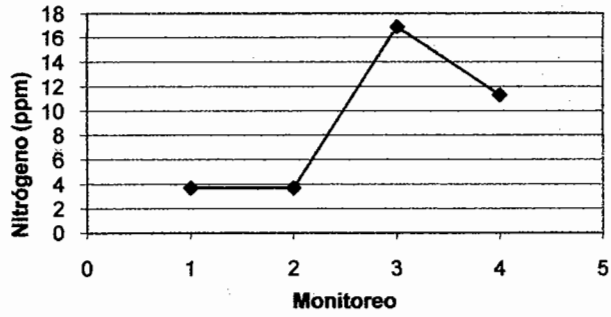
Fuente: Tabla XIX.

Figura 79. Monitoreo de color punto 7



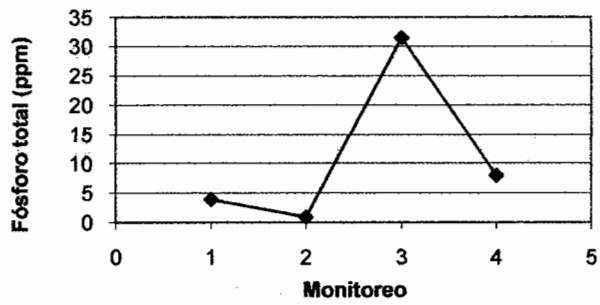
Fuente: Tabla XIX.

Figura 80. Monitoreo de nitrógeno total punto 7



Fuente: Tabla XIX.

Figura 81: Monitoreo de fósforo total punto 7



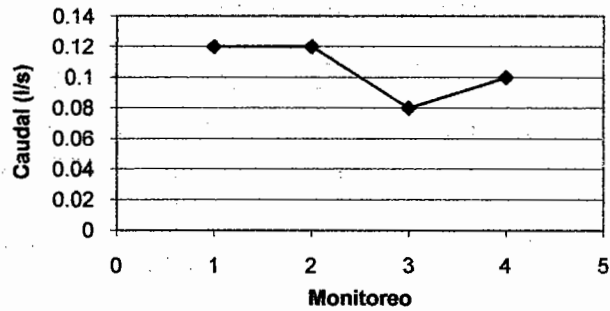
Fuente: Tabla XIX.

**Tabla XIII. Parámetros de calidad de las aguas residuales
punto de muestreo 8**

Parámetros	Dimensionales	Resultado monitoreo 1	Resultado monitoreo 2	Resultado monitoreo 3	Resultado monitoreo 4
Caudal promedio diario	L/s	0.12	0.12	0.08	0.10
Temperatura promedio diario	°C	25.4	24.8	24.37	25.9
Grasas y aceites	mg/l	14	9	15	13
Materia flotante	Presente/ Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente
Sólidos suspendidos	mg/l	298	80	106	76
Potencial de hidrogeno promedio diario	Unidades pH	7.35	8.5	7.5	8.26
Coliformes fecales	NMP/100 ml	4.6 ⁰⁶	9.3 ⁰¹	2.4 ⁰⁵	1.1 ⁰⁶
DBO₅	mg/l	795	240	491	290
DQO	mg/l	1387	599	867	477
DBO₅ / DQO	-	0.57	0.4	0.57	0.61
Color	U Pt-Co	279	356	464	237
Nitrógeno	mg/l	34	55.3	42	61.9
Fósforo	mg/l	33	1.4	30.1	14.00

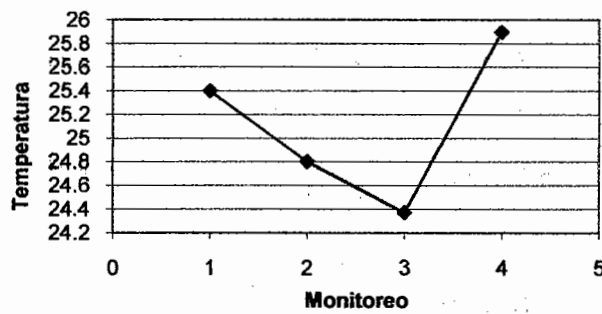
Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

Figura 82. Monitoreo de caudal punto 8



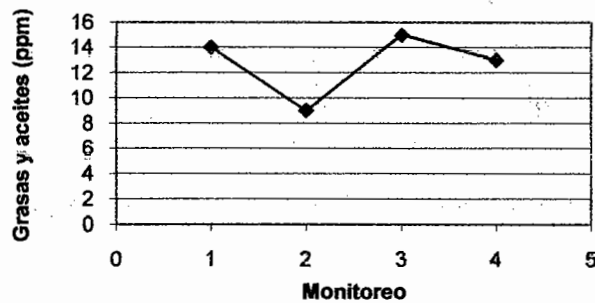
Fuente: Tabla XX.

Figura 83. Monitoreo de temperatura punto 8



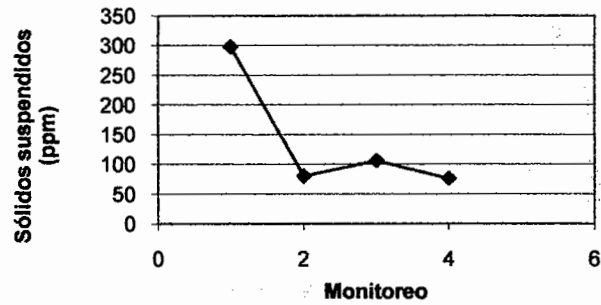
Fuente: Tabla XX.

Figura 84. Monitoreo de grasas y aceites punto 8



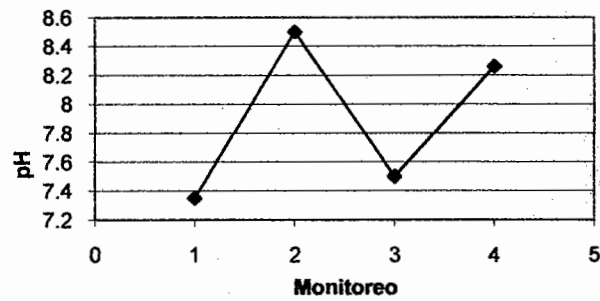
Fuente: Tabla XX.

Figura 85. Monitoreo de sólidos suspendidos punto 8



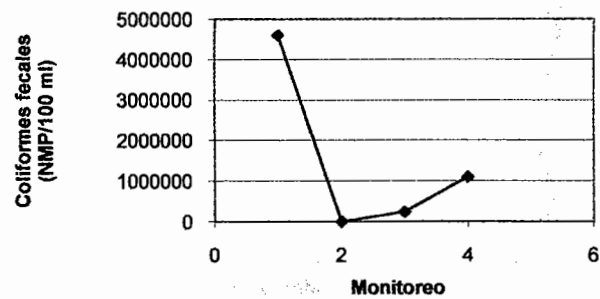
Fuente: Tabla XX.

Figura 86. Monitoreo de pH punto 8



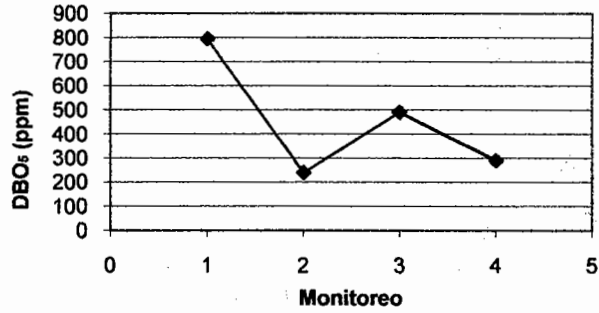
Fuente: Tabla XX.

Figura 87. Monitoreo de coliformes fecales punto 8



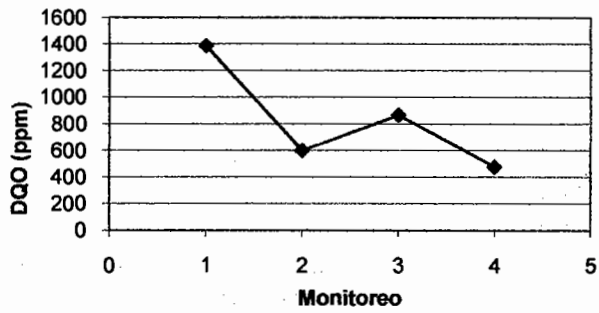
Fuente: Tabla XX.

Figura 88. Monitoreo DBO₅ punto No. 8



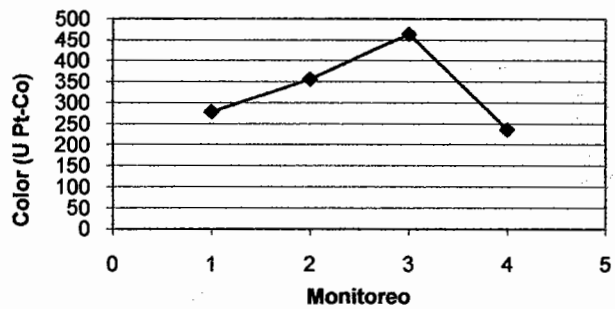
Fuente: Tabla XX.

Figura 89. Monitoreo DQO punto 8



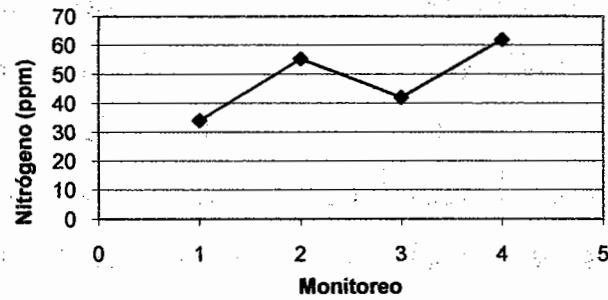
Fuente: Tabla XX.

Figura 90. Monitoreo de color punto 8



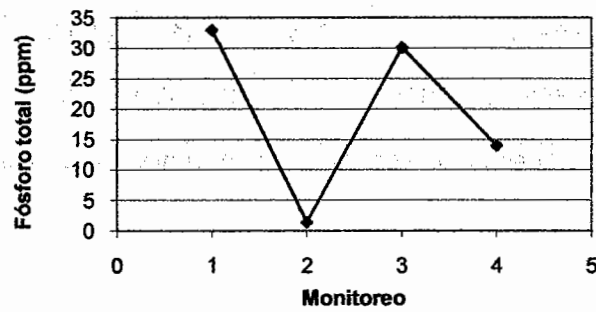
Fuente: Tabla XX.

Figura 91. Monitoreo de nitrógeno total punto 8



Fuente: Tabla XX.

Figura 92. Monitoreo de Fósforo total punto 8



Fuente: Tabla XX.

Tabla XIV. Cargas contaminantes DBO₅, DQO

Punto de Muestreo	DBOs (Kg/día)				DQO (Kg/día)			
	Monitoreo				Monitoreo			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0.356	0.257	0.099	0.525	0.701	0.908	0.3000	0.888
2	2.550	9.108	60.46	4.009	5.357	28.11	111.79	7.7814
3	55.123	0.957	6.3597	-	65.41	2.667	9.072	-
4	0.7862	4.976	1.0575	1.0368	1.5805	11.612	4.1541	1.5846
5	2.6956	5.7456	7.776	-	6.7111	10.765	12.83	-
6	214.61	174.18	190.79	39.657	384.44	326.59	219.34	63.060
7	5.9815	9.8841	12.702	7.2349	11.417	21.415	16.565	12.058
8	5.4950	1.6588	2.2625	1.6704	9.5869	4.1402	3.9951	2.7475

Fuente: Propia / Laboratorio certificado en el análisis de aguas residuales

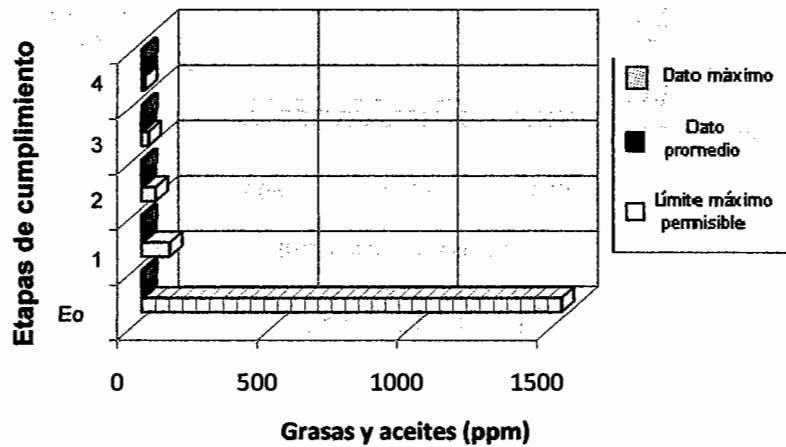
4.4.3 Grasas y aceites

Tabla XVII. Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
		Dato promedio	Cumple	Dato máximo	Cumple
Inicial	1500	7	Cumple	11	Cumple
1	100	7	Cumple	11	Cumple
2	50	7	Cumple	11	Cumple
3	25	7	Cumple	11	Cumple
4	10	7	Cumple	11	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo.236-2006 Artículo 20

Figura 95. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



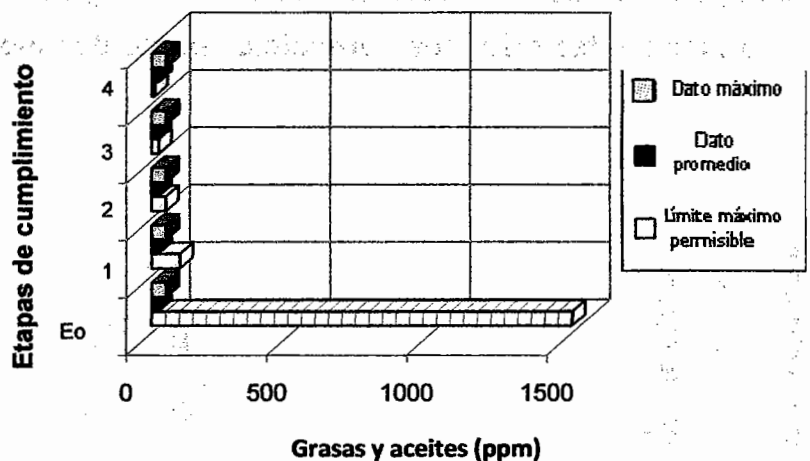
Fuente: Tabla XXIV.

Tabla XVIII. Comparación de los resultados de grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales punto 2

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
Inicial	1500	24.5	Cumple	51	Cumple
1	100	24.5	Cumple	51	Cumple
2	50	24.5	Cumple	51	No cumple
3	25	24.5	Cumple	51	No cumple
4	10	24.5	No cumple	51	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 2

Figura 96. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 2



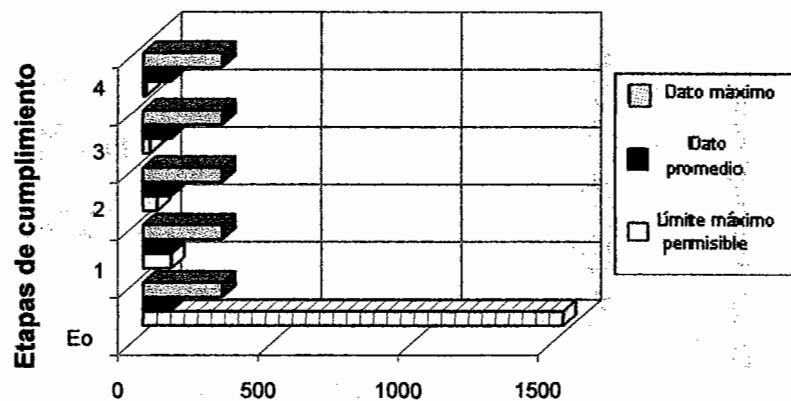
Fuente: Tabla XXV.

Tabla XIX. Comparación de los resultados grasas y aceites obtenidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
Inicial	1500	98.33	Cumple	282	Cumple
1	100	98.33	Cumple	282	No cumple
2	50	98.33	No cumple	282	No cumple
3	25	98.33	No cumple	282	No cumple
4	10	98.33	No cumple	282	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 97. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



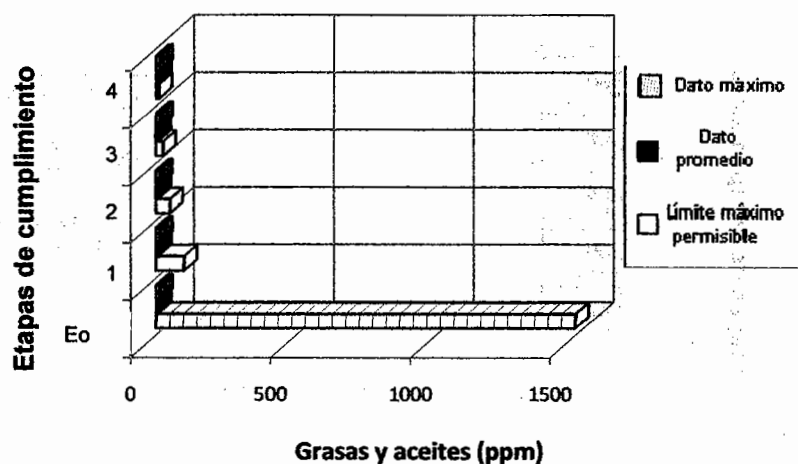
Fuente: Tabla XXVI.

Tabla No. XX. Comparación de los resultados grasas y aceites con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4.

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
0	1500	8.25	Cumple	13	Cumple
1	100	8.25	Cumple	13	Cumple
2	50	8.25	Cumple	13	Cumple
3	25	8.25	Cumple	13	Cumple
4	10	8.25	Cumple	13	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 98. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 4



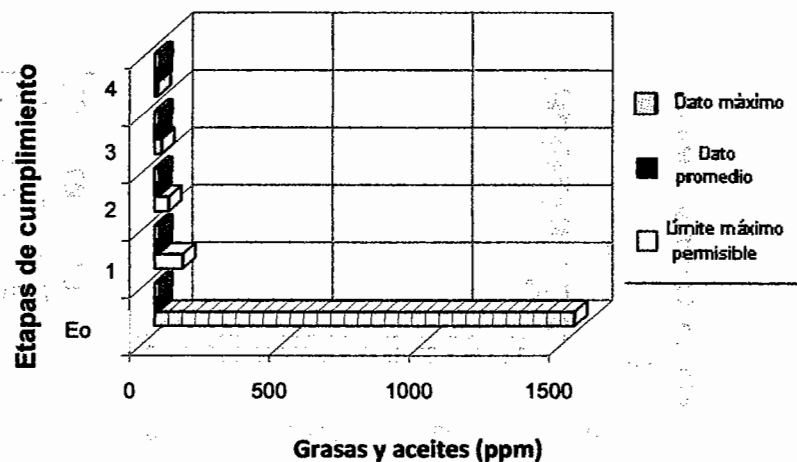
Fuente: Tabla No. XXVII

Tabla XXI. Comparación de los resultados grasas y aceites obtenidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
0	1500	14.1	Cumple	17	Cumple
1	100	14.1	Cumple	17	Cumple
2	50	14.1	Cumple	17	Cumple
3	25	14.1	Cumple	17	Cumple
4	10	14.1	No cumple	17	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 99. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



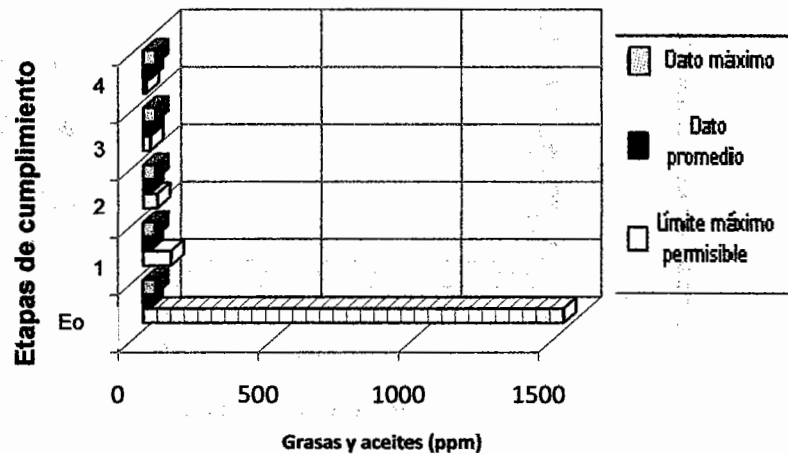
Fuente: Tabla XXVIII

Tabla XXII Comparación de los resultados grasas y aceites obtenidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
0	1500	24.75	Cumple	44	Cumple
1	100	24.75	Cumple	44	Cumple
2	50	24.75	Cumple	44	Cumple
3	25	24.75	Cumple	44	No cumple
4	10	24.75	No cumple	44	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 100. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 6



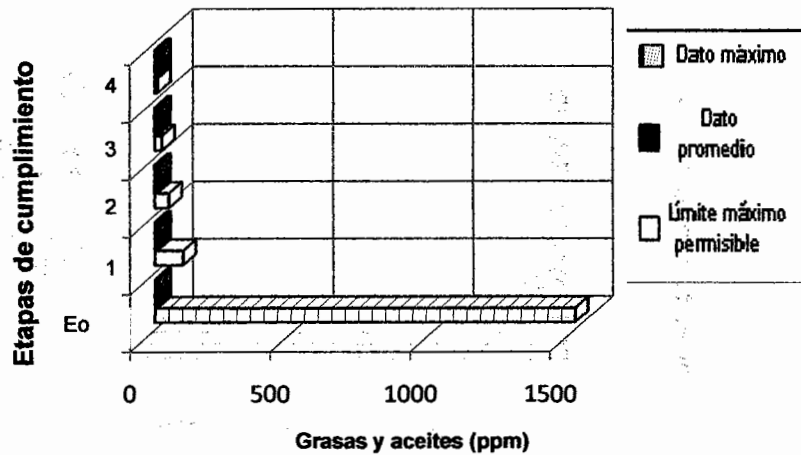
Fuente: Tabla.XXIX

Tabla XXIII. Comparación de los resultados grasas y aceites obtenidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
0	1500	9.75	Cumple	11	Cumple
1	100	9.75	Cumple	11	Cumple
2	50	9.75	Cumple	11	Cumple
3	25	9.75	Cumple	11	Cumple
4	10	9.75	Cumple	11	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 101. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 7



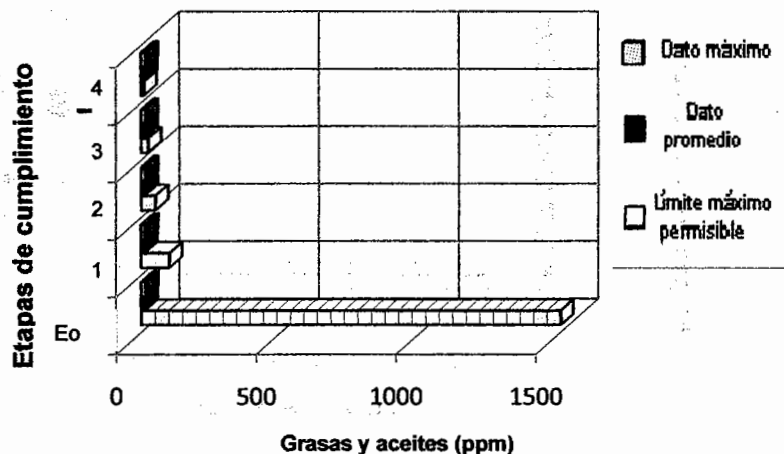
Fuente: Tabla No. XXX

Tabla XXIV. Comparación de los resultados grasas y aceites obtenidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 8

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Grasas y aceites promedio (mg/l)		Grasas y aceites máximo (mg/l)	
0	1500	12.75	Cumple	15	Cumple
1	100	12.75	Cumple	15	Cumple
2	50	12.75	Cumple	15	Cumple
3	25	12.75	Cumple	15	Cumple
4	10	12.75	No cumple	15	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 102. Comparación de los resultados obtenidos de grasas y aceites con los límites máximos permisibles punto de muestreo 8



Fuente: Tabla XXXI

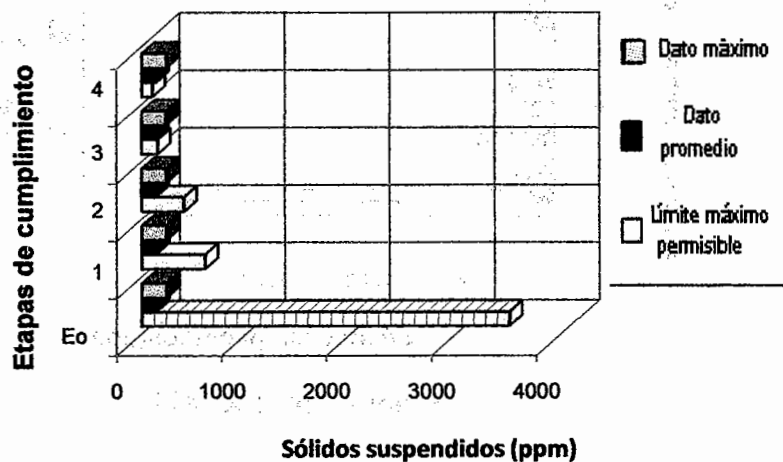
4.4.4 Sólidos suspendidos

Tabla XXV. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	134	Cumple	232	Cumple
1	600	134	Cumple	232	Cumple
2	400	134	Cumple	232	Cumple
3	150	134	Cumple	232	No cumple
4	100	134	No cumple	232	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 103. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



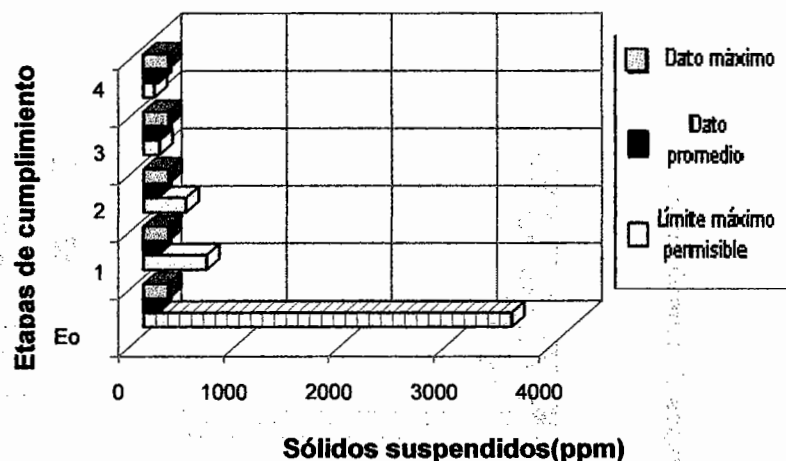
Fuente: Tabla XXXII

Tabla XXVI. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 2

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	139.5	Cumple	236	Cumple
1	600	139.5	Cumple	236	Cumple
2	400	139.5	Cumple	236	Cumple
3	150	139.5	Cumple	236	No cumple
4	100	139.5	No cumple	236	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 104. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 2



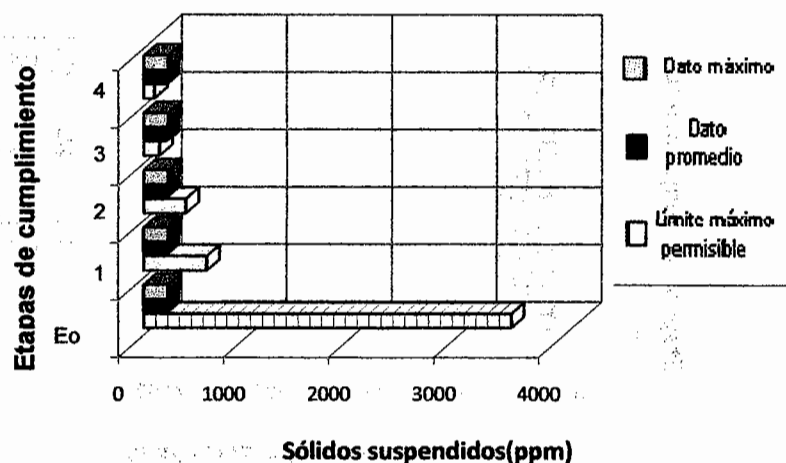
Fuente: Tabla XXXIII.

Tabla XXVII. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	210.67	Cumple	482	Cumple
1	600	210.67	Cumple	482	Cumple
2	400	210.67	Cumple	482	No cumple
3	150	210.67	No cumple	482	No cumple
4	100	210.67	No cumple	482	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 105. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



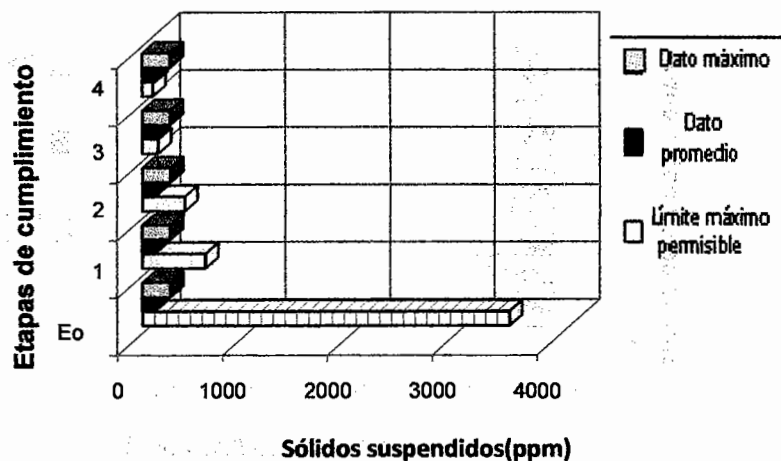
Fuente: Tabla XXXIV.

Tabla XXVIII. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	122	Cumple	266	Cumple
1	600	122	Cumple	266	Cumple
2	400	122	Cumple	266	Cumple
3	150	122	Cumple	266	No cumple
4	100	122	No cumple	266	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 106. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 4



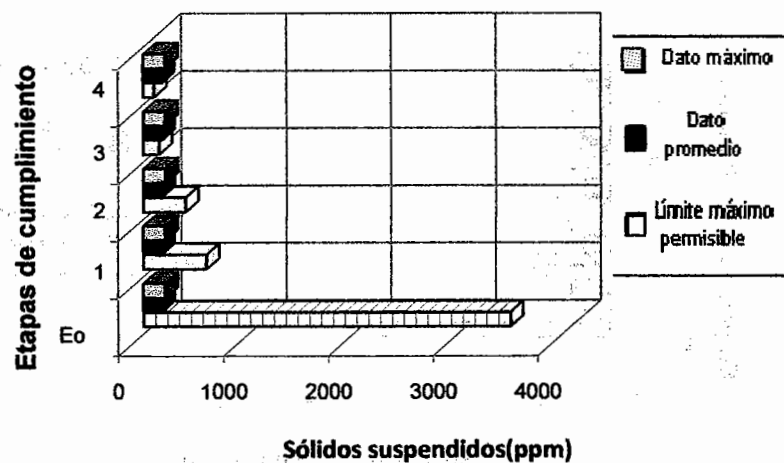
Fuente: Tabla XXXV.

Tabla XXIX. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	175.33	Cumple	208	Cumple
1	600	175.33	Cumple	208	Cumple
2	400	175.33	Cumple	208	Cumple
3	150	175.33	No cumple	208	No cumple
4	100	175.33	No cumple	208	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 107. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



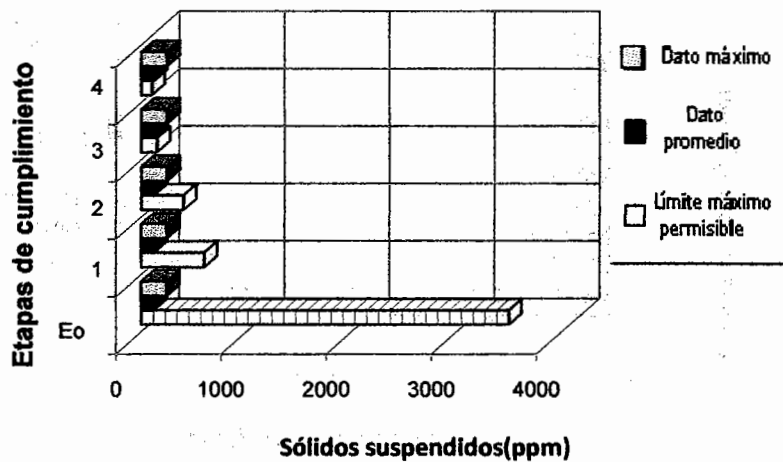
Fuente: Tabla XXXVI.

Tabla XXX. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
		Dato promedio	Cumple	Dato máximo	Cumple
0	3500	126	Cumple	244	Cumple
1	600	126	Cumple	244	Cumple
2	400	126	Cumple	244	Cumple
3	150	126	Cumple	244	No cumple
4	100	126	No cumple	244	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 108. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 6



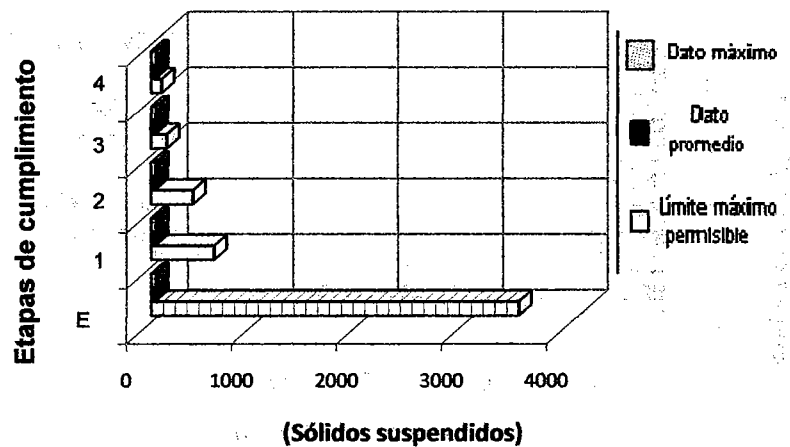
Fuente: Tabla XXXVII.

Tabla XXXI. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	3500	40.5	Cumple	46	Cumple
1	600	40.5	Cumple	46	Cumple
2	400	40.5	Cumple	46	Cumple
3	150	40.5	Cumple	46	Cumple
4	100	40.5	Cumple	46	Cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 109. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 7



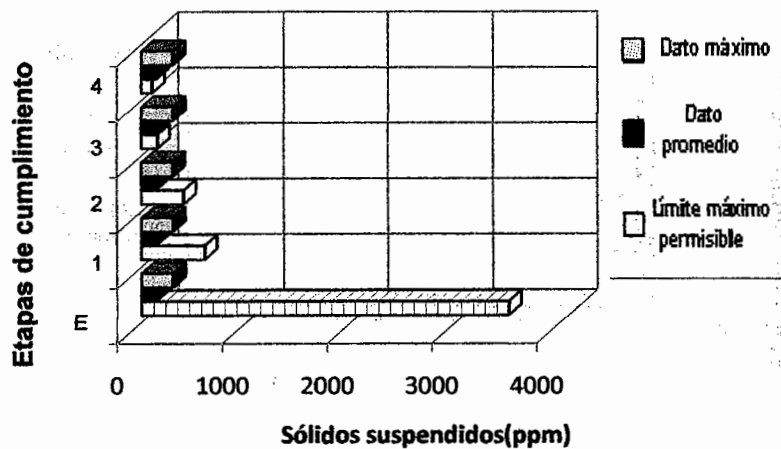
Fuente: Tabla XXXVIII

Tabla XXXII. Comparación de los resultados de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 8

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Sólidos suspendidos promedio (mg/l)		Sólidos suspendidos máximo (mg/l)	
0	3500	140	Cumple	298	Cumple
1	600	140	Cumple	298	Cumple
2	400	140	Cumple	298	Cumple
3	150	140	Cumple	298	No cumple
4	100	140	No cumple	298	No cumple

Fuente: Muestra de cálculo/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20.

Figura 110. Comparación de los resultados obtenidos de sólidos suspendidos con los límites máximos permisibles punto de muestreo 8



Fuente: Tabla XXXIX.

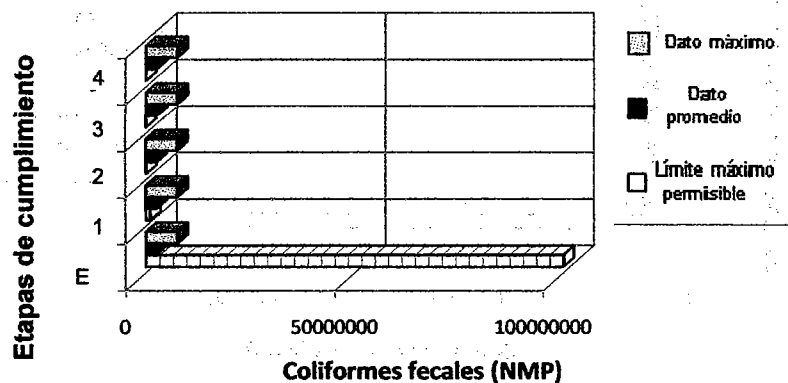
4.4.5 Coliformes Fecales

Tabla XXXIII. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)		Coliformes fecales máximo (NMP)	
0	1.0^{08}	2.5^{06}	Cumple	7.5^{06}	Cumple
1	1.0^{06}	2.5^{06}	No cumple	7.5^{06}	No cumple
2	1.0^{05}	2.5^{06}	No cumple	7.5^{06}	No cumple
3	1.0^{04}	2.5^{06}	No cumple	7.5^{06}	No cumple
4	1.0^{04}	2.5^{06}	No cumple	7.5^{06}	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 111. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



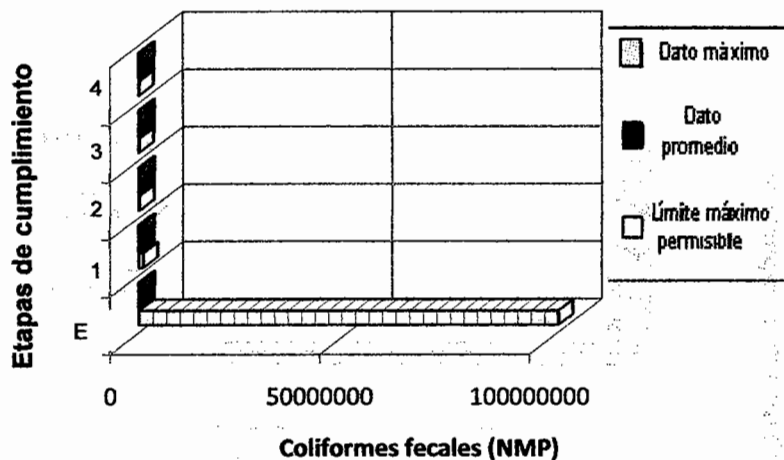
Fuente: Tabla XL

Tabla XXXIV. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 2

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)		Coliformes fecales máximo (NMP)	
0	1.0^{08}	1.01^{05}	Cumple	2.4^{05}	Cumple
1	1.0^{06}	1.01^{05}	Cumple	2.4^{05}	Cumple
2	1.0^{05}	1.0^{05}	No cumple	2.4^{05}	No cumple
3	1.0^{04}	1.01^{05}	No cumple	2.4^{05}	No cumple
4	1.0^{04}	1.01^{05}	No cumple	2.4^{05}	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 112. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 2



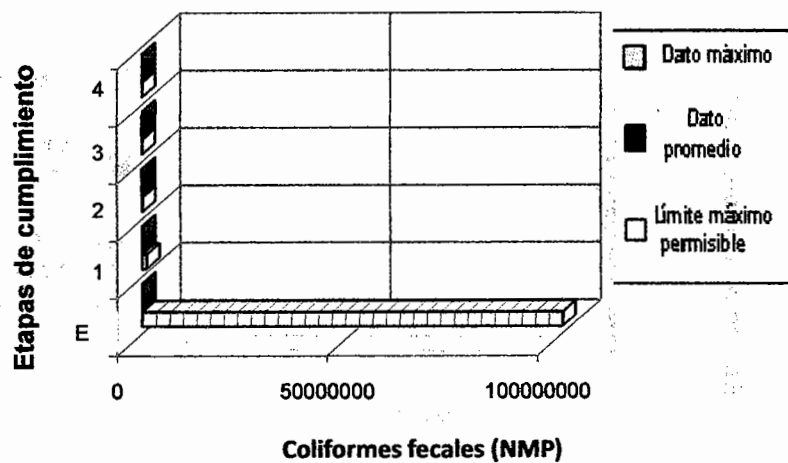
Fuente: Tabla XLI.

Tabla XXXV. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)		Coliformes fecales máximo (NMP)	
		3<	Cumple	3<	Cumple
0	1.0 ⁰⁸	3<	Cumple	3<	Cumple
1	1.0 ⁰⁶	3<	Cumple	3<	Cumple
2	1.0 ⁰⁵	3<	Cumple	3<	Cumple
3	1.0 ⁰⁴	3<	Cumple	3<	Cumple
4	1.0 ⁰⁴	3<	Cumple	3<	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 113. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



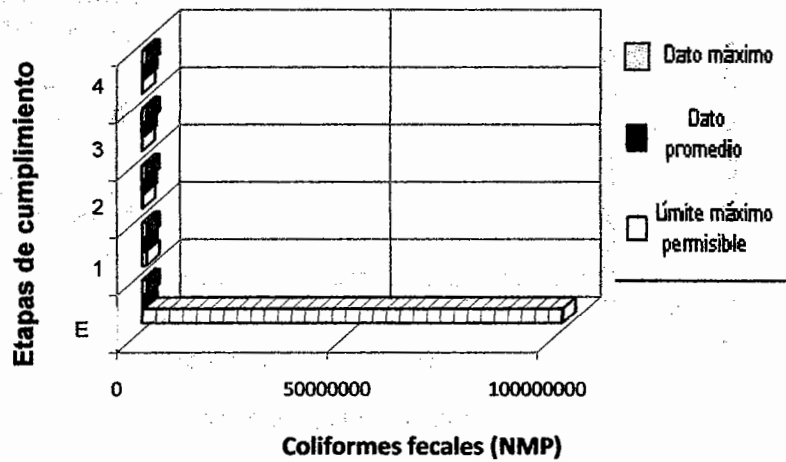
Fuente: Tabla XLIII.

Tabla XXXVI. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)		Coliformes fecales máximo (NMP)	
0	1.008	4.7405	Cumple	1.1E+06	Cumple
1	1.006	4.7405	Cumple	1.1E+06	No cumple
2	1.005	4.7405	No cumple	1.1E+06	No cumple
3	1.004	4.7405	No cumple	1.1E+06	No cumple
4	1.004	4.7405	No cumple	1.1E+06	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 114. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 4



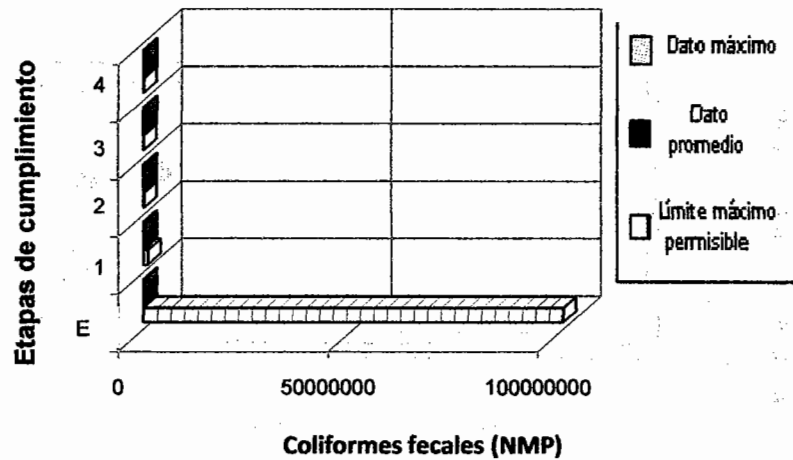
Fuente: Tabla XLIII.

Tabla XXXVII. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)	Coliformes fecales máximo (NMP)
0	1.0^{08}	5.81^{04} Cumple	1.5^{05} Cumple
1	1.0^{06}	5.81^{04} Cumple	1.5^{05} Cumple
2	1.0^{05}	5.81^{04} Cumple	1.5^{05} No cumple
3	1.0^{04}	5.81^{04} No cumple	1.5^{05} No cumple
4	1.0^{04}	5.81^{04} No cumple	1.5^{05} No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 115. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



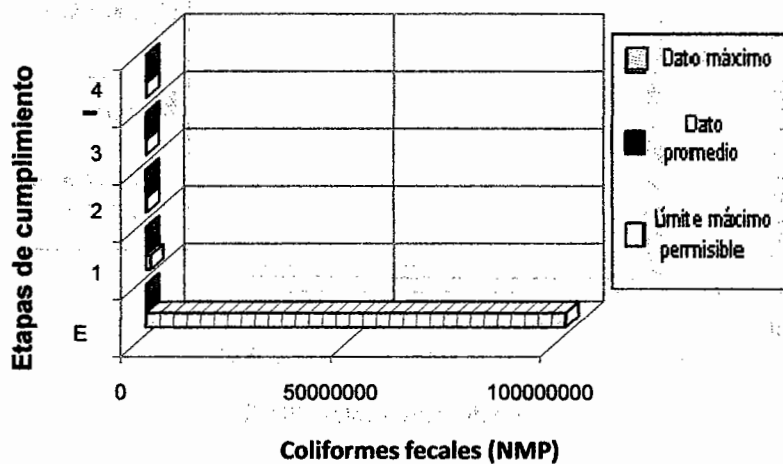
Fuente: Tabla XLIV.

Tabla XXXVIII. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)		Coliformes fecales máximo (NMP)	
0	1.0^{08}	6.19^{03}	Cumple	2.4^{04}	Cumple
1	1.0^{06}	6.19^{03}	Cumple	2.4^{04}	Cumple
2	1.0^{05}	6.19^{03}	Cumple	2.4^{04}	Cumple
3	1.0^{04}	6.19^{03}	Cumple	2.4^{04}	Cumple
4	1.0^{04}	6.19^{03}	Cumple	2.4^{04}	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 116. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 6



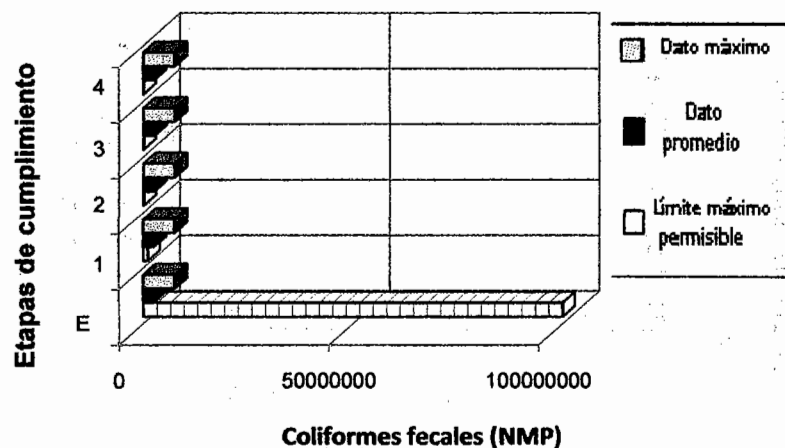
Fuente: Tabla XLV

Tabla XXXIX. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)	Coliformes fecales máximo (NMP)
0	1.0^{08}	2.76^{02}	Cumple
1	1.0^{06}	2.76^{02}	Cumple
2	1.0^{05}	2.76^{02}	Cumple
3	1.0^{04}	2.76^{02}	Cumple
4	1.0^{04}	2.7^{02}	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 117. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 7



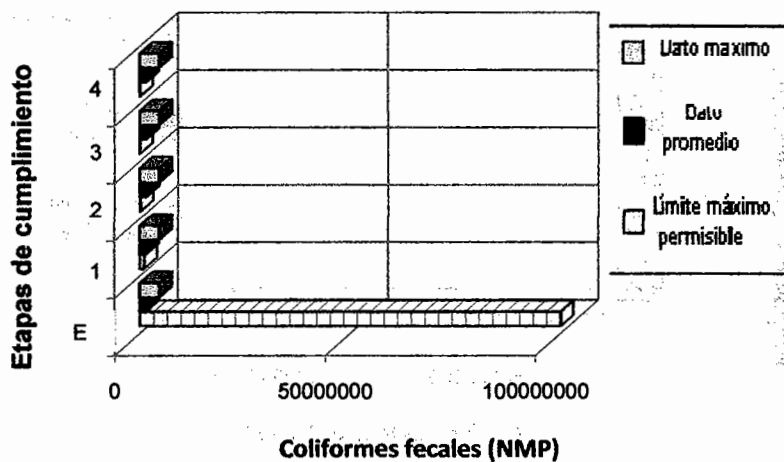
Fuente: Tabla XLVI.

Tabla XLVII. Comparación de los resultados de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto No. 8

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Coliformes fecales promedio (NMP)	Coliformes fecales máximo (NMP)
0	1.0^{08}	1.48^{06}	Cumple
1	1.0^{06}	1.48^{06}	No cumple
2	1.0^{05}	1.48^{06}	No cumple
3	1.0^{04}	1.48^{06}	No cumple
4	1.0^{04}	1.48^{06}	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 118. Comparación de los resultados obtenidos de Coliformes Fecales con los límites máximos permisibles punto de muestreo 8



Fuente: Tabla XLVII.

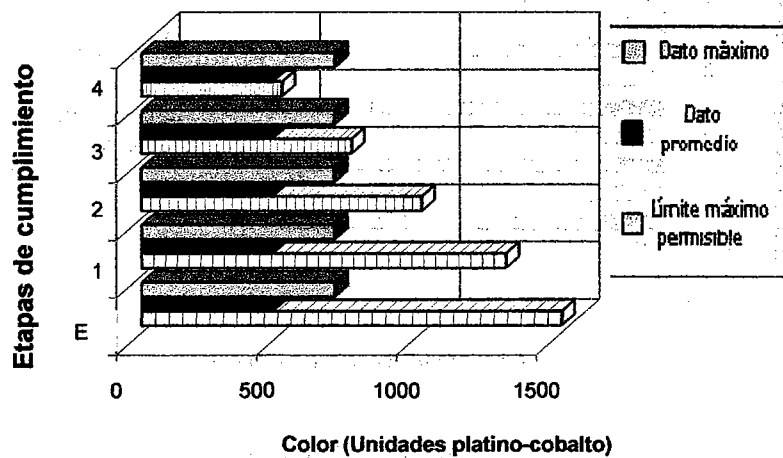
4.4.8 Color

Tabla XLI. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	468	Cumple	688	Cumple
1	1300	468	Cumple	688	Cumple
2	1000	468	Cumple	688	Cumple
3	750	468	Cumple	688	Cumple
4	500	468	Cumple	688	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 119. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



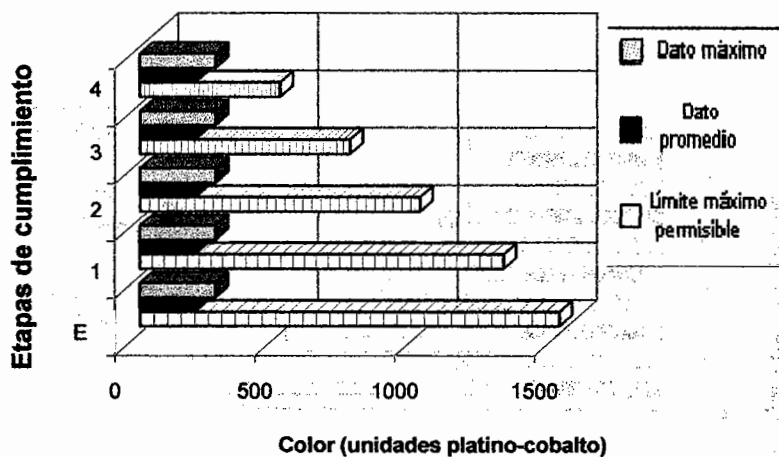
Fuente: Tabla XLVIII.

Tabla XLII. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 2

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	197.25	Cumple	269	Cumple
1	1300	197.25	Cumple	269	Cumple
2	1000	197.25	Cumple	269	Cumple
3	750	197.25	Cumple	269	Cumple
4	500	197.25	Cumple	269	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 120. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 2



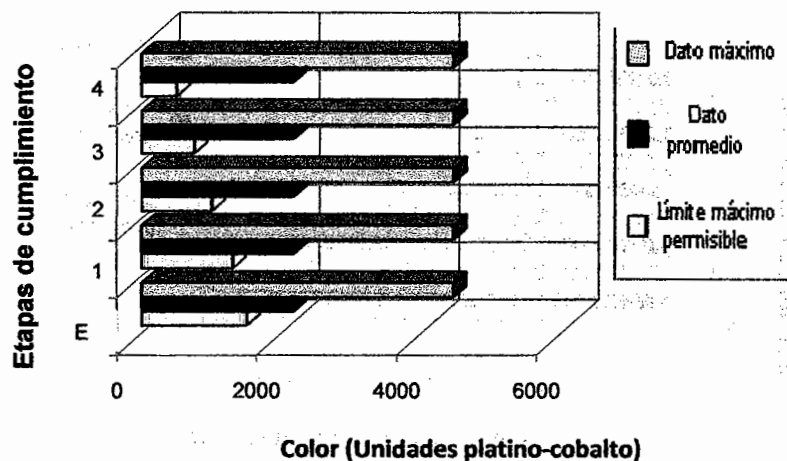
Fuente: Tabla XLIX.

Tabla XLIII. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
0	1500	2175	No cumple	4460	No cumple
1	1300	2175	No cumple	4460	No cumple
2	1000	2175	No cumple	4460	No cumple
3	750	2175	No cumple	4460	No cumple
4	500	2175	No cumple	4460	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 121. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



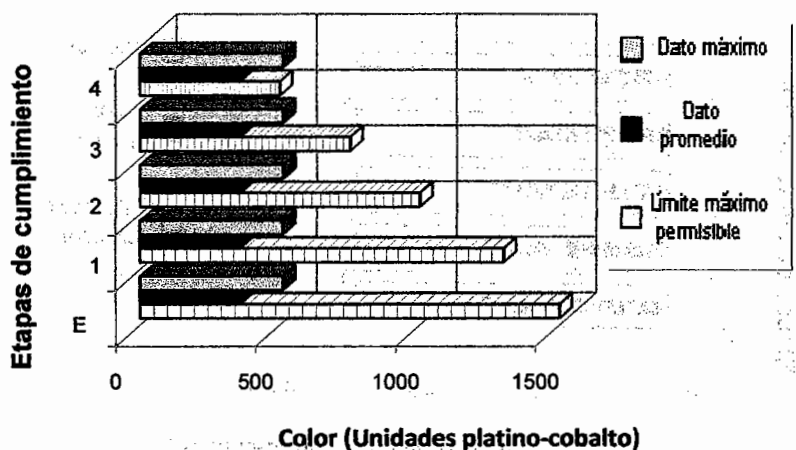
Fuente: Tabla L.

Tabla XLIV. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	359.75	Cumple	511	Cumple
1	1300	359.75	Cumple	511	Cumple
2	1000	359.75	Cumple	511	Cumple
3	750	359.75	Cumple	511	Cumple
4	500	359.75	Cumple	511	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 122. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 4



Fuente: Tabla LI.

4.4 Comparación de los parámetros obtenidos con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

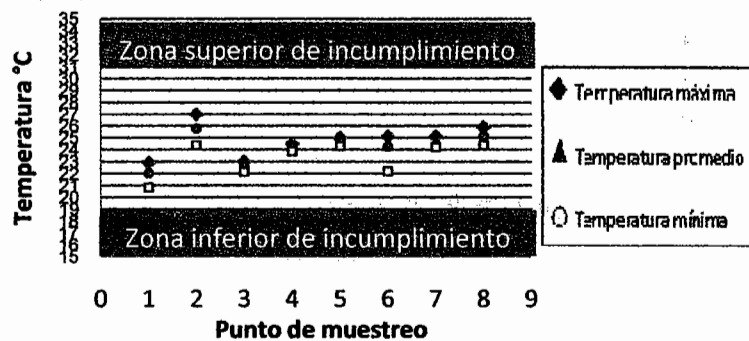
4.4.1 Temperatura

Tabla XV. Comparación de los resultados obtenidos de pH con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Rango de temperatura permitido [18 °C – 32 °C]						
punto	Temperatura máxima		Dato promedio		Dato mínimo	
1	22.90	Cumple	22.01	Cumple	20.83	Cumple
2	27.00	Cumple	25.77	Cumple	24.36	Cumple
3	23.00	Cumple	22.61	Cumple	22.13	Cumple
4	24.50	Cumple	24.34	Cumple	23.86	Cumple
5	25.00	Cumple	24.63	Cumple	24.30	Cumple
6	25.10	Cumple	24.28	Cumple	22.20	Cumple
7	25.10	Cumple	24.38	Cumple	24.20	Cumple
8	25.90	Cumple	25.12	Cumple	24.37	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 93. Comparación de temperatura con los límites máximos permisibles de descarga de aguas a cuerpos receptores



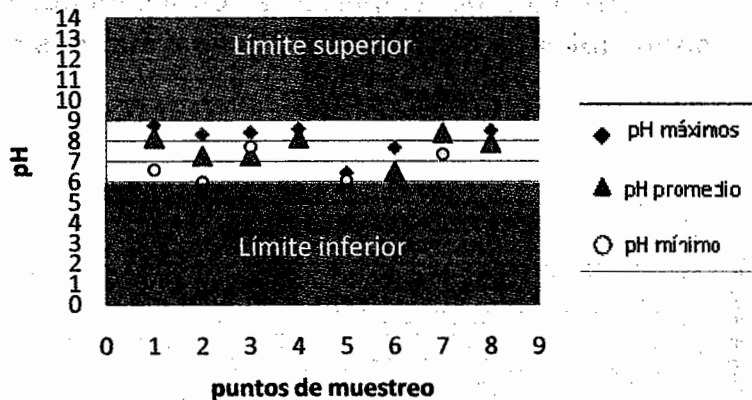
4.4.2 pH

Tabla XVI. Comparación de los resultados obtenidos de pH con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Rango de pH permitido [6-9]						
punto	pH máximo		Dato promedio		pH mínimo	
1	8.76	Cumple	8.14	Cumple	7.25	Cumple
2	8.31	Cumple	7.27	Cumple	6.6	Cumple
3	8.41	Cumple	7.27	Cumple	5.99	Cumple
4	8.58	Cumple	8.13	Cumple	7.72	Cumple
5	6.44	Cumple	5.92	No cumple	5.63	No cumple
6	7.66	Cumple	6.49	Cumple	6.08	Cumple
7	10.41	No cumple	8.37	Cumple	5.72	Cumple
8	8.50	Cumple	7.90	Cumple	7.35	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 94. Comparación del pH con los límites máximos permisibles de descarga de aguas a cuerpos receptores



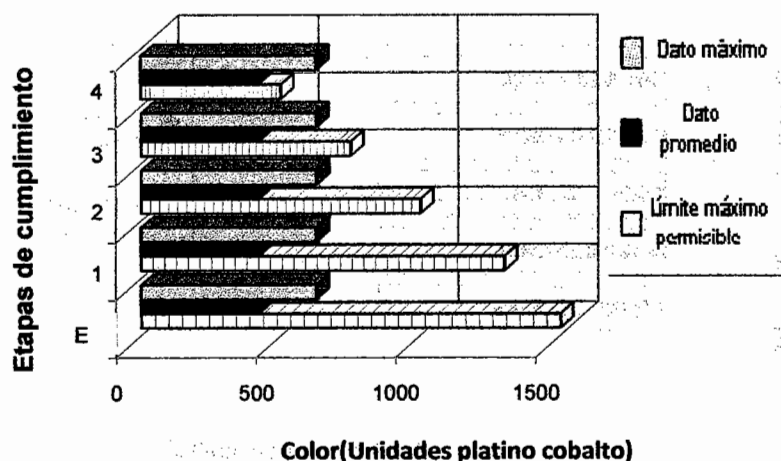
Fuente: Tabla XXII

Tabla XLV. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	421.33	Cumple	626	Cumple
1	1300	421.33	Cumple	626	Cumple
2	1000	421.33	Cumple	626	Cumple
3	750	421.33	Cumple	626	Cumple
4	500	421.33	Cumple	626	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 123. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



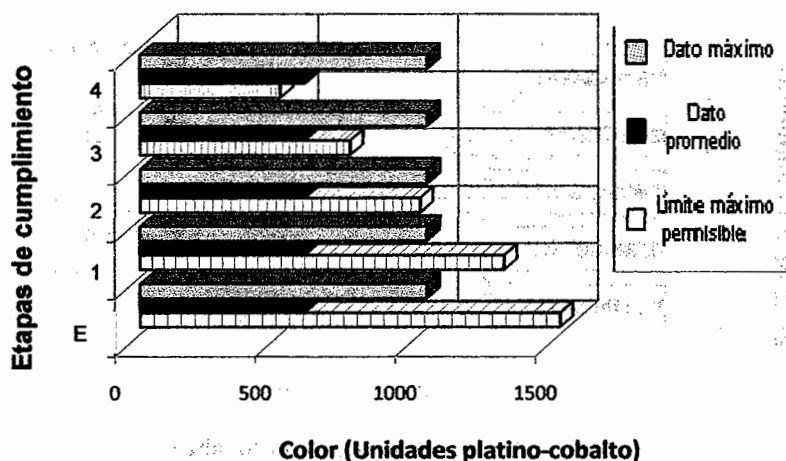
Fuente: Tabla LII.

Tabla XLVI. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	589.25	Cumple	1025	Cumple
1	1300	589.25	Cumple	1025	Cumple
2	1000	589.25	Cumple	1025	Cumple
3	750	589.25	Cumple	1025	No cumple
4	500	589.25	No cumple	1025	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 124. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 6



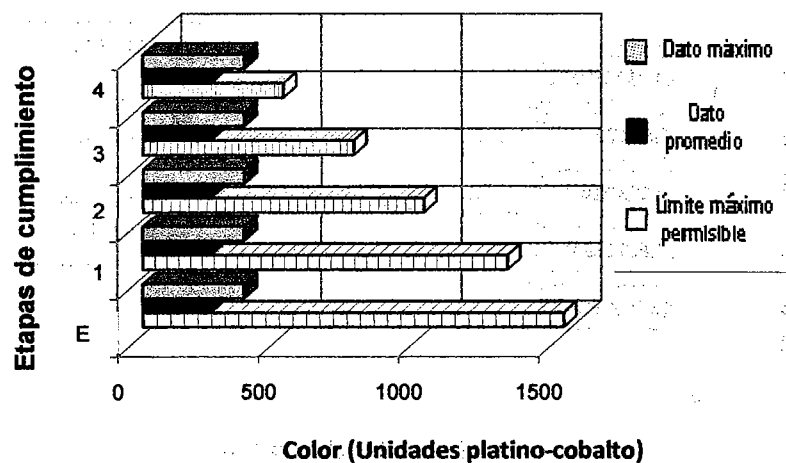
Fuente: Tabla LIII.

Tabla XLVII. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	241.75	Cumple	359	Cumple
1	1300	241.75	Cumple	359	Cumple
2	1000	241.75	Cumple	359	Cumple
3	750	241.75	Cumple	359	Cumple
4	500	241.75	Cumple	359	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20.

Figura 125. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 7



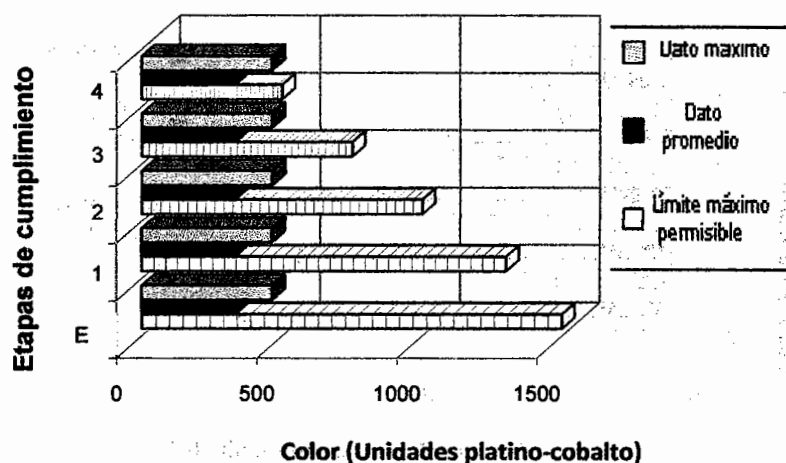
Fuente: Tabla LIV.

Tabla XLVIII. Comparación de los resultados de color con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 8

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Color promedio (Unidades Platino-Cobalto)		Color máximo (Unidades Platino-Cobalto)	
		Valor	Estado	Valor	Estado
0	1500	334	Cumple	464	Cumple
1	1300	334	Cumple	464	Cumple
2	1000	334	Cumple	464	Cumple
3	750	334	Cumple	464	Cumple
4	500	334	Cumple	464	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 126. Comparación de los resultados obtenidos de color con los límites máximos permisibles punto de muestreo 8



Fuente: Tabla LV.

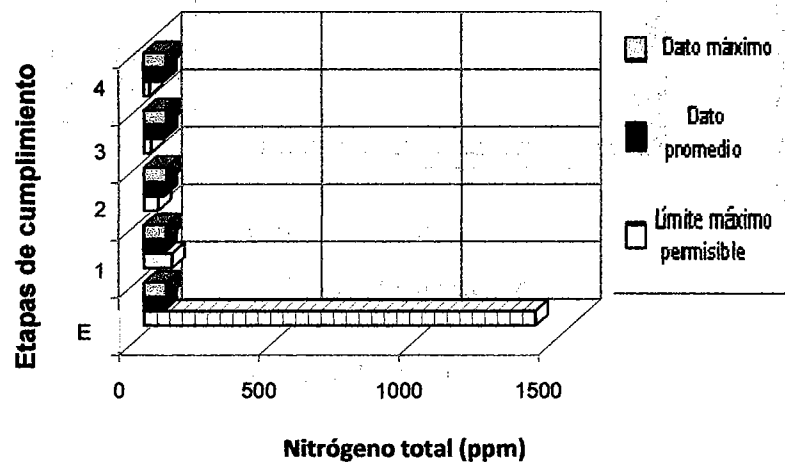
4.4.9 Nitrógeno

Tabla XLIX. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	71.4	Cumple	81	Cumple
1	100	71.4	Cumple	81	Cumple
2	50	71.4	No cumple	81	No cumple
3	25	71.4	No cumple	81	No cumple
4	20	71.4	No cumple	81	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 127. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



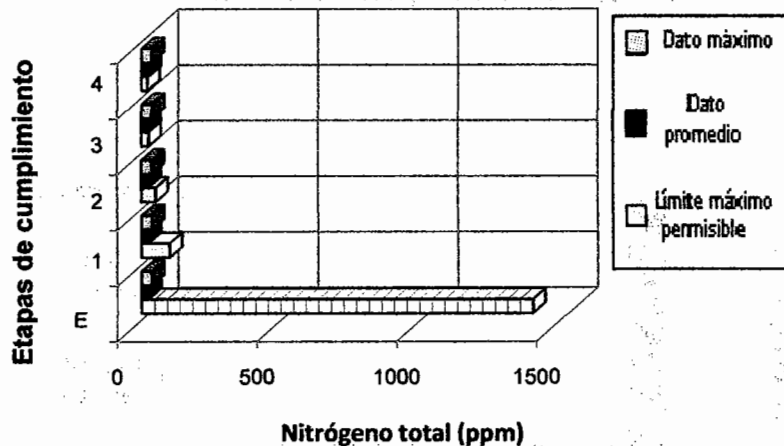
Fuente: Tabla LVI.

Tabla L. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 2

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	24.87	Cumple	36.6	Cumple
1	100	24.87	Cumple	36.6	Cumple
2	50	24.87	Cumple	36.6	Cumple
3	25	24.87	Cumple	36.6	No cumple
4	20	24.87	No cumple	36.6	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 128. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 2



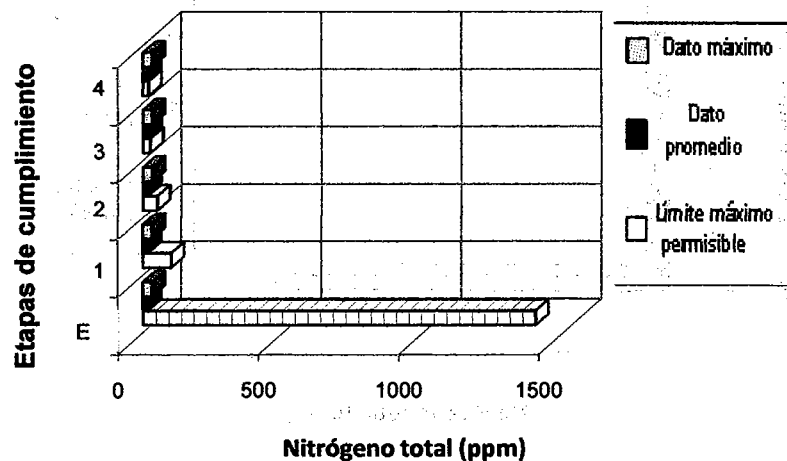
Fuente: Tabla LVII.

Tabla LI. Comparación de los resultados de Nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	18.67	Cumple	32.6	Cumple
1	100	18.67	Cumple	32.6	Cumple
2	50	18.67	Cumple	32.6	Cumple
3	25	18.67	Cumple	32.6	No cumple
4	20	18.67	Cumple	32.6	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 129. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



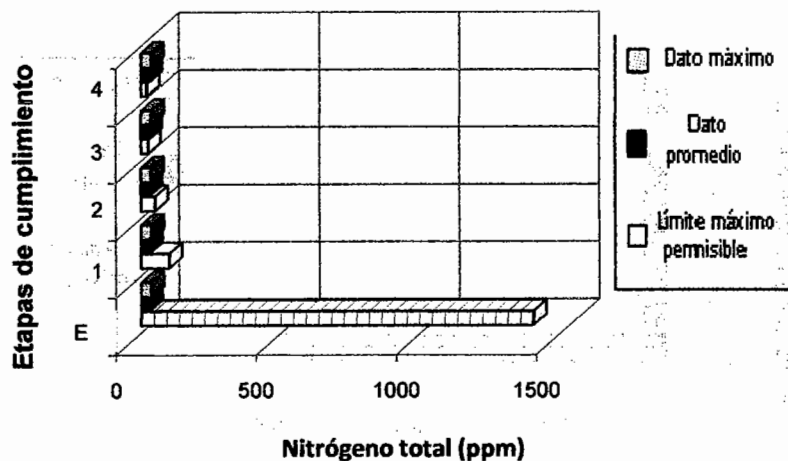
Fuente: Tabla LVIII.

Tabla LII. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	29.72	Cumple	36	Cumple
1	100	29.72	Cumple	36	Cumple
2	50	29.72	Cumple	36	Cumple
3	25	29.72	No cumple	36	No cumple
4	20	29.72	No cumple	36	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 130. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 4



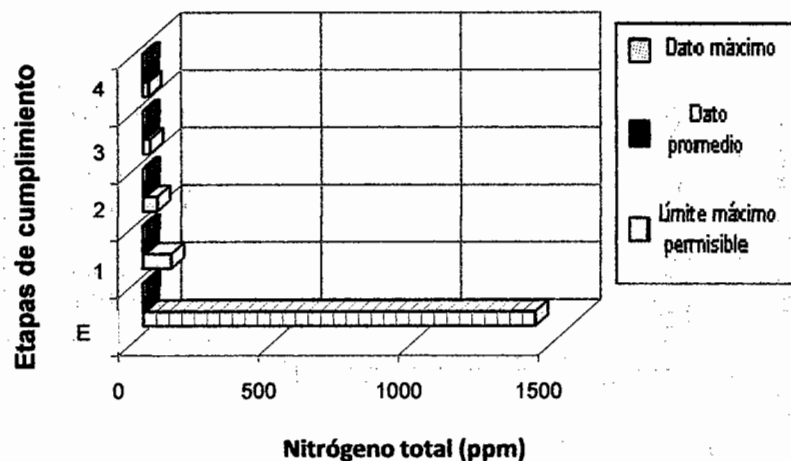
Fuente: Tabla LIX.

Tabla LIII. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total (mg/l)	
		promedio	máximo
0	1400	9.87	Cumple
1	100	9.87	Cumple
2	50	9.87	Cumple
3	25	9.87	Cumple
4	20	9.87	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 131. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



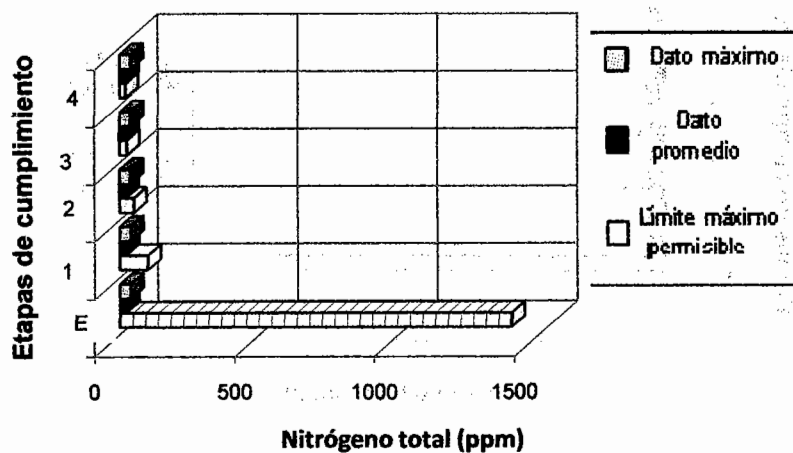
Fuente: Tabla LX.

Tabla LIV. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	22.42	Cumple	38.40	Cumple
1	100	22.42	Cumple	38.40	Cumple
2	50	22.42	Cumple	38.40	Cumple
3	25	22.42	Cumple	38.40	No cumple
4	20	22.42	No cumple	38.40	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 132. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 6



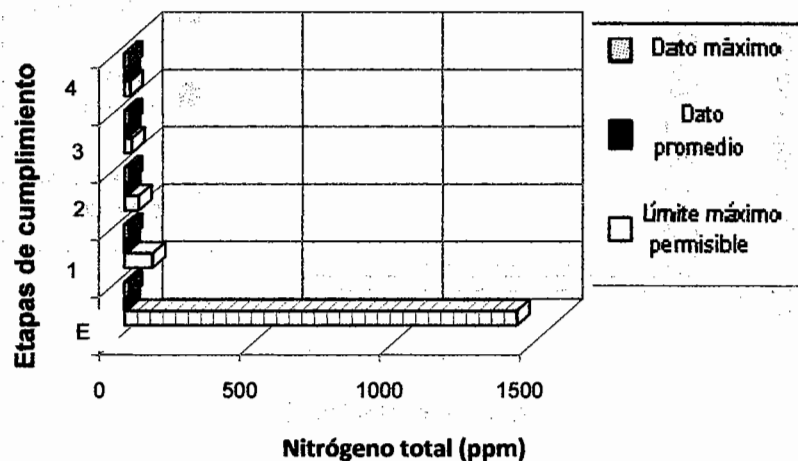
Fuente: Tabla LXI.

Tabla LV. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total (mg/l)	
		promedio	máximo
0	1400	8.9	16.9
1	100	8.9	16.9
2	50	8.9	16.9
3	25	8.9	16.9
4	20	8.9	16.9

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 133. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 7



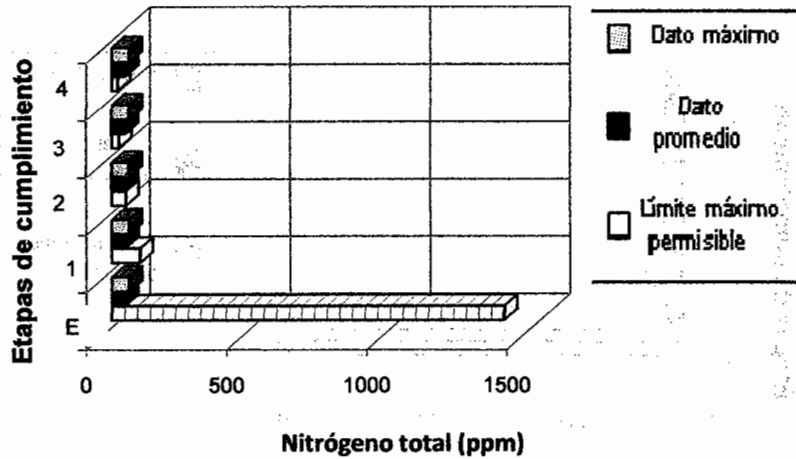
Fuente: Tabla LXII.

Tabla LVI. Comparación de los resultados de nitrógeno total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 8

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Nitrógeno total promedio (mg/l)		Nitrógeno total máximo (mg/l)	
0	1400	48.3	Cumple	61.9	Cumple
1	100	48.3	Cumple	61.9	Cumple
2	50	48.3	Cumple	61.9	No cumple
3	25	48.3	No cumple	61.9	No cumple
4	20	48.3	No cumple	61.9	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 134. Comparación de los resultados obtenidos de nitrógeno con los límites máximos permisibles punto de muestreo 8



Fuente: Tabla LXIII.

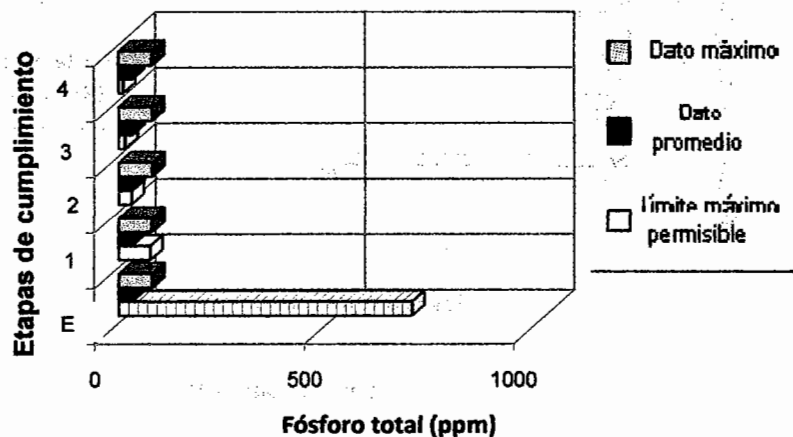
4.4.10 Fósforo

Tabla LVII. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 1

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
0	700	32.08	Cumple	79.6	Cumple
1	75	32.08	Cumple	79.6	No cumple
2	30	32.08	No cumple	79.6	No cumple
3	15	32.08	No cumple	79.6	No cumple
4	10	32.08	No cumple	79.6	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 135. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo 1



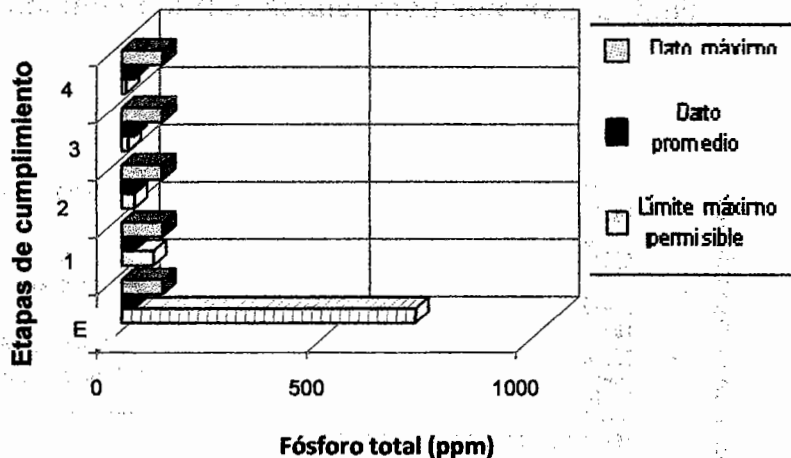
Fuente: Tabla LXIV.

Tabla LVIII. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 2

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
0	700	29.64	Cumple	97	Cumple
1	75	29.64	Cumple	97	No cumple
2	30	29.64	Cumple	97	No cumple
3	15	29.64	No cumple	97	No cumple
4	10	29.64	No cumple	97	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 136. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisible punto de muestreo 2



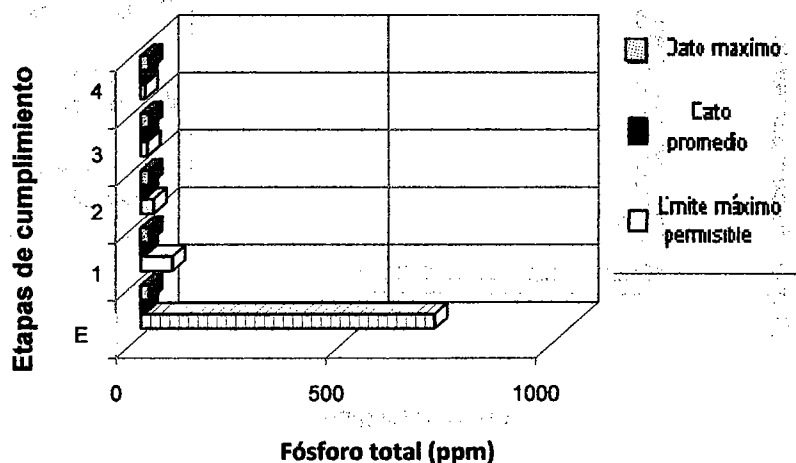
Fuente: Tabla LXV.

Tabla LIX. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 3

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
		promedio	estado	máximo	estado
0	700	9.08	Cumple	20.2	Cumple
1	75	9.08	Cumple	20.2	Cumple
2	30	9.08	Cumple	20.2	Cumple
3	15	9.08	Cumple	20.2	No cumple
4	10	9.08	Cumple	20.2	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 137. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo 3



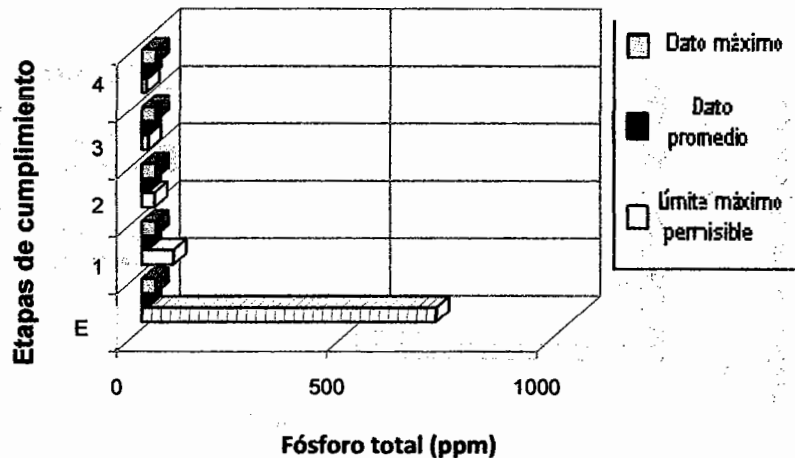
Fuente: Tabla LXVI.

Tabla LX. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 4

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
0	700	14.38	Cumple	33	Cumple
1	75	14.38	Cumple	33	Cumple
2	30	14.38	Cumple	33	No cumple
3	15	14.38	Cumple	33	No cumple
4	10	14.38	No cumple	33	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 138. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 4



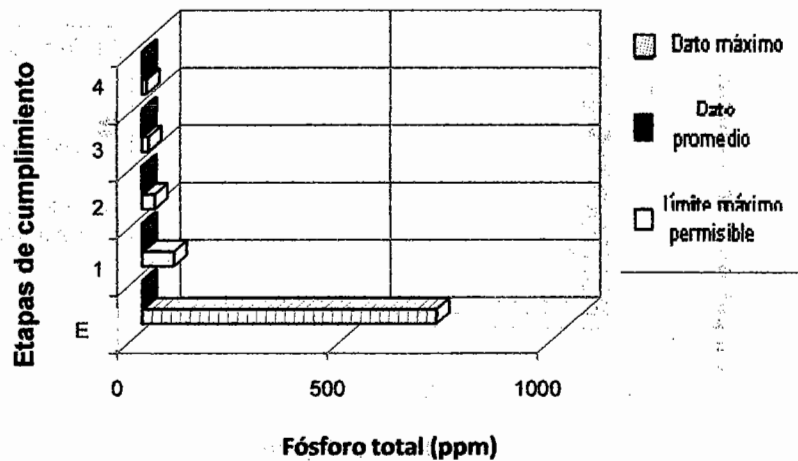
Fuente: Tabla LXVII.

Tabla LXI. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 5

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total	
		promedio (mg/l)	máximo (mg/l)
0	700	2.97	Cumple
1	75	2.97	Cumple
2	30	2.97	Cumple
3	15	2.97	Cumple
4	10	2.97	Cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 139. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo 5



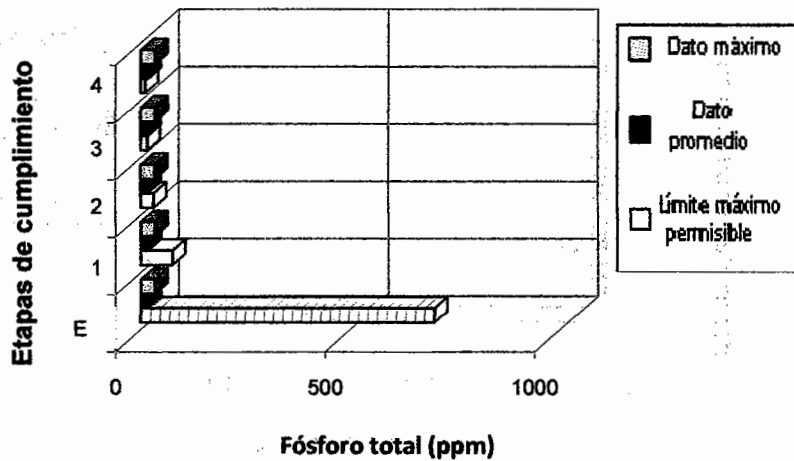
Fuente: Tabla LXVIII.

Tabla LXII. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 6

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
0	700	17.05	Cumple	33	Cumple
1	75	17.05	Cumple	33	Cumple
2	30	17.05	Cumple	33	No cumple
3	15	17.05	No cumple	33	No cumple
4	10	17.05	No cumple	33	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 140. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 6



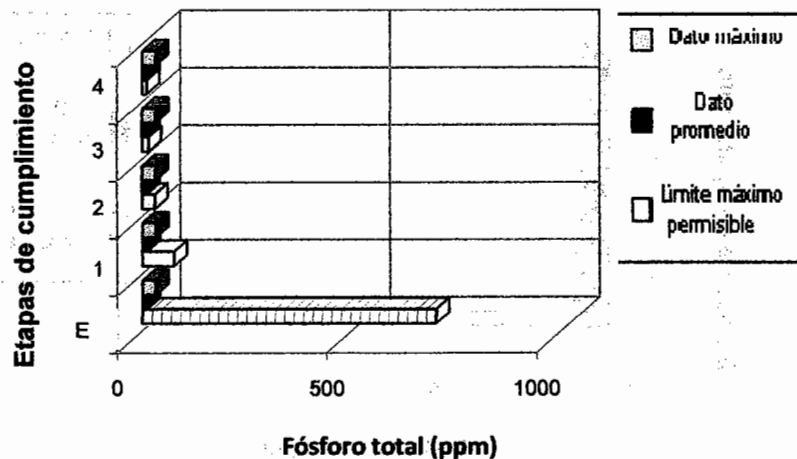
Fuente: Tabla LXIX

Tabla LXIII. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 7

Etapa de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total		Fósforo total	
		promedio (mg/l)		máximo (mg/l)	
0	700	11.08	Cumple	31.5	Cumple
1	75	11.08	Cumple	31.5	Cumple
2	30	11.08	Cumple	31.5	No cumple
3	15	11.08	Cumple	31.5	No cumple
4	10	11.08	No cumple	31.5	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 141. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo 7



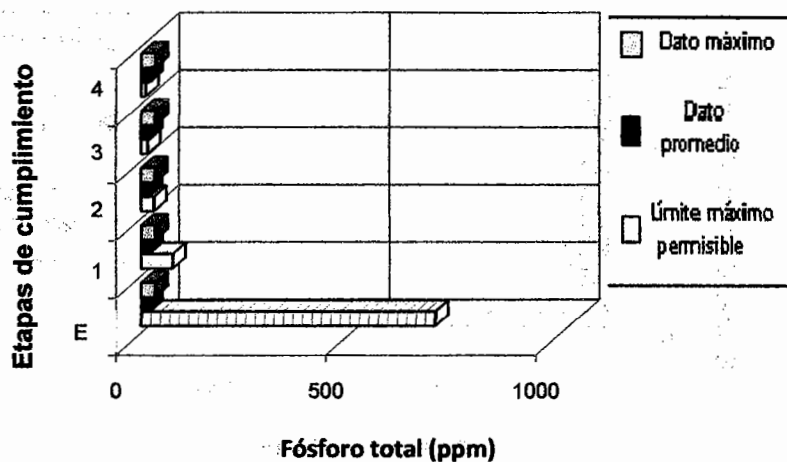
Fuente: Tabla LXX.

Tabla LXIV. Comparación de los resultados de fósforo total con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, punto 8

Etapas de cumplimiento	límite permisible	Fósforo total promedio (mg/l)		Fósforo total máximo (mg/l)	
0	700	19.62	Cumple	33	Cumple
1	75	19.62	Cumple	33	Cumple
2	30	19.62	Cumple	33	No cumple
3	15	19.62	No cumple	33	No cumple
4	10	19.62	No cumple	33	No cumple

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo Gubernativo 236-2006 Artículo 20

Figura 142. Comparación de los resultados obtenidos de fósforo con los límites máximos permisibles punto de muestreo No. 8



Fuente: Tabla LXXI.

Tabla LXV: Comparación DBO₅ con el artículo 17 y 19 del Acuerdo Gubernativo 236-2006

Límites permisibles				
DBO₅ ≤ 3000 Kg/día con un valor asociado DBO₅ < 200 mg/l				
Punto de muestreo No.	DBO₅ (Kg/día)		DBO₅ (mg/día)	
	Dato Promedio	Dato Máximo	Dato Promedio	Dato Máximo
1	0.2725	0.4374	253.25	458
2	19.022	60.457	3055.25	10178
3	19.602	55.123	26611	69600
4	1.9297	4.8384	297	600
5	28.409	76.788	1226.67	2250
6	154.81	214.62	9840.5	16562
7	14.760	32.040	819	1162
8	2.7717	5.4950	832.5	1387

Fuente: Trabajo experimental/Acuerdo gubernativo 236-2006 Artículo 20

4.5 Proceso para la reducción y el control de los contaminantes

Tabla LXVI. Código del equipo empleado en las figuras 154 y 155

Código	Significado
E-1	Purga de lodos
P-1o	Punto de mezclado de aguas ordinarias
P-1e	Punto de mezclado de aguas especiales
P-2	Punto de muestreo
R-1	Rejillas de desbaste
T-1	Tanque removedor de arenas, sólidos flotantes, grasas y aceites.
T-2	Tanque homogenizador
T-3	Tanque sedimentador
T-4	Tanque discontinuo secuencial (SBR)
T-5	Tanque recolector de lodos
T-6	Pozo de absorción
V-1	Vertedero triangular

Figura 143. Tratamiento propuesto de aguas residuales

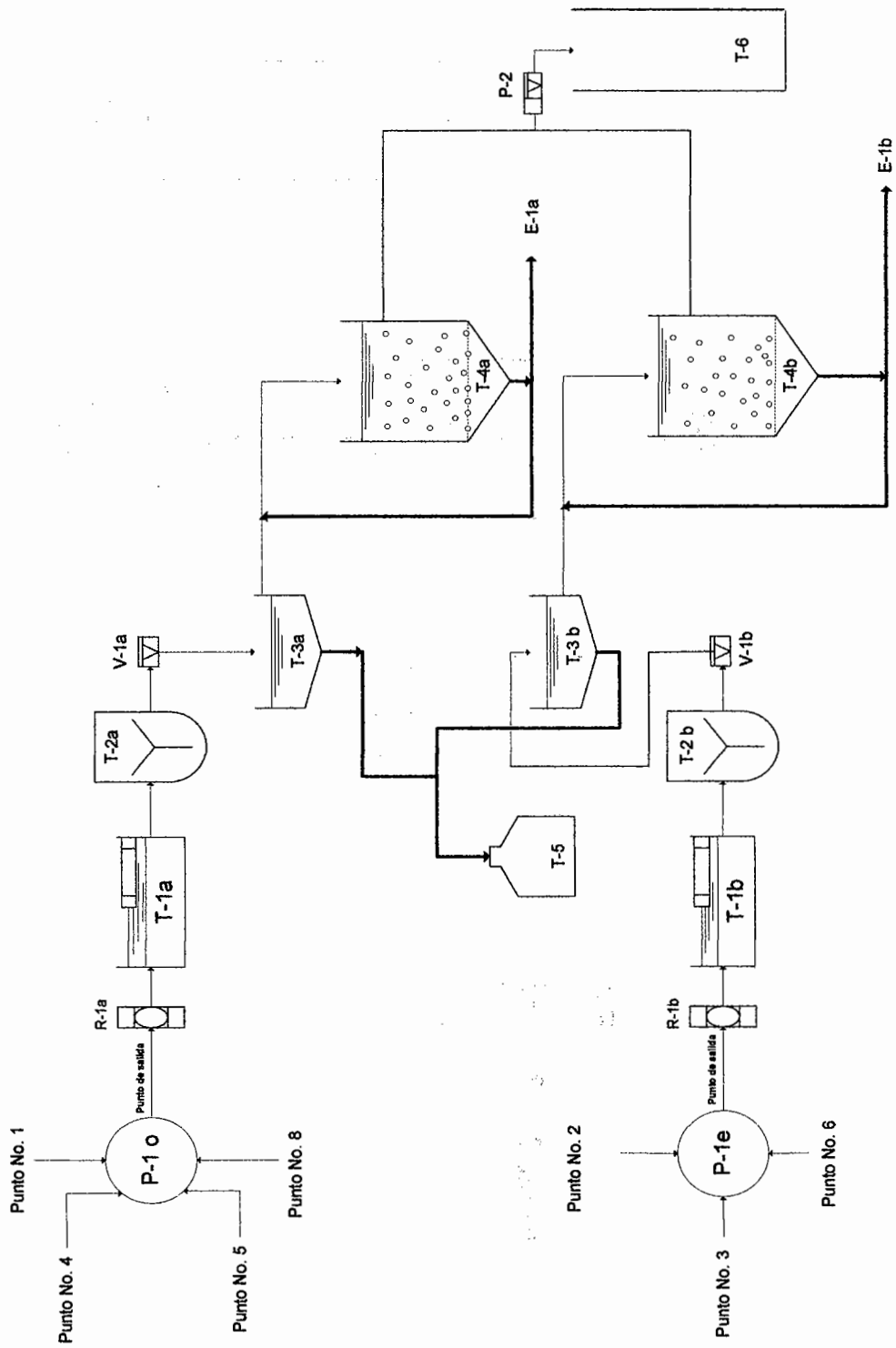
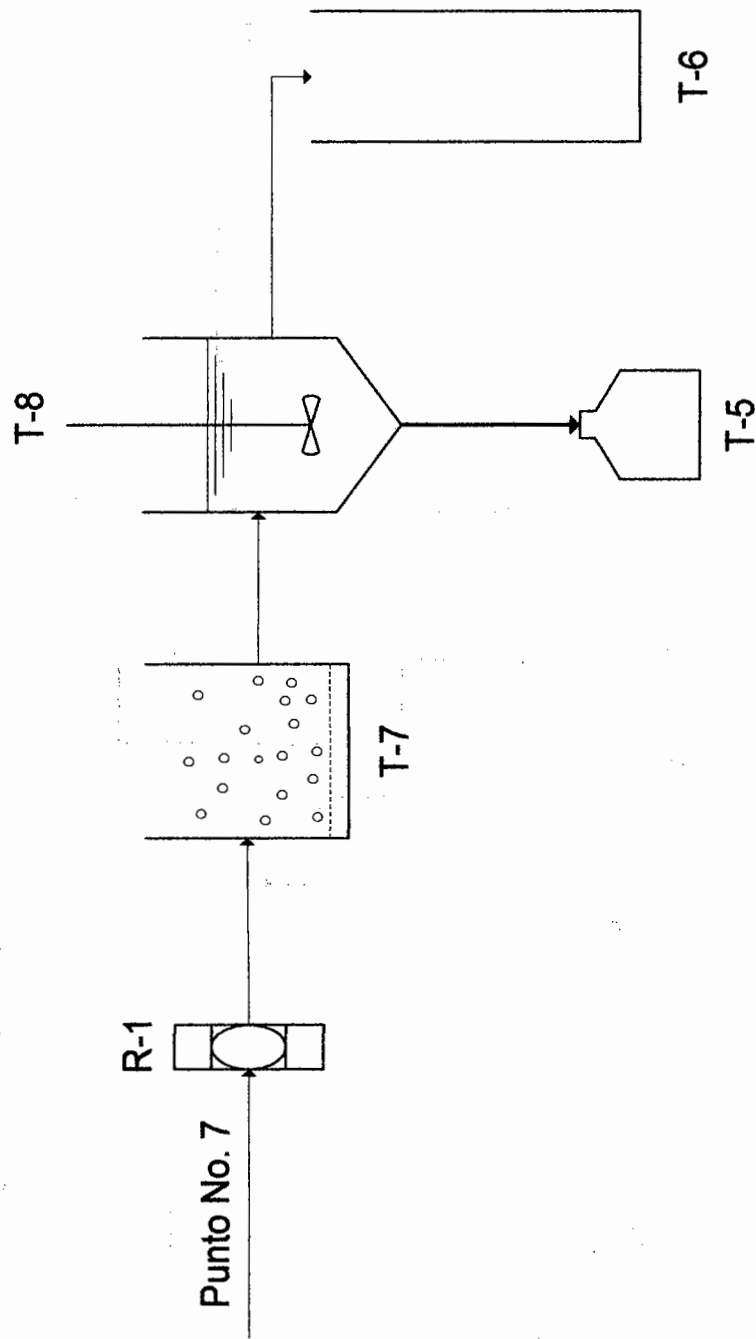


Figura 144. Tratamiento de aguas residuales propuesto para el punto No. 7



5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los puntos de muestreo fueron adecuados para la toma de muestras representativas, las características más importantes que se buscaban en estos era un buen mezclado de las aguas, esto se lograba debido a la caída del flujo desde el canal hasta la caja de recolección. Otro factor de importancia era el fácil acceso que presentaban los puntos elegidos.

Debido a que en la empresa se realizaron trabajos de ampliación y modernización quedaron inhabilitados los puntos de muestreo 3 y 5, por lo que no se pudo realizar los 4 monitoreos establecidos para dichos puntos.

Se determinaron los caudales totales de descarga presentados en la tabla V presentándose caudales relativamente grandes, este dato es de gran importancia para poder establecer el tamaño de aguas a tratar, en el diseño es recomendable utilizar el dato máximo para dimensionar la planta.

El mayor caudal de descarga se presenta en el punto 7 el cual corresponde al área de lavandería y tratamiento de aguas para el uso de producción, esto es coherente ya que la cantidad utilizada para el saneamiento de los uniformes y la utilizada para la limpieza de las torres de intercambio iónico son grandes. Otros de los puntos de gran caudal de descarga son el 2 y el 6 correspondientes a las áreas de producción de betalactámicos y de sólidos, líquidos e inyectables.

En el inciso 4.3 se visualiza el comportamiento de los parámetros de calidad, en el caso de los resultados obtenidos para el pH, temperatura y caudal se puede apreciar un comportamiento constante a diferencia de los parámetros que presentan actividad biológica como lo son las Coliformes fecales, DBO₅ y DQO.

Para determinar si el grado de contaminación de los efluentes cumplían con el límite máximo permisible establecido por el ministerio se graficaron los datos promedios y máximos, esto para observar que tanto se desviaban el uno del otro, se debe tomar en cuenta que en el diseño debe dársele mayor importancia a los resultados máximos obtenidos. Este análisis nos reveló que el grado de contaminación del efluente no cumplía para todas las etapas, mostrándose como foco crítico para los parámetros de grasas y aceites, sólidos suspendidos y color el punto 3 correspondiente al área de fabricación de productos veterinarios, como foco crítico para el parámetro de Coliformes fecales corresponde a los baños de producción y para el parámetro de fosforo total los puntos 1 y 2 correspondientes a la bodega de producto terminado y de la fabricación de productos penicilínicos.

Para determinar si el parámetro de DBO₅ cumplía con lo establecido por el acuerdo gubernativo 236-2006 se comparó con dos criterios, el primero era si era menor a 300 kg/día, dicha condición se cumple en todos los efluentes y el segundo de acuerdo al artículo 19 si los efluentes tenían una concentración menor a 200 mg/l, esto no se cumple para todos los efluentes presentándose como foco crítico el punto 3.

Debido a que la concentración de contaminantes presentes en los efluentes exceden lo permitido por la ley se determinó un tratamiento para reducir y controlar los contaminantes presentes, se utilizó la relación DBO₅/DQO la cual nos indica que si la relación es menor a 0.2 no es factible un tratamiento biológico, si la relación está entre 0.2 y 0.4 es factible un tratamiento biológico y si la relación es mayor a 0.4 el efluente es muy biodegradable por lo que se ajusta de manera adecuada un tratamiento biológico. Los resultados de esta relación se aprecian en el apartado 4.3, ninguno de los valores de dicha relación se encuentra por debajo de 0.2 por lo que los efluentes presentan una biodegradabilidad adecuada y por lo tanto son factibles a un tratamiento biológico para mejorar la calidad del efluente.

El tratamiento propuesto consiste en un tratamiento primario para proteger los equipos posteriores de los sólidos de gran tamaño, para esto se propone utilizar rejillas para el desbaste de sólidos de gran tamaño, un tanque de remoción de arenas y grasas, un tanque para homogenizar el caudal y ajustar el pH para adecuarlo al tratamiento biológico, y un vertedero triangular para determinar el flujo del efluente.

La elección del tratamiento biológico se basa en costos, espacio del terreno disponible y manejo del equipo. El tratamiento propuesto es un reactor biológico secuencial SBR que es un proceso modificado para lodos activados, en este se lleva a cabo la degradación de la materia orgánica por los microorganismos y la precipitación posterior en un solo tanque, esto significa un ahorro en el espacio y un ahorro económico debido a la eliminación de los tanques de precipitación posteriores además de la versatilidad en su manejo.

Otro aspecto de gran importancia es que las aguas de tipo ordinario, así como las de tipo especial se trabajaran en dos tratamientos paralelos, esto para reducir el tamaño de los equipos utilizados.

Para el efluente No. 7 se propuso un tratamiento primario separado compuesto por rejillas de desbaste, un tanque de aireación difusa para reducir el DBO₅ y ayudar a la floculación de las partículas, un tanque para neutralizar el pH y dejar que se precipiten los reactivos agregados y los sólidos sedimentables, la elección de esta alternativa se debe a que el efluente cumple para la mayoría de parámetros a excepción del parámetro de DBO₅, por lo que mezclarlo con los otros efluentes podría resultar inconveniente.

La necesidad de proponer un tratamiento terciario no se hace necesario debido al nivel de calidad deseado para los efluentes.

CONCLUSIONES

- 1. Los puntos de muestreo ubicados en las instalaciones de la empresa se ajustan a las condiciones de mezclado y accesibilidad requeridas, para garantizar un muestreo representativo y así determinar el grado de contaminación de los efluentes.**
- 2. La mayor descarga de flujo volumétrico corresponde al área de lavandería y tratamiento de aguas, debido a la gran cantidad de agua empleada para el saneamiento de uniformes y la utilizada en la regeneración de las torres de intercambio iónico. La planta de líquidos, sólidos e inyectables así como la de betalactámicos son otros de los puntos con alta descarga de flujo volumétrico, ya que estos son las partes principales de la producción de la empresa.**
- 3. Los efluentes presentan un comportamiento relativamente constante en los parámetros de caudal, pH y temperatura, a diferencia de los parámetros de coliformes fecales, DBO₅ y DQO que presentan una dispersión de datos relativamente apreciable, debido a que son parámetros dependientes de las reacciones biológicas que presentan los microorganismos.**

4. Algunos parámetros no satisfacen las etapas de cumplimiento, por lo que es necesario la implementación de una solución para reducir y controlar los contaminantes.
5. Se consideran focos críticos de contaminación los efluentes 3 y 1, los cuales no satisfacen las primeras etapas de cumplimiento.
6. El efluente 3 presenta la mayor concentración en ppm de DBO₅, mientras que el punto 6 presenta la mayor carga de DBO₅, debido a una mayor descarga de aguas residuales.
7. Se propuso realizar un tratamiento con efluentes separados de aguas residuales ordinarias y especiales para reducir el tamaño y el espacio de la planta de tratamiento, el punto 7 se separó del resto de efluentes debido a su bajo grado de contaminación, por lo que un tratamiento primario se ajusta para satisfacer el grado de calidad del efluente descargado al pozo de absorción.
8. Se propuso utilizar un reactor biológico secuencial como tratamiento biológico de aguas residuales debido a que este trabajo presenta un ahorro en costos y espacio.

RECOMENDACIONES

- 1. Realizar una inducción para los empleados de la empresa sobre el impacto que tiene el desechar los reactivos de manera inadecuada.**
- 2. Colocar en los vertederos una escala milimétrica para facilitar la medida de los caudales.**
- 3. Capacitar a un grupo de empleados para que efectúen los análisis físico-químicos para tener un control periódico de los parámetros de calidad del agua.**
- 4. Llevar a cabo tres corridas para los análisis de muestras compuestas, con la finalidad de establecer la trazabilidad de los resultados obtenidos.**
- 5. Realizar pruebas de planta piloto para implementar lo antes posible el proceso propuesto en este trabajo de graduación para el tratamiento de las aguas residuales.**

REFERENCIAS

1. Antonio Rodríguez Fernández et. al. **Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales**. Comunidad de Madrid, consejería de educación. España 1998. Pp. 21, 23, 31-34, 37-39.
2. C. María Luisa de Esparza. **Procedimientos simplificados de análisis químicos en aguas residuales**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud. Lima 1995.
3. Luis García Gutiérrez. **Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado**. Centro Español de Metrología. C/del Alfar, 228760 TRES CANTOS MADRID, pp 22,23,29.
4. MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. **Acuerdo Gubernativo número 236-2006**. Diario de CENTRO AMERICA, pp. 26.
5. N. Kemmer, Frank y McCallion John. **Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones** tomo I México: McGrawHill/interamericana, S.A 1989, pp. 27-58.

Referencias electrónicas

1. http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecanica_de_fluidos_minas/lp6.pdf

QUESTION 1

1.1.1. The following table shows the number of people who attended a concert in each of the five years from 2000 to 2004.

1.1.2. The number of people who attended the concert in 2000 was 1200. Calculate the number of people who attended the concert in 2004.

1.1.3. The number of people who attended the concert in 2001 was 1500. Calculate the number of people who attended the concert in 2003.

1.1.4. The number of people who attended the concert in 2002 was 1800. Calculate the number of people who attended the concert in 2004.

1.1.5. The number of people who attended the concert in 2003 was 2100. Calculate the number of people who attended the concert in 2005.

QUESTION 2

2.1.1. The following table shows the number of people who attended a concert in each of the five years from 2000 to 2004.

BIBLIOGRAFÍA

1. AWWA, APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 edición. USA, United Book Press, S.A.
2. Barnes F. George. **Tratamiento de aguas negras y desechos industriales**. México: Hispanoamérica, 1967. 172pp.
3. CRITES R. Y TCHOBANOGLOUS G. **Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones**. . Colombia: Mc Graw Hill. 2000. 165pp.
4. Falcón, Cesar. **Manual de tratamiento de aguas negras**. México: Editorial Limusa-Wiley, S.A. 1964. 220pp.
5. J. Geankoplis Christie. **Procesos de transporte y operaciones unitarias**. 3a ed. México: Compañía Editorial Continental, 1998. 989pp.
6. R.S. Ramalho. **Tratamiento de aguas residuales**. Mexico: Reverte 1996. 697pp.

Internet

1. "Tratamiento de aguas residuales"
http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales
Consultado en junio de 2009
2. "Tratamiento biológico"
<http://www.monografias.com/trabajos11/agres/agres.shtml>
Consultado en junio de 2009

3. "Tratamiento biológico de aguas residuales"
http://www.engormix.com/tratamiento_biologico_aguas_residuales_s_articulos_1481_AVG.htm
Consultado en agosto de 2009

4. "Muestreo de aguas residuales"
http://www.cegesti.org/agace/presentaciones/08_manual_aguas_muestreo_de_aguas.pdf
Consultado en agosto de 2009

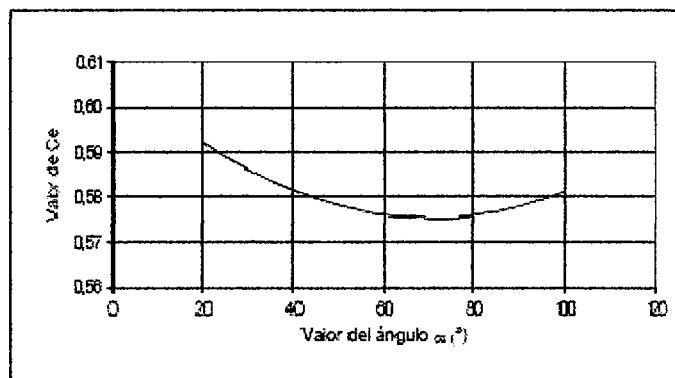
5. "Monitoreo de aguas residuales"
http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Monitoreo_de_Procesos.pdf
Consultado en septiembre de 2009

6. "Manual de muestreo de aguas residuales"
<http://www.slideshare.net/yolichavez/manual-para-el-muestreo-de-aguas-residuales>
Consultado en octubre de 2009

ANEXOS

Anexo 1 Figura utilizada para encontrar el C_e del vertedero triangular

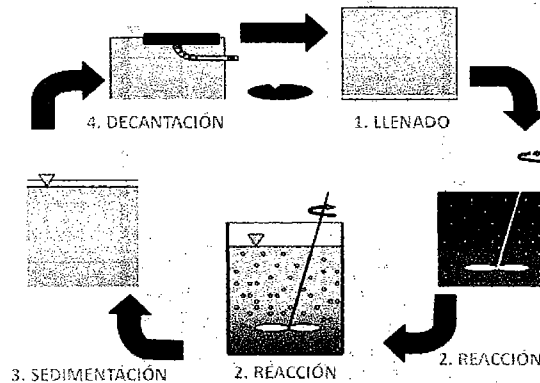
Figura 145. Relación entre C_e y α para vertederos triangulares funcionando en descarga



Fuente: guía para medición de caudales de efluentes industriales

Anexo 2 Etapas de funcionamiento de un reactor biológico secuencial

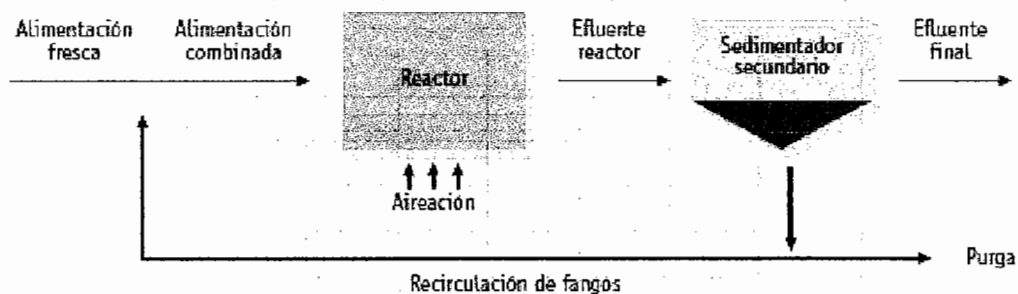
Figura 146. Diagrama de operaciones de un reactor biológico secuencial



Fuente: http://www.adisystemsinc.com/espanol/images/sbr_image_4.jpg

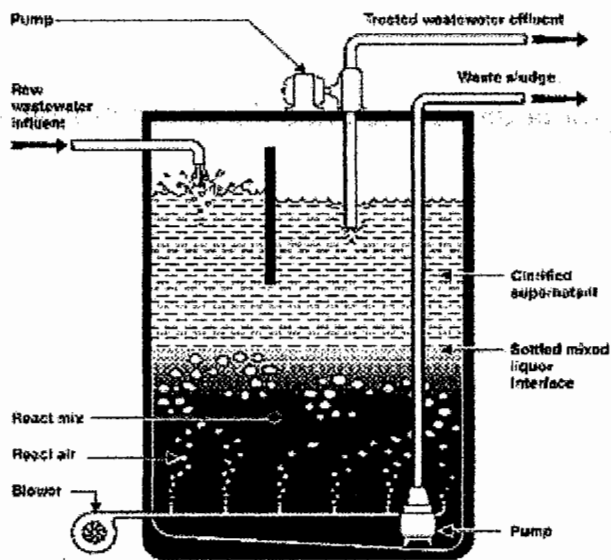
Anexo 3 Proceso de lodos activados

Figura 147. Diagrama del proceso de lodos activados



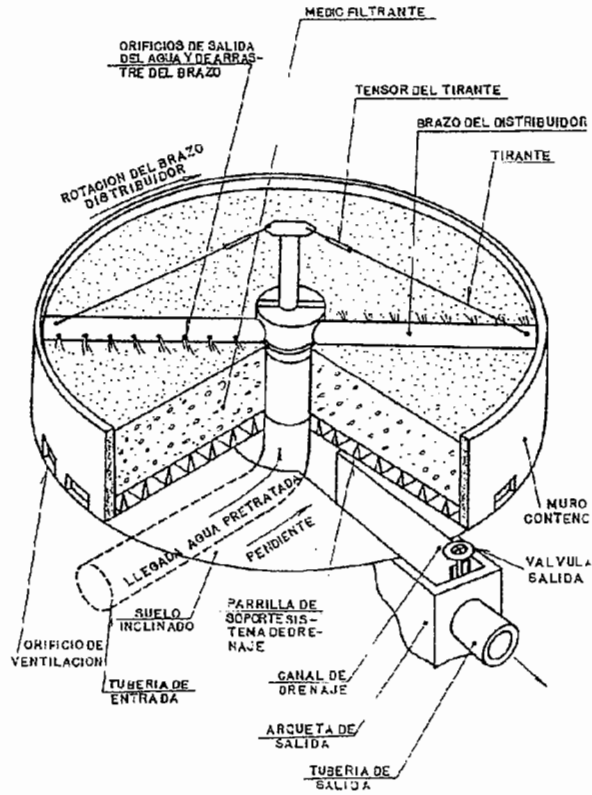
Fuente: tratamientos avanzados

Figura 148: Reactor biológico secuencial



Fuente: <http://www.thewatertreatmentplant.com/gifs/mechanism1.gif>

Figura 149. Filtro percolador



Fuente: "filtro percolador"

<http://www.miliarium.com/Proyectos/Depuradoras/tratamientos/blandos/disen06.gif>

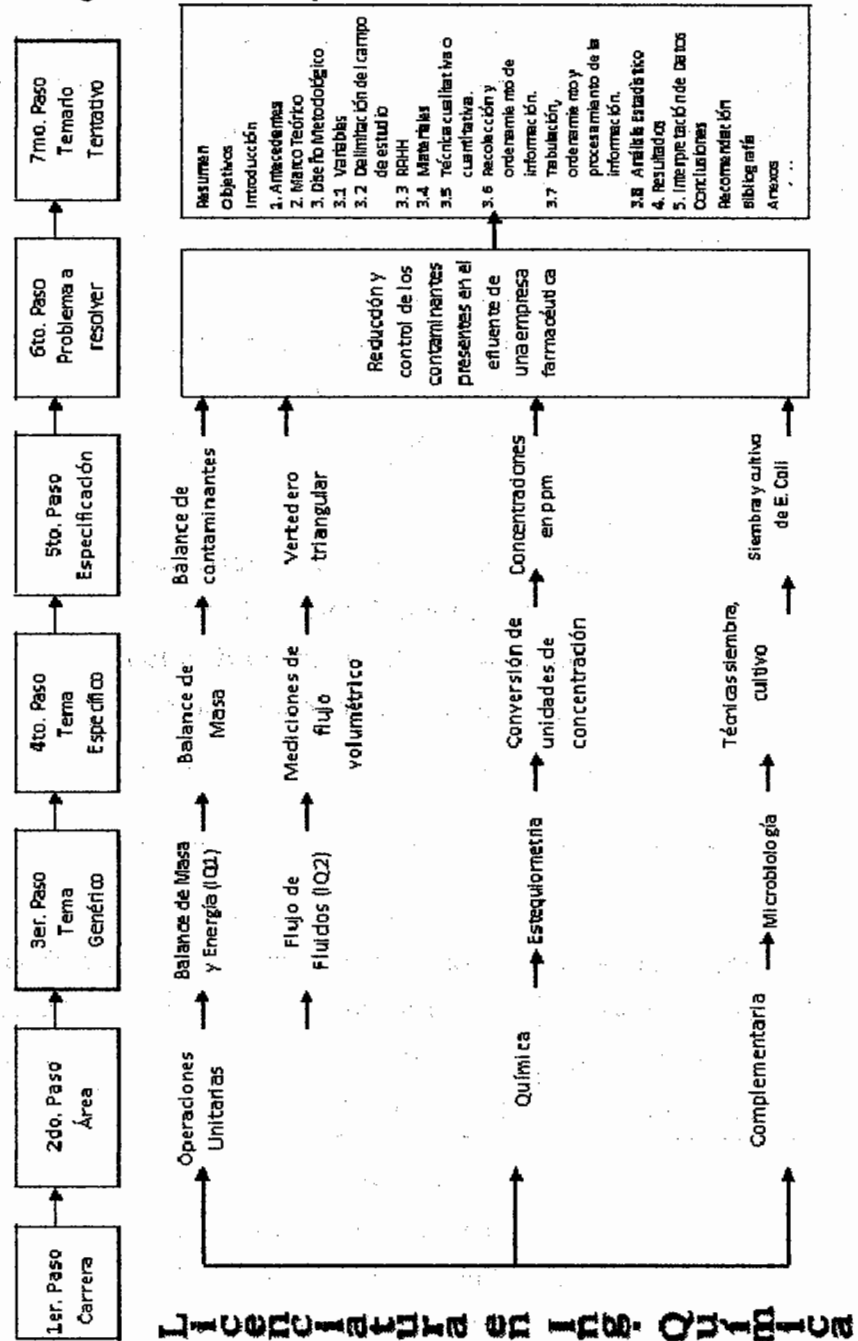
1990-1991

1990-1991

APÉNDICES

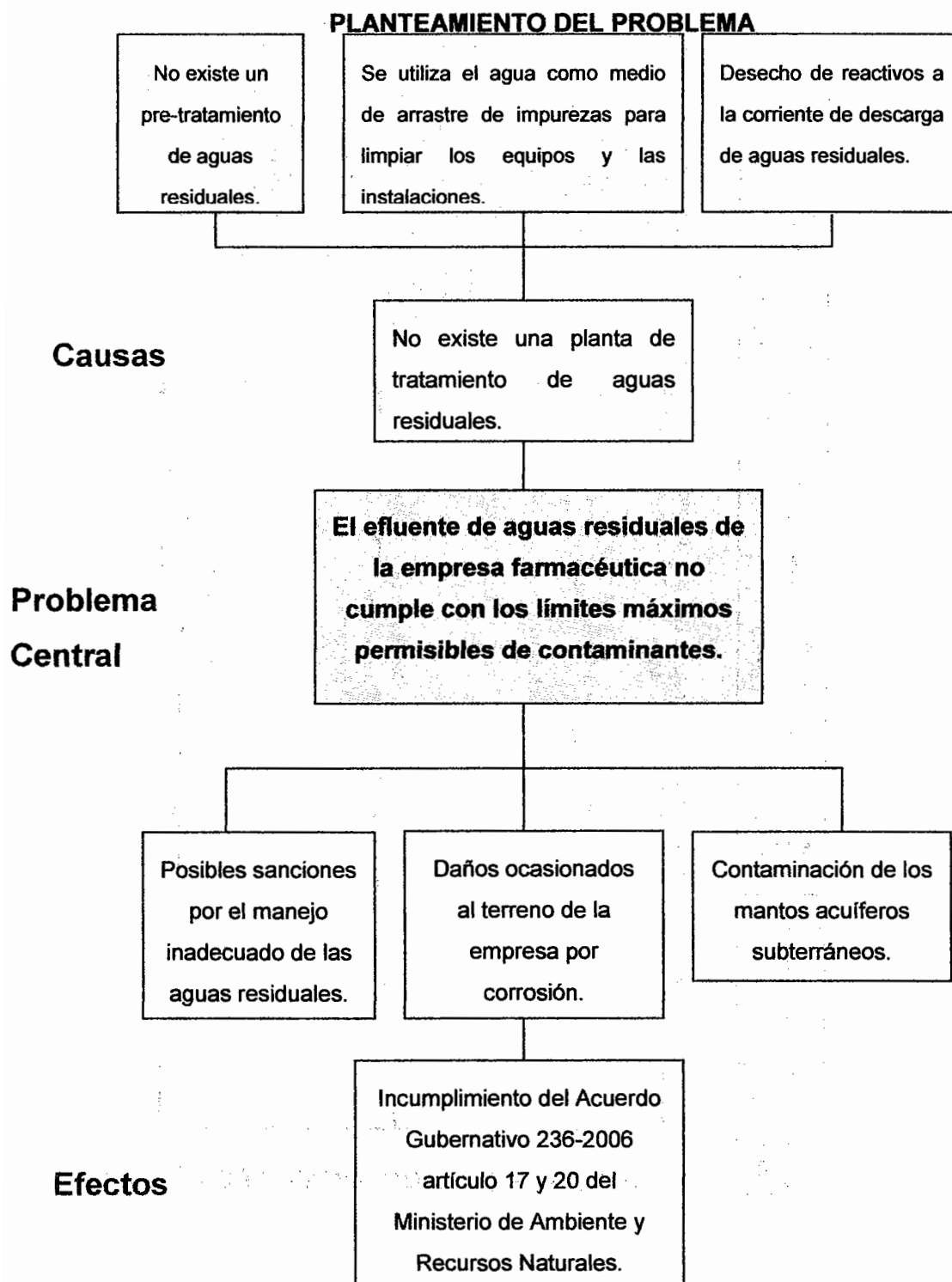
Apéndice 1

Figura 150. Requisitos académicos



Apéndice 2

Figura 151. **Árbol de problema**



Apéndice 3 Muestra de cálculo

Cálculos de caudal

El caudal se cálculo utilizando la ecuación 1:

$$Q = C_e * \frac{8}{15} * \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \sqrt{2 * g} * h_e^{3/2}$$

Ecuación 1.

Q = Caudal volumétrico de descarga (l/s).

Ce = Coeficiente de descarga.

g = Aceleración gravitacional (9.8 m/s²).

α = Ángulo del vertedero.

He = carga en la sección de medición (m.)

Ejemplo:

Monitoreo 1, punto 1

El coeficiente de descarga se obtuvo de la figura 156 Anexos 2

$$Q = 0.579 * 8/15 * \operatorname{Tg}(90/2) * \sqrt{2 * 980} * 0.014^{5/2}$$

$$Q = 0.033 \text{ l/s}$$

Nota: los resultados calculados de caudal se encuentran en el apéndice 4 Págs. 242-249

Cálculo de sólidos suspendidos

La concentración de sólidos suspendidos se calculó utilizando la ecuación 2

$$SS = \frac{W2-W1}{Vm} * 1000 \quad \text{Ecuación 2.}$$

SS = concentración de sólidos suspendidos (mg/l)

W1 = Peso de la porcelana y el papel filtro al inicio del análisis.

W2 = Peso de la porcelana y el papel filtro al final del análisis.

Vm = volúmen de muestra.

Nota: los resultados calculados de sólidos suspendidos se encuentran en el apéndice 4 Págs. 252,253

Cálculo de grasas y aceites

La concentración de grasas y aceites se calculó utilizando la ecuación 3

$$GA = \frac{P2-P1}{vm} * 1000 \quad \text{Ecuación 3}$$

GA = concentración de grasas y aceites (mg/l)
 P1 = peso del matraz libre de humedad antes de la extracción (g).
 P2 = peso del matraz después de la extracción y el secado (g).
 Vm = volúmen de la muestra filtrada (L).

Nota: los resultados calculados de sólidos suspendidos se encuentran en el apéndice 4 Págs. 254,255.

Balance de masa

Se realizó un balance de masa para los puntos de mezclado de las aguas ordinarias y de las aguas especiales.

Las ecuaciones para aguas ordinarias son las siguientes:

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_4 + Q_5 + Q_8 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$X_{it} = \frac{Q_1 X_{i1} + Q_4 X_{i4} + Q_5 X_{i5} + Q_8 X_{i8}}{Q_{tot}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Las ecuaciones para aguas especiales son las siguientes:

$$Q_{tot} = Q_2 + Q_3 + Q_6 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$X_{it} = \frac{Q_2 X_{i2} + Q_3 X_{i3} + Q_6 X_{i6}}{Q_{tot}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Q_{tot} = caudal total después del punto de mezclado (l/s)

X_{it} = concentración total del contaminante i (mg/l)

X_i = concentración del contaminante i (mg/l)

Nota: El balance de materia se presenta en el Apéndice 5

Págs. 256-259

Apéndice 4 Recolección de datos de campo

Tabla LXVII. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:47	7.33	21.8	2.50	0.033
11:17	7.17	21.9	2.40	0.029
11:49	7.21	21.7	2.40	0.029
12:29	7.27	21.9	3.30	0.070
14:38	7.20	21.3	1.60	0.011
15:15	7.26	21.6	1.60	0.011
15:54	7.29	21.6	3.10	0.058
16:44	7.25	21.4	1.60	0.011
17:22	7.25	21.2	1.30	0.006
17:50	7.26	20.9	1.20	0.005
18:15	7.29	20.8	1.20	0.005

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXVIII. Monitoreo No. 1

Recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:22	6.98	26.7	5.0	0.19
11:59	6.64	27.3	3.3	0.07
12:15	6.68	26.9	3.9	0.10
12:30	6.97	26	4.2	0.12
14:11	6.66	26.8	3.9	0.10
14:48	6.86	26.5	4.4	0.14
15:25	6.81	26.4	4.3	0.13
16:03	6.4	28.1	5.2	0.21
16:50	6.38	27.9	5.1	0.20
17:24	6.66	27.2	4.7	0.16
17:55	6.9	26.9	4.3	0.13
18:17	6.8	26.7	3.9	0.10
18:45	6.9	26.5	3.1	0.06

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXIX. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:00	7.5	23.0	2.0	0.020
10:30	7.2	22.5	2.1	0.021
11:00	8.0	22.4	2.0	0.020
11:30	7.1	24.0	1.8	0.014
12:00	7.3	22.3	3.7	0.090
12:30	8.0	22.6	1.6	0.011
13:00	7.2	23.5	1.5	0.010
14:30	6.8	23.0	2.1	0.022
15:00	7.1	21.3	1.5	0.010
15:30	7.3	24.3	2.7	0.040
16:00	7.4	22.5	1.2	0.005
16:30	8.1	21.0	0.9	0.003

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXX. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:35	8.00	25.0	1.54	0.010
12:00	7.75	25.1	3.15	0.060
12:25	7.10	24.0	3.44	0.075
12:45	8.20	24.1	3.53	0.080
14:30	7.40	24.2	3.06	0.056
15:00	7.70	23.2	3.21	0.063
15:35	8.10	22.0	3.49	0.078
16:15	7.20	21.5	3.53	0.080
16:55	7.40	22.5	3.31	0.068
17:30	8.10	22.6	3.70	0.090
17:58	7.77	23.8	3.65	0.087
18:20	7.90	23.9	3.75	0.093

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXI. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:18	6.8	24.0	4.54	0.15
11:35	6.2	24.6	4.15	0.12
12:20	5.2	25.0	4.42	0.14
12:50	5.3	24.3	4.01	0.11
14:15	5.5	25.1	3.86	0.10
14:52	5.3	25.2	4.66	0.16
15:32	5.5	24.8	4.42	0.14
16:10	6.2	24.2	4.15	0.12
16:45	5.1	25.0	4.29	0.13
17:26	5.6	24.8	4.54	0.15
17:58	5.5	23.9	4.29	0.13
18:27	6.1	24.6	4.29	0.13
18:47	6.8	24.0	4.54	0.15

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXII. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
9:22	6.70	25.0	5.91	0.29
10:59	6.15	24.3	6.15	0.32
11:15	6.20	24.2	6.51	0.37
12:35	6.10	24.5	7.04	0.45
13:21	6.00	25.1	6.85	0.42
14:48	6.18	25.3	6.58	0.38
15:35	6.10	24.2	6.30	0.34
16:13	5.90	24.1	5.83	0.28
16:50	5.80	23.9	6.44	0.36
17:44	6.09	24.6	6.65	0.39
18:55	6.10	24.5	6.44	0.36

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXIII. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
9:38	7.56	24.0	7.04	0.45
10:39	8.12	24.4	6.92	0.43
11:15	8.8	25.0	7.46	0.52
12:30	8.9	24.2	7.80	0.58
13:11	9.01	24.1	7.63	0.55
14:45	8.85	23.9	7.74	0.57
15:25	8.82	25.2	7.90	0.60
16:05	9.10	24.1	7.58	0.54
16:55	9.50	23.8	7.80	0.58
17:22	8.81	23.5	7.41	0.51
18:00	8.90	24.0	7.69	0.56
18:27	9.30	24.1	6.92	0.43
18:45	7.56	24.0	7.04	0.45

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXIV. Monitoreo No. 1 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:12	7.32	24.7	3.53	0.08
11:39	7.5	25.6	3.70	0.09
12:25	7.28	26	4.15	0.12
12:50	7.13	24.6	4.42	0.14
14:15	8.12	24.2	4.29	0.13
14:52	7.25	25.8	4.54	0.15
15:35	7.11	25.6	4.66	0.16
16:13	7.34	25.9	4.15	0.12
16:55	6.78	26.6	4.42	0.14
17:28	8.01	25.2	4.01	0.11
17:55	7.02	25.3	3.70	0.09
18:17	7.33	25.5	4.42	0.14
18:35	7.32	24.7	3.53	0.08

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXV. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1.

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
07:45	7.82	22.5	1.5	0.010
09:29	7.58	22.7	1.8	0.015
10:01	7.8	22.7	1.8	0.015
10:45	8.17	23.2	4.4	0.138
12:00	8.72	23.3	4.4	0.138
13:00	7.89	23.3	4.4	0.138
14:10	8.75	23.1	4.4	0.138
14:45	9.06	23.0	2.6	0.036
15:26	8.82	22.9	1.5	0.010
16:31	8.84	22.8	2.6	0.036
17:23	8.9	22.6	2.0	0.020

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXVI. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:00	7.14	24.9	4.7	0.160
09:32	6.67	24.7	4.7	0.160
10:05	6.69	24.4	6.8	0.410
10:50	7.22	25.0	4.7	0.160
12:05	7.23	24.8	6.8	0.410
13:05	7.28	25.0	6.8	0.410
14:18	7.31	26.8	3.9	0.10
15:00	7.94	25.2	4.2	0.120
15:30	8.12	25.3	4.4	0.140
16:39	7.72	25.8	4.0	0.110
17:27	8.21	26.6	6.3	0.340
18:05	8.17	25.3	4.2	0.120
18:43	7.80	25.1	2.1	0.021

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXVII. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:37	7.32	22.16	1.5	0.010
09:35	7.5	22.66	3.7	0.090
10:08	7.28	22.6	1.5	0.010
10:58	7.13	22.9	1.8	0.015
12:10	8.12	23.8	1.5	0.009
13:10	7.25	23.8	1.9	0.018
14:28	7.11	23.9	1.5	0.010
15:05	7.34	23.9	1.8	0.014
15:38	6.78	23.42	1.2	0.005
16:42	8.01	22.8	0.8	0.002
17:34	7.02	21.5	2.1	0.021

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXVIII. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:45	7.62	24.0	5.7	0.260
09:44	7.44	24.4	5.7	0.260
10:10	7.65	24.5	8.1	0.630
11:00	9.43	24.5	5.7	0.260
12:15	8.18	24.3	8.1	0.630
13:15	8.43	24.3	8.1	0.630
14:37	8.15	25.0	4.4	0.135
15:10	8.15	24.9	5.1	0.200
15:52	9.8	24.5	5.3	0.220
16:40	8.91	24.6	4.7	0.160
18:11	8.92	24.8	7.5	0.520
18:50	8.89	24.7	6.4	0.260

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXIX. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5.

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:32	6.05	24.42	3.5	0.080
09:41	5.83	24.52	4.0	0.110
10:18	6.00	24.8	2.7	0.040
11:19	6.10	25	2.6	0.036
12:15	6.10	25	2.4	0.030
13:20	6.25	25	4.9	0.180
14:32	6.80	25.6	6.0	0.300
15:15	6.83	25.3	6.7	0.390
15:42	7.07	24.9	6.5	0.370
16:47	6.95	25.3	1.3	0.007
17:34	6.92	25.3	0.8	0.002

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXX. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:03	7.35	23.2	5.7	0.27
09:48	7.42	23.1	6.3	0.34
10:47	6.9	23.1	6.9	0.42
11:21	7.72	24	6.4	0.36
12:24	7.31	24	6.4	0.35
13:25	7.29	23.8	6.3	0.34
14:42	7.32	24.3	6.5	0.37
15:18	7.23	24	6.9	0.43
15:59	7.28	23.9	6.1	0.31
16:57	7.3	24	6.5	0.37
17:40	7.09	23.3	6.6	0.38
18:23	8.32	23.4	6.7	0.39
18:53	8.4	23.4	5.7	0.27

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXI. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:18	6.1	24.55	6.9	0.420
09:52	6.53	23.64	6.6	0.380
10:23	5.7	23.92	12.5	1.880
11:21	5.65	25.8	14.3	2.630
12:28	5.5	25.56	7.2	0.480
13:30	5.63	25.60	7.2	0.480
14:50	5.43	25.00	1.3	0.006
15:24	5.72	24.70	3.9	0.100
16:10	5.68	24.83	1.3	0.006
17:05	5.3	24.58	1.3	0.006

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXII. Monitoreo No. 2 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:14	8.38	25.1	2.7	0.04
09:50	8.15	24.8	4.4	0.14
10:21	8.1	25.2	4.5	0.15
11:28	8.35	24.9	5.0	0.19
12:20	8.45	25.1	4.4	0.14
13:20	8.42	25.1	5.6	0.25
14:45	8.68	24.9	4.0	0.11
15:20	8.69	24.5	4.5	0.15
16:05	8.7	24.6	3.7	0.09
17:00	8.67	24.7	3.7	0.09
17:42	8.65	24.7	5.0	0.19
18:26	8.7	24.7	2.9	0.05
19:01	8.64	24.7	2.0	0.019

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXIII. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:05	7.70	20.70	3.5	0.08
10:05	7.77	20.95	0.0	0
11:25	7.89	20.95	2.0	0.020
12:25	7.95	21.30	1.2	0.005
14:00	8.08	21.20	2.1	0.022
15:00	8.1	20.60	0.0	0
16:00	7.99	20.40	2.0	0.020
17:00	9.06	20.40	2.0	0.020

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXIV. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:36	6.28	24.6	4.2	0.12
10:35	6.6	24.2	4.5	0.15
11:42	6.29	24.4	5.7	0.26
12:30	6.55	24.2	2.0	0.02
02:05	6.37	24	4.3	0.13
03:05	6.29	24.3	4.9	0.18
04:20	6.77	24.1	3.7	0.09
05:04	7.7	25.2	5.6	0.25

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXV. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 3

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:19	5.65	22.4	2.6	0.039
10:50	5.89	22.2	2.6	0.039
11:48	6.25	22.2	1.5	0.010
12:35	6.24	23.1	1.5	0.010
14:15	5.99	22.2	1.5	0.010
15:15	5.9	21.5	1.5	0.010
16:25	6.05	21.7	1.5	0.010
17:25	5.96	21.6	1.5	0.010

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXVI. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:58	7.56	24.1	1.5	0.01
10:58	7.88	24.3	2.4	0.03
11:58	7.88	24.3	2.7	0.04
12:40	7.89	24.2	8.5	0.73
14:20	7.72	23.4	1.5	0.01
15:20	7.73	23.7	2.7	0.04
16:30	7.57	23.7	1.5	0.01
17:07	7.95	23.2	3.1	0.06

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXVII. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 5

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:33	4.72	24.5	3.56	0.082
10:45	4.7	20.8	2.68	0.040
11:55	5.45	25.2	3.53	0.080
12:45	5.36	25.2	3.62	0.085
14:29	6.17	24.7	3.56	0.082
15:32	6.18	24.7	3.58	0.083
16:30	6.35	24.2	3.44	0.075
17:10	6.22	24.5	3.53	0.080

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXVIII. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:27	5.99	19.0	6.3	0.34
11:07	6.22	23.0	6.7	0.40
12:05	6.28	23.1	1.5	0.01
12:50	5.88	23.1	1.5	0.01
14:40	5.86	22.9	3.3	0.07
15:45	5.8	22.0	4.4	0.14
16:40	6.25	22.8	6.1	0.32
17:15	6.38	22.3	5.8	0.28

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla LXXXIX. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:35	9.3	22.2	6.7	0.40
09:45	9.39	22.2	6.8	0.41
11:24	9.05	23	6.5	0.37
12:43	9.1	23.8	4.2	0.12
13:45	9.14	23.5	1.5	0.01
14:40	9.12	23.6	2.9	0.05
15:50	7.65	24.2	12.4	1.86
16:55	7.55	23.2	5.1	0.20
17:20	7.66	23.8	3.9	0.10
18:00	7.55	24.1	3.9	0.10

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XC. Monitoreo No. 3 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
08:47	6.70	24.6	4.0	0.110
09:50	7.20	24.4	4.0	0.110
11:30	7.52	24.8	2.9	0.050
12:15	7.58	24.5	3.6	0.083
13:50	7.74	24.6	2.9	0.05
14:48	7.69	24.6	3.5	0.078
15:55	7.60	24	4.3	0.130
16:55	7.56	24.1	3.3	0.069
17:25	7.66	23.7	3.5	0.078

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCI. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 1

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:40	8.9	21.6	5.0	0.190
10:40	8.72	23.2	2.4	0.030
12:20	8.62	23.5	1.3	0.006
14:27	8.84	23.3	3.1	0.060
16:28	8.99	22.3	2.4	0.030
17:18	8.55	22.5	2.7	0.040

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCII. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 2

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:50	7.87	26.4	7.3	0.49
10:50	7.88	26.6	6.8	0.41
12:35	8.24	28.1	5.2	0.21
14:43	8.05	25.7	6.1	0.31
16:33	8.83	25.6	4.2	0.12
17:21	8.9	26.0	4.2	0.12
18:20	8.44	26.4	4.2	0.12

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCIII. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 4

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:00	8.37	24.3	3.1	0.060
11:00	8.62	25.5	3.3	0.070
12:40	8.07	24.1	1.5	0.010
14:50	8.1	24.5	1.5	0.010
15:39	9.8	23.7	2.4	0.030
17:28	8.55	24.5	3.1	0.060
18:25	8.6	25.2	1.1	0.004

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCIV. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 6

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:30	7.12	24.1	7.1	0.46
11:30	8.11	26.3	7.6	0.54
12:52	8.17	26.1	3.3	0.07
15:00	7.85	25.5	1.5	0.01
16:57	7.25	24.6	3.9	0.1
17:40	7.31	24.5	2.4	0.03
18:40	7.92	24.9	1.5	0.01

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCV. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 7

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
09:45	12.69	27.6	12.4	1.86
11:47	10.42	26.0	2.4	0.03
13:00	10.22	25.7	2.9	0.05
15:10	9.89	24.3	7.4	0.51
17:05	9.40	23.3	3.1	0.06
18:50	9.65	23.5	2.4	0.03

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

Tabla XCVI. Monitoreo No. 4 recolección de pH, temperatura y altura del vertedero de las aguas residuales en el punto de muestreo No. 8

Tiempo (Hora:minuto)	pH	Temperatura (°C)	Altura en el vertedero (cm)	Caudal (l/s)
10:00	8.00	26.1	4.2	0.12
11:53	8.18	26.6	3.7	0.09
13:00	8.16	27.3	4.3	0.13
15:05	8.15	26.9	3.7	0.09
16:50	8.28	24.2	3.7	0.09
17:49	8.34	24.6	4.3	0.13
18:59	8.85	25.4	3.1	0.06

Fuente: Trabajo de campo/ muestra de cálculo

**Tabla XCVII. Presencia de materia flotante
monitoreo No. 1**

Presencia de materia flotante		
Punto de muestreo	Presente	No presente
1	X	
2	X	
3		X
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8	X	

Fuente: Trabajo de campo

**Tabla XCVIII. Presencia de materia flotante
monitoreo No. 2**

Presencia de materia flotante		
Punto de muestreo	Presente	No presente
1		X
2	X	
3	X	
4		X
5	X	
6	X	
7		X
8		X

Fuente: Trabajo de campo

Tabla XCIX. Presencia de materia flotante
monitoreo No. 3

Presencia de materia flotante		
Punto de muestreo	Presente	No presente
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8	X	

Fuente: Trabajo de campo

Tabla C. Presencia de materia flotante
monitoreo No. 4

Presencia de materia flotante		
Punto de muestreo	Presente	No presente
1	X	
2	X	
3	-	-
4	X	
5	.	.
6	X	
7		X
8	X	

Fuente: Trabajo de campo

**Tabla CI. Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos
monitoreo No. 1**

Pto. de muestreo	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Volumen muestra (l)
1	72.1110	72.1226	0.05
2	72.1100	72.1131	0.05
3	72.1150	72.1208	0.05
4	72.1070	72.1101	0.05
5	72.1040	72.1104	0.05
6	72.1200	72.1231	0.05
7	72.1180	72.1203	0.05
8	72.1120	72.1269	0.05

Fuente: Trabajo Experimental

**Tabla CII. Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos
monitoreo No. 2**

Pto. de muestreo	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Volumen muestra (l)
1	72.115	72.1184	0.05
2	72.13	72.1383	0.05
3	72.116	72.1401	0.05
4	72.125	72.1294	0.05
5	72.136	72.1455	0.05
6	72.145	72.1516	0.05
7	72.115	72.1168	0.05
8	72.118	72.1220	0.05

Fuente: Trabajo Experimental

**Tabla CIII. Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos
monitoreo No. 3**

Pto. de muestreo	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Volumen muestra (l)
1	72.111	72.1171	0.05
2	72.125	72.1297	0.05
3	72.145	72.1467	0.05
4	72.118	72.1216	0.05
5	72.107	72.1174	0.05
6	72.103	72.1152	0.05
7	72.122	72.1237	0.05
8	72.115	72.1203	0.05

Fuente: Trabajo Experimental

**Tabla CIV. Recolección de datos para el cálculo de sólidos suspendidos
monitoreo No. 4**

Pto. de muestreo	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Volumen muestra (l)
1	72.209	72.2147	0.05
2	72.115	72.1268	0.05
3	72.209	-	-
4	72.147	72.1603	0.05
5	72.159	-	-
6	72.198	72.2011	0.05
7	72.156	72.1583	0.05
8	72.111	72.1148	0.05

Fuente: Trabajo Experimental

**Tabla CV. Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas
monitoreo No. 1**

Pto. de muestreo	Volumen de la muestra (l)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	0.8	756.2600	756.2664
2	0.8	758.4500	758.4588
3	0.8	762.4300	762.4332
4	0.8	777.5400	777.5432
5	0.8	765.5600	765.5674
6	0.8	754.6501	754.6724
7	0.8	756.6502	756.6572
8	0.8	755.4201	755.4312

Fuente: Trabajo Experimental

**Tabla CVI. Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas
monitoreo No. 2**

Pto. de muestreo	Volumen de la muestra (l)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	0.8	765.3401	765.3440
2	0.8	768.5600	768.5728
3	0.8	768.3204	768.5456
4	0.8	768.2205	768.2270
5	0.8	768.2102	768.2228
6	0.8	768.1200	768.1240
7	0.8	768.700	768.7080
8	0.8	768.4401	768.4472

Fuente: Trabajo Experimental

Tabla CVII. Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas

Monitoreo No. 3

Pto de muestreo	Volumen de la muestra (l)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	0.8	768.7600	768.7640
2	0.8	756.5303	756.5460
3	0.8	765.2203	765.2272
4	0.8	756.3400	756.3458
5	0.8	777.3301	777.3436
6	0.8	745.4301	745.4652
7	0.8	768.6501	768.6588
8	0.8	758.3400	758.3520

Fuente: Trabajo Experimental

Tabla CVIII. Recolección de datos para el cálculo de aceites y grasas

monitoreo No. 4

Pto. de muestreo	Volumen de la muestra (l)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	0.8	765.4505	765.4588
2	0.8	766.2300	766.2708
3	0.8	777.1402	-
4	0.8	723.2304	723.2404
5	0.8	732.3201	-
6	0.8	745.1400	745.1576
7	0.8	754.5600	754.5672
8	0.8	756.6700	756.6804

Fuente: Trabajo Experimental

Apéndice 5 Balance de materia en los puntos de mezcla de los efluentes

Figura 152. Balance de masa promedio efluente de aguas ordinarias

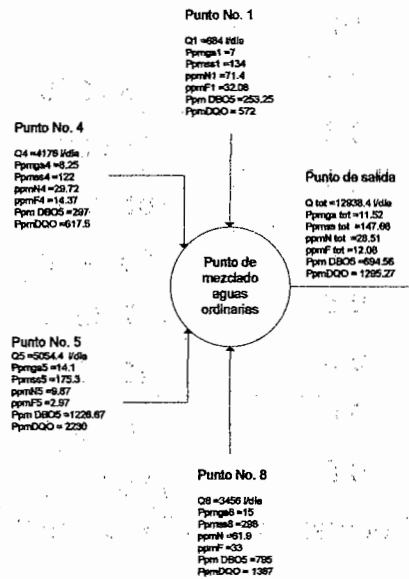


Figura 153. Balance de masa promedio efluente de aguas especiales

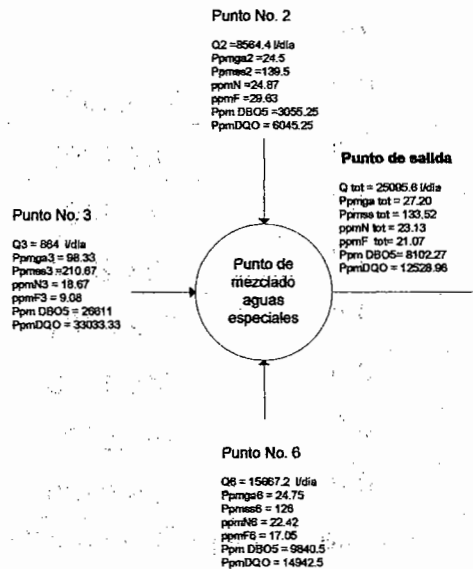


Figura 154. Balance de masa máximo efuente de aguas ordinarias

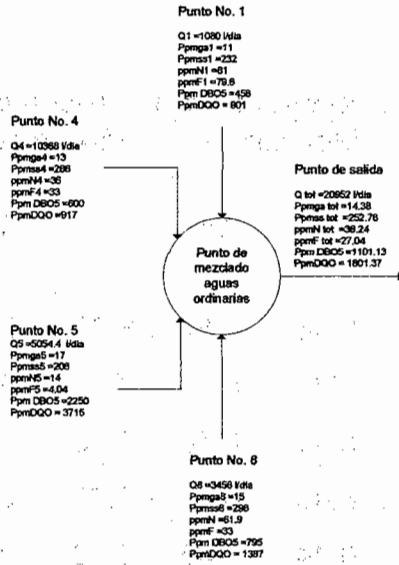
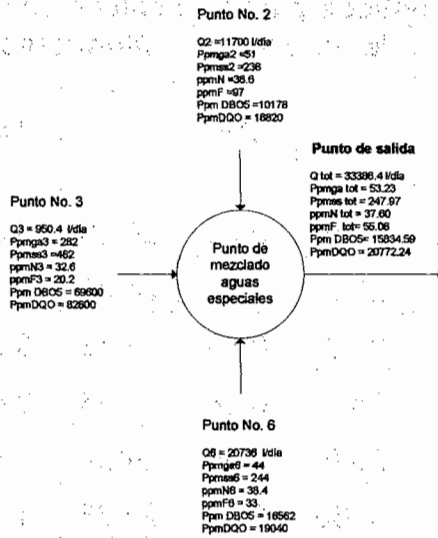


Figura 155. Balance de masa promedio efuente de aguas especiales



Apéndice 6 Datos estadísticos

Tabla CIX. Datos estadísticos para la recolección de pH diario

Punto No.	Monitoreo 1		Monitoreo 2		Monitoreo 3		Monitoreo 4	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
1	7.25	0.045	8.46	0.54	8.08	0.42	8.76	0.17
2	6.74	0.19	7.5	0.53	6.6	0.48	8.31	0.43
3	7.42	0.41	8.41	0.40	5.99	0.20	-	-
4	7.72	0.37	8.43	0.74	7.78	0.15	8.58	0.58
5	5.69	0.58	6.44	0.46	5.63	0.68	-	-
6	6.12	0.227	7.46	0.44	6.08	0.22	7.68	0.44
7	8.7	0.60	5.7	0.35	8.55	0.82	10.38	1.19
8	7.35	0.37	8.5	0.21	7.5	0.33	8.26	0.27

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CX. Datos estadísticos para la recolección de temperatura diaria

Punto No.	Monitoreo 1		Monitoreo 2		Monitoreo 3		Monitoreo 4	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
1	21.5	0.380	22.9	0.28	20.83	0.34	22.8	0.73
2	27.0	0.59	25.3	0.71	24.36	0.38	26.40	0.84
3	22.7	0.97	23.0	0.80	22.13	0.52	-	-
4	23.5	1.14	24.5	0.28	23.86	0.42	24.5	0.62
5	24.6	0.45	25.0	0.35	24.3	1.43	-	-
6	24.52	0.447	23.65	0.41	22.28	1.38	25.14	0.84
7	24.2	0.46	24.8	0.71	23.4	0.71	25.1	1.66
8	25.4	0.67	24.8	0.22	24.37	0.36	25.9	1.18

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXI. Datos estadísticos para la recolección de caudal diario

Punto No.	Monitoreo 1		Monitoreo 2		Monitoreo 3		Monitoreo 4	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
1	0.024	0.022	0.06	0.06	0.02	0.03	0.05	0.07
2	0.132	0.05	0.20	0.14	0.15	0.08	0.25	0.15
3	0.022	0.024	0.019	0.024	0.02	0.01	-	-
4	0.07	0.02	0.36	0.20	0.12	0.25	0.03	0.03
5	0.13	0.02	0.14	0.15	0.08	0.01	-	-
6	0.36	0.05	0.36	0.04	0.20	0.16	0.17	0.23
7	0.53	0.06	0.64	0.89	0.36	0.55	0.42	0.73
8	0.12	0.03	0.12	0.07	0.08	0.08	0.10	0.03

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXII. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.1

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.039	0.020
Temperatura promedio	22.01	1.01
Grasas y aceites	7	3.16
Sólidos suspendidos	134	69.53
Potencial de hidrógeno	8.14	0.65
Coliformes fecales	2535275	3481241.3
DBO ₅	253.3	149.4
DQO	572	219.4
Color	468	154.3
Nitrógeno	71.4	11.7
Fósforo	32.08	36.0

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXIII. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.2

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal Promedio	0.183	0.053
Temperatura promedio	25.77	1.17
Grasas y aceites	24.5	18.05
Sólidos suspendidos	139.5	77.66
Potencial de hidrogeno	7.28	0.80
Coliformes fecales	101273	114455
DBO ₅	3055.25	4760.19
DQO	6045.25	8607.81
Color	197.25	73.8
Nitrógeno	24.875	11.8
Fósforo	29.64	45.19

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXIV. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.3

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.020	0.001
Temperatura promedio	22.6	0.36
Grasas y aceites	98.33	129.89
Sólidos suspendidos	210.67	194.76
Potencial de hidrógeno	7.27	0.99
Coliformes fecales	1.67	0.47
DBO ₅	26611	30548.9
DQO	33033.33	35228.43
Color	2175	1716.73
Nitrógeno	18.67	11.52
Fósforo	9.08	8.12

Tabla CXV. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.4

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal Promedio	0.145	0.15
Temperatura promedio	24.34	0.32
Grasas y aceites	8.25	3.73
Sólidos suspendidos	122	96.60
Potencial de hidrógeno	8.13	0.44
Coliformes fecales	474001	540342
DBO ₅	297	205.1
DQO	617.5	219.19
Color	359.75	132.51
Nitrógeno	29.7	5.02
Fósforo	14.38	14.84

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXVI. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.5

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.35	0.38
Temperatura promedio	24.63	0.35
Grasas y aceites	14.1	4.19
Sólidos suspendidos	175.33	41.97
Potencial de hidrógeno	5.92	0.45
Coliformes fecales	58080	80486.6
DBO ₅	1226.7	916.9
DQO	2230	1318.9
Color	421.3	177.3
Nitrógeno	9.87	5.83
Fósforo	2.97	1.81

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXVII. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.6

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.27	0.10
Temperatura promedio	24.3	1.39
Grasas y aceites	24.8	16.11
Sólidos suspendidos	126	84.96
Potencial de hidrógeno	6.50	0.78
Coliformes fecales	6188.25	11879.7
DBO ₅	9840.5	5197.5
DQO	14942.5	5850.2
Color	589.25	386.2
Nitrógeno	22.43	12.4
Fósforo	17.05	13.4

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXVIII. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.7

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.49	0.12
Temperatura promedio	24.4	0.75
Grasas y aceites	9.75	0.96
Sólidos suspendidos	40.5	6.40
Potencial de hidrógeno	8.38	1.95
Coliformes fecales	276.25	549.17
DBO ₅	500.25	267.97
DQO	819	259.99
Color	241.8	106.8
Nitrógeno	8.9	6.42
Fósforo	11.09	13.92

Fuente: Microsoft Excel

Tabla CXIX. Datos estadísticos para el monitoreo en el punto No.8

Parámetro	\bar{x}	DS
Caudal promedio	0.105	0.02
Temperatura promedio	25.12	0.67
Grasas y aceites	12.75	2.63
Sólidos suspendidos	140	106.2
Potencial de hidrógeno	7.90	0.56
Coliformes fecales	1485023.3	2129665.37
DBO ₅	454	251.89
DQO	832.5	403.96
Color	334	99.70
Nitrógeno	48.3	12.62
Fósforo	19.625	14.74684

Fuente: Microsoft Excel

