

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE  
RIESGO PARA EL MANEJO DE VERTIMIENTOS GENERADOS EN LA PTAR  
SEDE UIS BARBOSA**

**SANDRA MILENA CADENA CAMACHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2015**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE  
RIESGO PARA EL MANEJO DE VERTIMIENTOS GENERADOS EN LA PTAR  
SEDE UIS BARBOSA**

**SANDRA MILENA CADENA CAMACHO**

**Directora**

**LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO**

**M.Sc. Química, Especialista en Química Ambiental**

**Laboratorio Químico de Consultas Industriales – UIS Sede Barbosa**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE QUÍMICA**

**MAESTRÍA EN QUÍMICA AMBIENTAL**

**BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme y darme la fortaleza de continuar cada día y culminar este trabajo.

A mi madre, que con su amor, esfuerzo, sacrificio y ejemplo me ha dado todo lo que ha estado a su alcance para ser todo lo que soy en este momento, gracias mamita se cumplió tu deseo.

A Uriel mi amado esposo, por su comprensión, amabilidad, tolerancia y amor incondicional, gracias mi cielo.

A Yolanda Vargas Fiallo, directora de este trabajo, por sus consejos y compañía en la culminación de esta meta.

A mi amiga Martha Barajas, por su amistad, por su ayuda desinteresada en este trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES	20
3.1 MARCO NORMATIVO VIGENTE	20
3.2 CARACTERIZACION DEL AREA DE INFLUENCIA	24
3.2.1 ÁREA DE INFLUENCIA	24
3.2.1.1 PTAR DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER SEDE BARBOSA	24
3.2.1.2 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER SEDE BARBOSA.	25
3.2.1.2.1 PROYECCIONES DEL CRECIMIENTO DEL ÁREA DE INFLUENCIA	26
3.2.2 MEDIO ABIÓTICO DEL MUNICIPIO DE BARBOSA	27
3.2.2.1 MEDIO ABIÓTICO QUE AFECTA EL MEDIO AL SISTEMA	27
3.2.2.1.1 GEOLOGÍA	27
3.2.2.1.2 GEOMORFOLOGÍA	31
3.2.2.1.3 HIDROLOGÍA	31
3.2.2.1 MEDIO ABIÓTICO QUE AFECTA EL SISTEMA AL MEDIO	32
3.2.2.1.1 USOS DEL AGUA	32
3.2.2.1.2 HIDROGEOLOGÍA	32
3.2.2.1.3 CALIDAD DEL AGUA	32
3.2.2.1.4 SUELOS, COBERTURA Y USOS DEL SUELO	32
3.2.3 MEDIO BIÓTICO	34

3.3 REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS OCURRIDOS EN EL MUNICIPIO DE BARBOSA	34
3.4 PARÁMETROS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA	36
3.4.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	36
3.4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	36
3.4.3 OXÍGENO DISUELTO (OD)	37
3.4.4 PH	37
3.4.5 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	38
3.4.6 TEMPERATURA	38
3.4.7 GRASAS Y ACEITES	38
3.4.8 FÓSFORO TOTAL	39
3.4.9 DUREZA	39
3.4.10 ALCALINIDAD	40
3.4.11 TURBIEDAD	40
3.4.12 CLORUROS	40
3.4.13 GRUPO DEL NITRÓGENO	41
3.4.14 COLIFORMES TOTALES	41
3.4.15 COLIFORMES FECALES	41
3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	42
3.5.1 TRATAMIENTOS PRELIMINARES	42
3.5.2 TRATAMIENTOS PRIMARIOS	43
3.5.3 TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	43
3.5.4 TRATAMIENTOS TERCIARIOS O AVANZADOS	43
3.6 MODELOS EMPLEADOS PARA CUANTIFICAR LA CONTAMINACION DEL AGUA	44
3.6.1 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI)	44
3.6.3 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR TROFIA (ICOTRO)	47
3.6.4 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR PH (ICOPH) .	47
4. METODOLOGÍA	48

4.1. TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS	48
4.2 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	49
4.3 PROCESO DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO	49
4.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS.	50
4.3.2 ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.	52
4.3.3 ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS.	52
4.3.4 ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.	54
4.3.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.	54
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
5.1 PARÁMETROS <i>IN SITU</i>	56
5.2 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LAS AGUAS.	58
5.3 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	63
5.3.1 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALES (ICOMI).	63
5.3.2 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO).	64
5.3.3 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (ICOSUS).	65
5.3.4 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR PH (ICOPH).	66
5.3.5 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR TROFIA.	67
5.4 ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SISTEMA DE VERTIMIENTOS	69
6. PROCESO DE REDUCCIÓN DEL RIESGO ASOCIADO AL SISTEMA DE GESTIÓN DEL VERTIMIENTO	78
7. PROCESO DE MANEJO DEL DESASTRE	83
7.1 PREPARACIÓN PARA LA RESPUESTA	83
7.2 PREPARACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN POST-DESASTRE Y EJECUCIÓN DE LA RESPUESTA	84
8. CONCLUSIONES	86

9. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	91

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa	24
Figura 2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales UIS Sede Barbosa	25
Figura 3. Plano urbanístico de la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa	27
Figura 4. Localización General del Municipio de Barbosa	28
Figura 5. Plano Geológico general	29
Figura 6. Zonas de Riesgo Sísmico	30
Figura 7. Susceptibilidad de deslizamientos en Colombia	34
Figura 8. Metodología aplicada para proceso de Evaluación del Riesgo Ambiental	50
Figura 9. Relación del caudal contra puntos de entrada (1)-salida (2) de la PTAR cada 4h	58
Figura 10. Relación de los índices de contaminación contra puntos de entrada (1)-salida (2) de la PTAR cada 4h y aguas arriba (3) y abajo (4) del vertimiento	68
Figura 11. Niveles de autoridad para atender emergencias como cambios en la calidad de agua de salida de la PTAR.	83

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco legal aplicado al Recurso Hídrico.	21
Tabla 2. Valores máximos permitidos para aguas residuales.	23
Tabla 3. Rangos empleados para la valoración de los ICO'S.	47
Tabla 4. Puntos de monitoreo.	49
Tabla 5. Valoración de la probabilidad de ocurrencia.	52
Tabla 6. Estimación de la Gravedad de las Consecuencias.	52
Tabla 7. Gravedad sobre entorno natural, humano, socioeconómico y cultural.	53
Tabla 8. Niveles de Gravedad de las Consecuencias.	54
Tabla 9. Evaluación del Riesgo Ambiental.	55
Tabla 10. Parámetros in situ, Entrada PTAR (1A, 1B, 1C).	56
Tabla 11. Parámetros in situ, Salida PTAR (2A, 2B, 2C).	57
Tabla 12. Caracterización Físicoquímica del Agua: Entrada y Salida PTAR.	59
Tabla 13. Caracterización Microbiológica de Aguas en el Laboratorio Entrada y Salida PTAR	61
Tabla 14. Caracterización Físicoquímica - Arriba y Abajo del Vertimiento	62
Tabla 15. Caracterización Microbiológica de Aguas Arriba y Abajo del Vertimiento	63
Tabla 16. Índice de Contaminación por Minerales	64
Tabla 17. Índice de contaminación por materia orgánica.	65
Tabla 18. Índice de contaminación por sólidos suspendidos totales.	66
Tabla 19. Índice de contaminación por pH.	67
Tabla 20. Índice de contaminación por trofia.	68
Tabla 21. Lista de chequeo para el diagnóstico inicial de la PTAR.	70
Tabla 22. Clasificación de los Riesgos y su Probabilidad de Ocurrencia.	72
Tabla 23. Matriz de Probabilidad, Gravedad y Valoración del Riesgo.	73
Tabla 24. Matriz de Estimación del Riesgo Ambiental.	74
Tabla 25. Riesgo Ambiental Entorno Natural.	75

Tabla 26. Riesgo Ambiental Entorno Socioeconómico y Cultural.	75
Tabla 27. Riesgo Ambiental Entorno Humano.	75
Tabla 28. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Capacitación.	79
Tabla 29. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Monitoreo de la calidad del agua.	80
Tabla 30. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Evaluación de la infraestructura y mantenimiento.	81
Tabla 31. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto.	82

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. FOTOGRAFIAS DE LOS SITIOS MONITOREADOS .....	91
Anexo B. Amenazas Operativas .....	95
Anexo C. Amenazas Naturales .....	96
Anexo D. Amenazas de Orden Público y Socio-cultural .....	97
Anexo E. PLANOS ARQUITECTONICOS Y ESTRUCTURALES PTAR SEDE UIS BARBOSA .....	97

## RESUMEN

**TITULO: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO PARA EL MANEJO DE VERTIMIENTOS GENERADOS EN LA PTAR SEDE UIS BARBOSA\***

**Autor: Sandra Milena Cadena Camacho\*\***

**PALABRAS CLAVES: Plan de Gestión de Vertimientos, Amenazas, índices de contaminación**

En la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa se realizó la caracterización fisicoquímica del agua, la determinación de la calidad del agua mediante los índices de contaminación y el plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos líquidos de la PTAR; análisis requeridos para la solicitud del permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental competente-CAS. Para la caracterización de la fuente receptora se realizó un monitoreo de 8 am a 7 pm, en los cuales se recolectaron datos físico-químicos de cuatro puntos: entrada y salida de PTAR; aguas arriba y abajo del vertimiento. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander.

En el diseño del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos líquidos, se tomó como base los términos de referencia sugeridos por el Decreto 3930 de 2010 (Resolución 2012); se muestra el análisis de riesgo del sistema de vertimiento dirigido a la valoración de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza, estimación del riesgo y medidas de mitigación y prevención para el manejo de desastres para tres escenarios correspondientes al análisis de amenazas internas, externas y ambientales según norma UNE 150008:2008.

La amenaza con mayor riesgo fue el cambio en la calidad del agua, se propuso cuatro medidas para la mitigación de este riesgo: Capacitación del personal, Monitoreo de la calidad del agua, Evaluación de infraestructura de la planta y mantenimiento y Comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto. Este plan de gestión permitirá obtener el permiso de vertimiento correspondiente para cumplir con la normatividad.

\*Trabajo de aplicación

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Luz Yolanda Vargas Fiallo.

## ABSTRACT

**TITULO: PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF WATER AND DESIGN OF THE RISK MANAGEMENT PLAN FOR THE DISCHARGE OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT, WTP, IN THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER AT BARBOSA\***

Author: Sandra Milena Cadena Camacho\*\*

**Keywords: Risk management plan, threath, contamination indexes**

In the Universidad Industrial de Santander at Barbosa, was realized the physico-chemical characterization of the water, determination of the quality of the water through the contamination indexes and the risk management plan for the liquid discharges treatment plant, WTP. This analysis are required by the environmental authority, Corporación Autónoma de Bucaramanga, CAS. For the physico chemical characterization, the sampling was taken from 8 am to 7 pm in four points: the entrance and the exit of the WTP, the upstream and the downstream of the discharge of the WTP. Analysis were performed in the Laboratorio de Consultas Industriales of the Universidad Industrial de Santander.

In the design of the risk management plant, for the discharge of WTP, it was taken as reference the decree 3930 of 2010. It is shown the assessment of the probability of occurrence, estimation of the risks, mitigation and prevention actions for the management for the three scenarios that correspond to the authorization for dumping the discharge of the WTP to the river.

The threat with the higher risk was the change in the quality parameters of the water, it was proposed four actions for the mitigation of this risks: people training, monitoring the quality of the water, evaluation of the infrastructure of the plant and coupling of the WTP with the aqueduct. This management plant will allow obtain the licence of the discharge to fulfill the environmental law in Colombia.

\*\*\*Trabajo de aplicación

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Luz Yolanda Vargas Fiallo.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente y a causa del rápido crecimiento de la industria y la población se ha generado un impacto ambiental profundo, de esta manera se han puesto en peligro en su totalidad los recursos naturales necesarios para la subsistencia de la vida en el planeta; una de las afectaciones más notorias y preocupantes se ha presentado en el agua a causa de la gran cantidad de vertimientos generados por la acción antrópica a pesar del marco legal existente que pretende regular y disminuir la contaminación que amenaza los cuerpos de agua.

Buscar mitigar la contaminación del agua es muy importante. Como parte de esta tarea se debe iniciar la determinación y el análisis de los índices de contaminación que se pueden medir a través de los parámetros básicos de los cuerpos de agua. Los índices de contaminación permitirán cuantificar las condiciones generales de los cuerpos hídricos.

La Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales desde hace cinco (5) años. Los efluentes de la PTAR son vertidos al Río Suárez. Su construcción surgió de la necesidad de cumplir con la normatividad establecida en el Decreto 1594 de 1984 y 3930 de 2010. Estos decretos estipulan los requerimientos normativos y parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales para su vertimiento en cuerpos hídricos.

En la Sede Barbosa se generan diariamente residuos líquidos, que son tratados en la planta PTAR. Desafortunadamente hasta el momento no se había cuantificado la eficiencia del proceso. De esta manera, este trabajo tiene como objetivo cuantificar la capacidad que tiene la planta en cuanto al tratamiento de las aguas residuales y estructurar un plan de gestión de riesgos de vertimientos.

Para cumplir con estos objetivos, se realizaron muestreos a la entrada y salida de la PTAR en un lapso de tres meses y en los puntos del Río Suárez antes y después del punto de vertimiento. Para tal efecto, se tomaron muestras puntuales y compuestas para determinar parámetros como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), pH, Sólidos suspendidos totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos sedimentables, tensoactivos, caudal, temperatura, coliformes totales y fecales. Con algunos de estos parámetros se determinó la calidad del agua en la planta de tratamiento de aguas residuales mediante los índices de contaminación ICO's.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En las diversas actividades de la Universidad Industrial de Santander (UIS) Sede Barbosa se genera una gran variedad de residuos líquidos y sólidos. Estos son de gran importancia no tanto por la cantidad generada sino por los potenciales riesgos para el medio ambiente y la salud, razón por la cual es necesario la caracterización y evaluación de la calidad de los residuos líquidos (Decreto 3930 de 2010).

Adicionalmente, la PTAR no cuenta todavía con una licencia de vertimientos ante la autoridad ambiental competente, en este caso la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Para obtener el permiso se debe proveer un plan de gestión que incluya las acciones y procedimientos a implementar por parte de la Universidad Industrial de Santander para prevenir y reducir los inconvenientes que se puedan presentar durante el tratamiento de las aguas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el plan de gestión de riesgo para el manejo de los vertimientos generados por la UIS Sede Barbosa teniendo en cuenta la caracterización fisicoquímica y el monitoreo sobre la calidad del agua.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Verificar el estado actual del sistema de vertimiento de la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa mediante caracterización fisicoquímica.

Evaluar la capacidad de remoción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) mediante la determinación de los índices de contaminación (ICO'S).

Estructurar un plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos.

### **3. MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES**

Para la realización de la caracterización de las aguas residuales generadas en la Universidad Industrial Sede Barbosa, es indispensable consultar la normatividad vigente aplicable al recurso hídrico; pues se adquiere un conocimiento amplio sobre su uso y disposición final, además de los requerimientos y obligaciones que se requieren al generar aguas residuales.

#### **3.1 MARCO NORMATIVO VIGENTE**

Todas las PTARs están regidas bajo un marco normativo, en cuanto al manejo del recurso hídrico y los vertimientos de las aguas tratadas. En materia de descontaminación, el Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES 3177 DE 2002 define las acciones y lineamientos para el sector de salud y saneamiento básico. En la Tabla 1 se resume la reglamentación relacionada con el recurso hídrico y en la Tabla 2 se encuentran los valores máximos permisibles de sustancias contaminantes en aguas residuales.

**Tabla 1. Marco legal aplicado al Recurso Hídrico.**

<b>Normas Generales</b>	
<b>Constitución política de Colombia</b>	Constitución política de Colombia.
<b>Decreto Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de Recursos Naturales</b>	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al medio ambiente.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se reorganiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
<b>Ley 9 de 1979</b>	Por la cual se dictan medidas sanitarias.
<b>Políticas Nacionales del Medio Ambiente</b>	
<b>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico</b>	Objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico del país en un horizonte de 12 años.
<b>Decreto Ley 373 de 1997</b>	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
<b>Recurso Agua</b>	
<b>Decreto 3100 de 2003</b>	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
<b>Decreto 3440 de 2004</b>	Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.
<b>Resolución 1433 de 2004</b>	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
<b>Resolución 2145 de 2005</b>	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
<b>Autorizaciones y Licencias Ambientales</b>	
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 así como el capítulo II del Título VI - Parte III Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos de Agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
<b>Decreto 4728 de 2010</b>	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
<b>Decreto 2820 de 2010</b>	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
<b>Resolución 1280 de 2010</b>	Por la cual se establece la escala tarifaria para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales,

Fuente: MADVT

**Tabla 1. Marco legal aplicado al Recurso Hídrico (Continuación)**

<b>Resolución 1280 de 2010</b>	permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2.115 SMMLV y se adopta la tabla única para la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el Artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa.
<b>Decreto 1220 de 2005</b>	Por la cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
<b>Decreto 500 de 2006</b>	Por medio del cual se modifica el Decreto 1220 de 2005, reglamentario del Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
<b>Decreto 4742 de 2005</b>	Por el cual se modifica el Artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
<b>Decreto 155 de 2004</b>	Por el cual se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. Modificado en su Artículo 12 por el Decreto 4742 de 2005.
<b>Resolución 0512 de 2007</b>	Por la cual se fija el período de facturación, cobro y recaudo de las tasas por utilización de aguas.
<b>Decreto 872 de 2006</b>	Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.
<b>Resolución 865 de 2004</b>	Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Lineamientos para los permisos de vertimientos.
<b>Decreto 1220 de 2005</b>	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
<b>Resolución 1074 de 1997</b>	Por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos.
<b>Resolución 631 de 2015</b>	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Fuente: MADVT

**Tabla 2. Valores máximos permitidos para aguas residuales.**

Parámetros	Unidades	Decreto 1594 de 1984	Parámetros	Unidades	Decreto 1594 de 1984
<b>DBO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	R>80 %	Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /L	300
<b>DQO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	*	Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	200
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg /L	*	Cloruros	mg /kg	250
<b>pH</b>	Unidades de pH	5-9	Calcio	mg /kg	60
<b>Temperatura</b>	°C	<40 °C	Magnesio	mg /kg	36
<b>Conductividad</b>	µs/cm	*	Coliformes totales	NPM /100 mL	20000
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg /L	R>80 %	Coliformes Fecales	NPM /100 mL	20000
<b>Sólidos totales</b>	mg /L	*	Salmonella	M. O/kg	0
<b>Grasas y aceites</b>	mg /L	R>80 %	Huevos de helminto	Presencia/Ausencia	0
<b>Nitratos</b>	mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	*	Virus entéricos	Presencia/Ausencia	0
<b>Nitritos</b>	mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	*	Plomo	mg Pb/L	0,5
<b>Turbiedad</b>	NTU	*	Cobre	mg Cu/L	3,0
<b>Nitrógeno Amoniacal</b>	mg NH <sub>3</sub> – N/L	*	Mercurio	mg Hg/L	0,02
<b>Nitrógeno total</b>	mg N/L	*	Cromo	mg Cr/L	0,5
<b>Fósforo total</b>	mg P/L	*	Zinc	mg Zn/L	

\* La norma no contempla valores

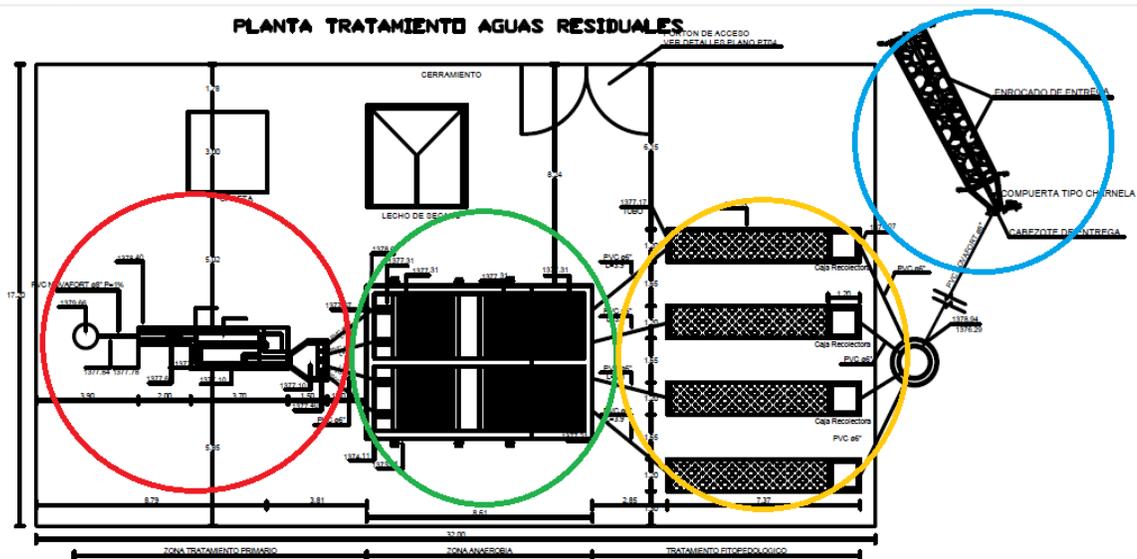
Fuente: Decreto 1594 de 1984

## 3.2 CARACTERIZACION DEL AREA DE INFLUENCIA

### 3.2.1 Área de Influencia

3.2.1.1 PTAR de la Universidad Industrial de Santander sede Barbosa. La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas toma como afluente el agua que ha sido utilizada en las actividades diarias de la Universidad. Este punto es el inicio del proceso de depuración y el efluente es conducido al Río Suárez. La planta cuenta con cuatro (4) zonas principales (Figura 1). La zona limitada con un círculo rojo es el tratamiento de cribado, la zona limitada por un círculo verde corresponde al tratamiento anaerobio, una tercera zona limitada por un círculo amarillo corresponde a un tratamiento fitopedológico y por último, la zona limitada por la línea azul corresponde a un filtro a base de roca.

Figura 1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa



Fuente: Planos de la PTAR Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa.

Las aguas residuales llegan por medio del alcantarillado a la PTAR proveniente de los baños y de la limpieza. Esta agua pasa a través de una rejilla de cribado que facilita la remoción de las partículas de arena y la toma de muestras. Los sólidos

depositados que quedan en la rejilla son removidos en forma manual con un palustre.

El agua es conducida a dos tanques digestores anaeróbicos y sus efluentes son conducidos a un filtro fitopedológico que depura el resto del efluente. Finalmente, hay un enrocado de piedra para una filtración y conducir el efluente a la fuente hídrica. A continuación en la Figura 2, se observa un registro fotográfico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Figura 2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales UIS Sede Barbosa**



Fuente: Autora

3.2.1.2 Universidad Industrial de Santander sede Barbosa. La Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa Sede UIS, inició sus labores en el año de 1998 con sus carreras Tecnológicas. En el año 2002 abrió los Programas del Ciclo Básico en Ingenierías, en las antiguas instalaciones del Colegio Instituto Integrado de Comercio, ubicado en una zona céntrica de este municipio de Barbosa sobre la Carrera 9 con calle 11. En el año 2009, la UIS cambió de sede ubicada a las afueras del municipio de Barbosa, por la antigua vía al corregimiento de Cite, con una excelente ubicación y buenas perspectivas urbanísticas futuras. La sede cuenta con dos edificios, uno de cuatro (4) pisos y treinta (30) aulas y otro que tiene 3 pisos para funciones administrativas.

La zona de influencia corresponde a la comunidad universitaria de la UIS Sede Barbosa, cuyo promedio semestral para 2014 equivale a mil veinte y tres (1.023) usuarios distribuidos así: quinientos (500) estudiantes del Nivel Introdutorio; trescientos cuarenta y ocho (348) estudiantes de los primeros cuatro semestres de las ingenierías: Civil, Industrial, Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Química y Petróleos y noventa y cuatro (94) estudiantes de los programas de educación a distancia en: Tecnología empresarial, Gestión Empresarial y Tecnología en gestión judicial y criminalística. La población incluye también cincuenta y siete (57) docentes que dictan asignaturas en los diferentes programas, catorce (14) empleados administrativos, cuatro (4) empleados de servicios generales, seis (6) empleados de vigilancia. Según las proyecciones para 2015, el proyecto inicia beneficiando a una población de mil ciento quince (1.115) usuarios entre estudiantes, docentes, administrativos y demás comunidad universitaria, con la disposición de la infraestructura física necesaria para el desarrollo de diferentes actividades deportivas y recreativas.

3.2.1.2.1 Proyecciones del crecimiento del área de influencia. Con la excelente acogida por tratarse de una Entidad Pública Universitaria de gran prestigio a nivel regional y nacional se genera una gran demanda de solicitudes de nuevos estudiantes. En los últimos años la UIS Sede Barbosa presenta un comportamiento creciente de su población estudiantil calculada en 5% por semestre, destacándose la oferta educativa en los programas a distancia de Tecnología en Gestión Judicial y Criminalística que empezó a ofrecerse a partir del primer semestre de 2012. Adicionalmente, se planea incluir carreras completas como ingeniería de alimentos, zootecnia y turismo lo que proyectaría un crecimiento del 8% semestral. En la Figura 3 se observa el plano urbanístico de la UIS.

**Figura 3. Plano urbanístico de la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa**



Fuente: Planta Física de la UIS Sede Barbosa

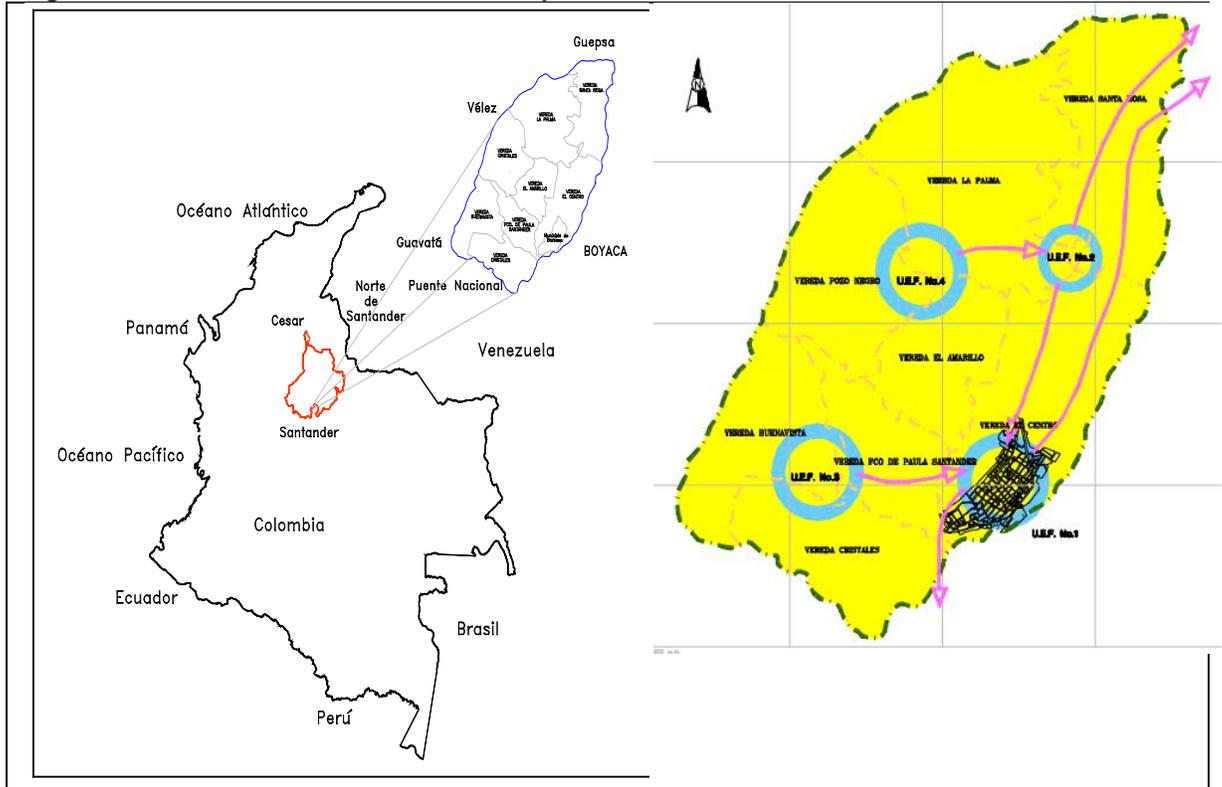
### **3.2.2 Medio Abiótico del Municipio de Barbosa**

Dentro de este medio se describen los siguientes elementos considerando la posible afectación del medio al sistema o del sistema al medio, donde el sistema es la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa y la PTAR que se encuentra dentro de la sede y el medio considerado es el municipio de Barbosa.

#### **3.2.2.1 Medio abiótico que afecta el medio al sistema**

3.2.2.1.1 Geología. El municipio de Barbosa está localizado en el extremo sur del departamento de Santander, en límites con el municipio de Boyacá, en la provincia de Vélez y Ricaurte, sobre la ribera del Río Suárez entre las montañas que conforman la cordillera Oriental a una distancia de 285 Km de Bogotá y a 214 Km de Bucaramanga (Figura 4).

**Figura 4. Localización General del Municipio de Barbosa**

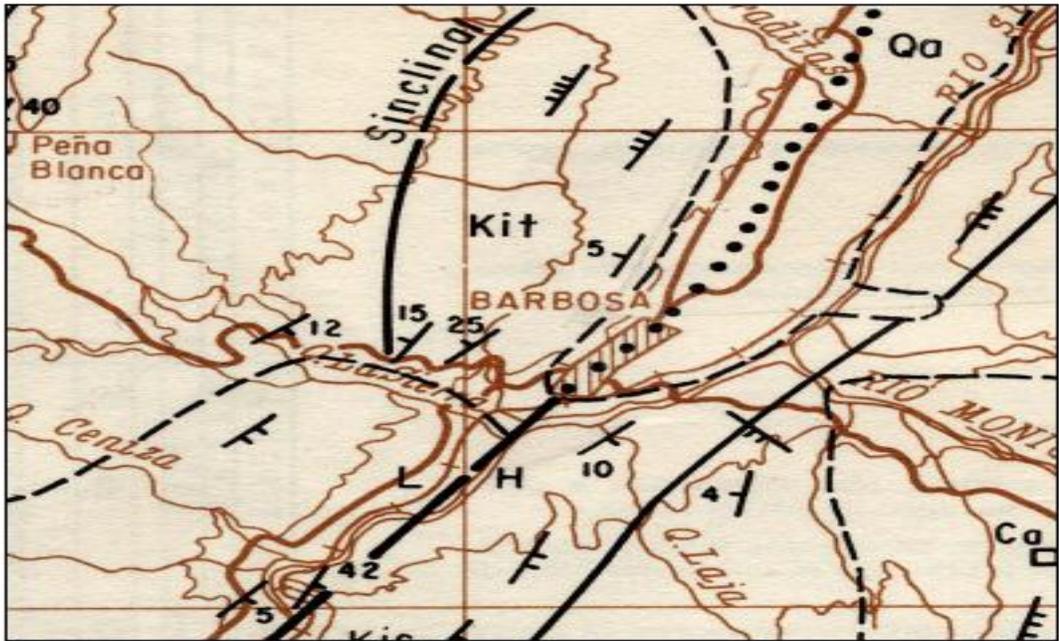


Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Barbosa, Santander, maps.google.com

“La tectónica del municipio de Barbosa está enmarcada en un contexto regional, cuya tendencia estructural son los anticlinales, sinclinales y las fallas. La zona de estudio está afectado por la falla del Suárez. Es una falla regional de una longitud de alrededor de 120 Km hasta la confluencia con la falla de Bucaramanga – Santa Marta, sigue el curso de los Ríos Suárez y Sogamoso. Esta falla atraviesa el municipio, afectando el área urbana y el corregimiento de Cite” (EOT, Barbosa).

A partir del escarpe de la formación Tablazo provienen bloques de roca de diferente tamaño, que se observan pendiente abajo y que se acumulan en las laderas y depresiones topográficas. Estos desprendimientos de tamaño variable son ocasionados por efectos de gravedad y en ciertos casos actividad sísmica que conforman grandes coluviones, sobre los cuales se ha desarrollado el casco urbano de Barbosa y sectores aledaños. Ver Figura 5.

Figura 5. Plano Geológico general



Fuente: Estudio Geotécnico y Geológico Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa – Santander, 2007

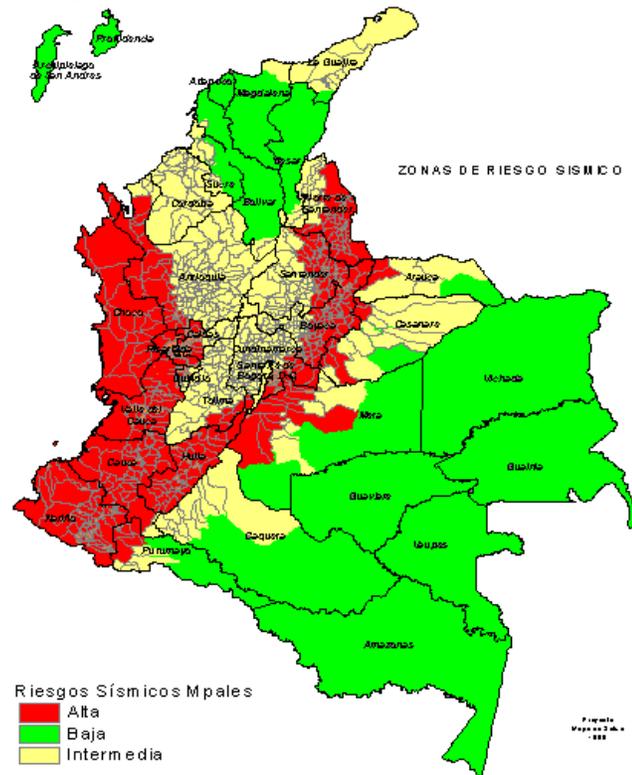
### *Amenaza Sísmica*

En el contexto regional, según el estudio de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS, 1997), Santander se encuentra ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia, asignándole un valor de aceleración máxima probable en roca de 0.20 g. La principal fuente sismogénica es el sistema de fallas del Río Suárez (EOT, Barbosa).

A continuación se pueden observar las zonas de riesgo de sismo en Colombia y en particular en Santander, donde se observa que parte de Santander tiene riesgo de sismo alto e intermedio. Ver Figura 6.

En el mapa de amenaza sísmica de Colombia, el municipio de Barbosa está localizado en una zona de amenaza sísmica intermedia, pero que afortunadamente, no se ha presentado sismos de gran magnitud.

**Figura 6. Zonas de Riesgo Sísmico**



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

La determinación de las áreas expuestas a amenazas y riesgos:

“Por riesgos sísmicos” las siguientes veredas: “Buenavista. S. Baja: 493,19 Ha, Cite-S. Media 18.31 Ha- S. Baja 1.08 Ha, Cristales –S. Baja 470,34 Ha, el amarillo-S. Baja 370,27 Ha, el centro-S media 405,63 Ha-S.Baja 179,46 Ha” (POT, Barbosa).

Regionalmente la zona se encuentra influenciada por la sismicidad generada por el Sistema de Fallas del Suárez.

“Por Erosión media” Las siguientes veredas: Buena vista-Media 386,79 Ha, Cite- 18,39 Ha, Cristales Media-305,89 Ha/Baja 177,86 Ha, el amarillo- Media 359,19 Ha/baja 11,13 Ha, el centro- Media 94,67 Ha/Baja 490,42 Ha, Francisco de Paula-

Media 276,38 Ha/baja 42,32 Ha, la Palma-media 753,54 Ha/baja 37,23 Ha, Pozo negro-Media 415,27 Ha (POT, Barbosa 2012-2015).

“Por Procesos de degradación remoción en masa” Las siguientes veredas: Cristales-13,59 Ha, El centro-31,92 Ha, Francisco de Paula-318,70, Casco Urbano- 1,71 Ha (POT, Barbosa).

3.2.2.1.2 Geomorfología. Es el estudio de las formas de la tierra y sus procesos relacionados. Los estudios geomorfológicos aportan información importante en la evaluación de estabilidad y amenazas naturales del terreno (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007).

El predio estudiado presenta una pendiente general del 11.25 %, con áreas planas en la parte alta y la zona baja; en algunos sectores del lote se presentan laderas con pendientes de hasta 25 %, que corresponden a los sectores con mayor pendiente (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007). Esta información se utilizó como insumo para realizar la identificación de las zonas susceptibles a inundación.

3.2.2.1.3 Hidrología. La red hídrica del municipio de Barbosa forma parte de la cuenca del Río Suárez. A este Río afluye una serie de tributarios menores que son importantes como abastecedores de agua para el consumo humano (POT, Barbosa 2012-2015).

En los procesos de formación de lluvia influyen los sistemas convectivos que se forman en la cordillera como consecuencia de la acumulación de humedad y el ascenso de estos debido a las altas temperaturas. Estos sistemas hacen del Municipio de Barbosa, una de las zonas con más alta precipitación de toda la cuenca del Suárez con promedios anuales que van entre 1600 a 2100 milímetros al año, con un promedio de 1900 milímetros. Las épocas de mayor precipitación

son los meses de abril y mayo en el primer semestre y los meses de septiembre y octubre en el segundo semestre (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007).

El municipio Barbosa tiene una altura de 1810 m.s.n.m. y tiene una temperatura media de 22,5 °C, una máxima de 26 ° C y una mínima de 12 °C, según estación Meteorológica ubicada en Vélez. Barbosa se localiza en la selva subandina. El piso térmico sobre el cual se encuentra la ciudad de Barbosa, es templado húmedo con variaciones importantes de temperatura.

#### 3.2.2.1 Medio abiótico que afecta el sistema al medio

3.2.2.1.1 Usos del agua. El agua del Río Suárez que es el lugar donde llega el efluente de la PTAR es usado para el turismo, fines domésticos y algunas actividades agropecuarias.

3.2.2.1.2 Hidrogeología. La descarga de las aguas residuales se realiza al cuerpo de agua superficial del Río Suárez así que no hay contacto con el suelo, ni con otros acuíferos, ni pozos profundos.

3.2.2.1.3 Calidad del agua. Se realizó la caracterización del agua con base en los resultados del monitoreo fisicoquímico y microbiológico realizados para la evaluación del riesgo ambiental del vertimiento.

3.2.2.1.4 Suelos, cobertura y usos del suelo. En el lote estudiado se presenta una vegetación variada, pasando de pastos, palmas, árboles frutales, café y guamo entre otros. El drenaje superficial es regular debido a la baja pendiente del lote y el agua de escorrentía drena lentamente por el terreno a los canales que lo surcan, la cañada y en la parte baja hacia el Río Suárez. Los suelos subsuperficiales presentan una capacidad de infiltración muy baja, ya que corresponden principalmente a arcillas. El perfil de suelo se considera relativamente bien

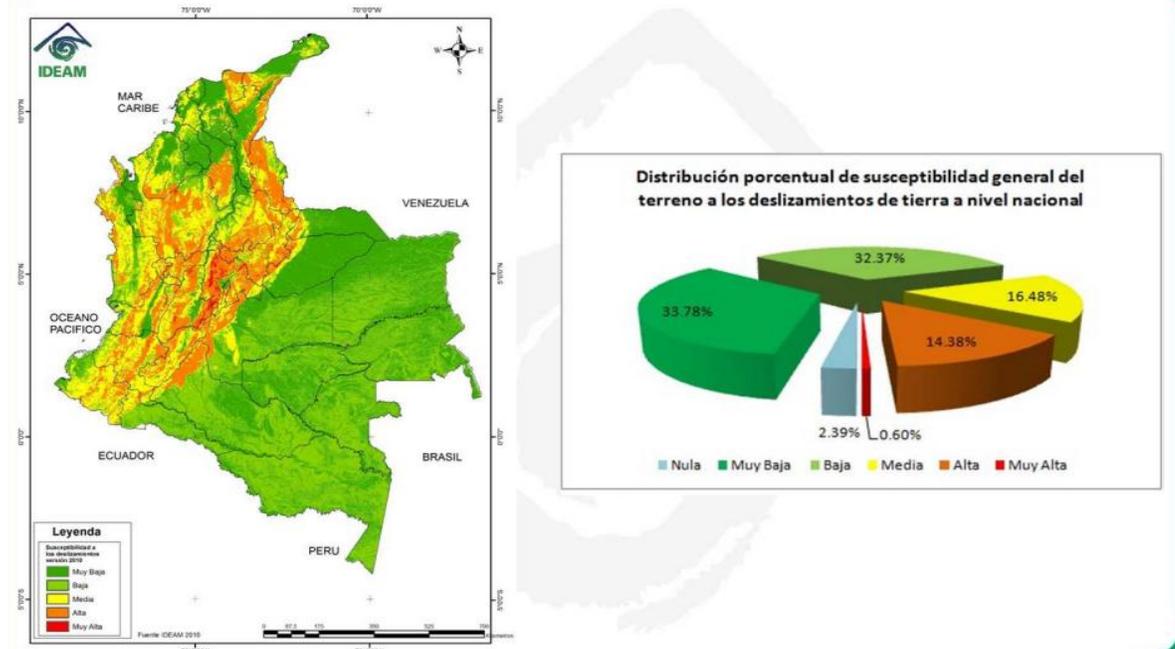
drenado, se encuentra generalmente en estado húmedo (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007).

En la zona de estudio predominan rocas de origen sedimentario, con edades que van desde el Cretácico (formación Tablazo), hasta el Cuaternario (depósitos no consolidados). La secuencia está constituida de base a techo por las formaciones, Tablazo, Simití y depósitos Cuaternarios (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007).

El lote de la sede de la Universidad Industrial de Santander en Barbosa, se encuentra sobre un coluvión arcilloso de espesor aproximado de 4,0 a 5,0 m; el cual a su vez se encuentra sobre suelos residuales producto de la meteorización de rocas calcáreas de la formación Tablazo (Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa, 2007).

No se detectaron problemas generales de estabilidad en el lote. Sin embargo, en algunos sitios se pueden presentar dificultades especialmente en los taludes excavados. A continuación se puede observar las zonas susceptibles a deslizamientos en Colombia y Departamento de Santander (Figura 7).

**Figura 7. Susceptibilidad de deslizamientos en Colombia**



Fuente: IDEAM

### 3.2.3 Medio biótico

El componente biótico involucra la relación entre las actividades desarrolladas en la zona y el estado actual de conservación o degradación de los recursos bióticos. Por lo tanto, el análisis de la dimensión biótica implica una alta interacción del medio natural con los seres vivos y el medio físico del municipio de Barbosa. (POT, Barbosa).

### 3.3 REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS OCURRIDOS EN EL MUNICIPIO DE BARBOSA

#### *Amenaza por Remoción en masa (deslizamientos y erosión)*

Según los registros de sistema geológico se encontró que se han presentado seis deslizamientos en los últimos cinco años en el municipio de Barbosa y según la CAS buena parte del territorio de Santander está amenazada por procesos erosivos que afectan las rocas y suelos en las vertientes, laderas y taludes de las

principales cuencas hidrográficas. A nivel regional desde 1998 a 2012 se presentaron 155 deslizamientos, según lo reportado por la CAS (CAS, 2013).

#### *Amenaza por Sismos*

Se realizó consulta de sismicidad desde 2010 hasta el día de hoy y se encontró para Barbosa un total de 46 registros de sismos de 1,1 a 2,2 ML; con una profundidad de alrededor de 122 Km aproximadamente.

#### *Amenaza por inundaciones*

En el monitoreo de zonas inundadas con Tecnologías Geoespaciales (GIAC) no registró inundaciones para el municipio de Barbosa para los últimos cinco años. Sin embargo en Santander se registraron 399 inundaciones desde 1998 a 2012, según CAS y 14 municipios fueron afectados por sequías.

#### *Amenaza por Incendios*

Con respecto a esta amenaza solo se registra un incendio según Alcaldía Municipal ocurrido en el 2015 en el área urbana, ya que han sucedido otros en zonas rurales en menor proporción y han sido controlados por los mismos habitantes ya que han sido provocados por actividades antrópicas. Sin embargo en Santander se han reportado cinco incendios estructurales desde 1998 hasta el 2012 reportados en la jurisdicción de la CAS.

#### *Amenazas de origen Operacional y humano*

Estas son las actividades propias que se generan en la operación de la PTAR y las que el ser humano puede causar. Con respecto a estas amenazas no hay registros históricos de eventos ya que la PTAR solo lleva funcionando cinco años, sin embargo se realizó comparación con la PTAR de Barbosa y esta no ha registrado ninguna amenaza durante los últimos años.

### **3.4 PARÁMETROS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA**

#### **3.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

Es la cantidad de oxígeno que requieren los organismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias, en un período de 5 días y a 20 °C; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de efluentes en aguas domésticas, industriales y en general residuales sobre la calidad de agua de los cuerpos receptores. Este parámetro es el más usado para medir la calidad de las aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido, estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero, 2001).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno mide la cantidad de oxígeno molecular consumido durante un período de incubación específico, para la degradación bioquímica de la materia orgánica y el oxígeno usado para oxidar material inorgánico tal como sulfuros y/o hierro ferroso (APHA, 2012; Romero R, 1996).

#### **3.4.2 Demanda Química de Oxígeno**

Corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato de potasio o permanganato en medio ácido (Ramalho, 2003). Desde el punto de vista ambiental, la DQO es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua (Romero, 2001).

El método del reflujo con dicromato se prefiere a los métodos que utilizan otros oxidantes, debido a su habilidad oxidante superior, aplicabilidad a una amplia variedad de muestras y una manipulación fácil. La oxidación de la mayoría de los compuestos orgánicos está entre el 95 y 100% del valor teórico. Los hidrocarburos

aromáticos, la piridina y los compuestos relacionados resisten la oxidación y los compuestos orgánicos volátiles se oxidan solo en la medida en que permanezcan en contacto con el oxidante. El amoníaco, ya sea que esté presente en el desecho o que sea liberado de la materia orgánica que contiene nitrógeno, no se oxida en ausencia de concentraciones significativas de iones cloruro libres (APHA, 2012).

#### **3.4.3 Oxígeno disuelto (OD).**

El OD es la cantidad de oxígeno que esta disuelta en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas para su disposición final. La concentración de oxígeno disuelto es función de la temperatura, presión atmosférica y de la salinidad del agua (Romero, 2001; Ronzano, 1995).

La determinación del oxígeno disuelto es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad del agua. Generalmente todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y las concentraciones de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de importancia para el diseño, la operación y evaluación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### **3.4.4 Ph.**

La medida del pH es muy importante y es uno de los ensayos más frecuentemente usados en la química del agua. El pH es usado en medidas de acidez y basicidad. A una temperatura dada la intensidad del carácter ácido y básico de una solución es indicativo de la actividad de ion hidrógeno o pH (APHA, 2012).

#### **3.4.5 Sólidos suspendidos totales (SST).**

Los SST en un agua, son el residuo de evaporación y secado a 103 – 105 °C. Los sólidos no filtrables (en suspensión), son aquellos que se encuentran en la columna de agua, excepto los solubles y los sólidos en fino estado coloidal, poseen tamaño de partículas superiores a 1 micrón (Velázquez, *et al*, 1995).

#### **3.4.6 Temperatura.**

Es de vital importancia en las aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como el método de disposición final (Romero, 2001). La temperatura es un factor en la proliferación de ciertas algas. El cambio en la temperatura de un cuerpo de agua afecta directamente la solubilidad de los gases, como al oxígeno y al dióxido de carbono; la solubilidad de las sales y por lo tanto la conductividad eléctrica, el pH, etc (APHA, 2012).

Muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, esta influye de forma muy significativa en las especies acuáticas influyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica (Ramalho, 2003).

#### **3.4.7 Grasas y aceites.**

Se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo ácido carboxílico en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo.

Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes (APHA, 2012).

#### **3.4.8 Fósforo total.**

Teniendo en cuenta la importancia del fósforo como nutriente, su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, lagos y embalses, así como en los procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas residuales. Todas las formas de fósforo se determinan por conversión de la especie que se busca en ortofosfatos. Una composición típica, en cuanto a las formas de fósforo, en el agua residual doméstica puede ser la siguiente: ortofosfatos 5 mg P/L; tripolifosfatos 3 mg P/L; polifosfatos 1 mg P/L, y fosfato orgánico menor de 1 mg P/L (Romero, 2001).

#### **3.4.9 Dureza .**

Se define como la cantidad de iones Calcio y Magnesio presentes en el agua. Las aguas con concentraciones bajas de dureza se denominan aguas blandas y biológicamente poco productivas, mientras las de concentraciones altas se denominan duras. La dureza varía de un lugar a otro siendo menor en aguas superficiales que en las subterráneas (APHA, 2012).

Como aguas duras están aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espumas y además, producen incrustaciones en las tuberías de aguas calientes, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. En la práctica, se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes que reaccionan con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones (APHA, 2012).

#### **3.4.10 Alcalinidad .**

Es la capacidad del agua para neutralizar un ácido o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas, debido principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos en el agua. Concentraciones de 20 mg/L se consideran ideales para aguas superficiales con el fin de proteger la vida acuática y menos de 500 mg/L para el agua de riego (Romero, 1996).

La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampona de un agua (APHA, 2012).

#### **3.4.11 Turbiedad .**

La transparencia del agua es un factor importante en muchos procesos de producción y manufacturación de productos de consumo humano.

La turbiedad en el agua es causada por la materia suspendida como arcilla, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, sedimentos arrastrados por el agua, plancton y microorganismos. La turbiedad causa la dispersión y absorción de la luz al atravesar la muestra. La correlación de la turbiedad con el peso de materia suspendida es difícil debido a que el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas afectan las propiedades de la luz dispersada. Las partículas ópticamente opacas pueden absorber la luz e incrementar las medidas de turbiedad (APHA, 2012).

#### **3.4.12 Cloruros.**

El cloro, en forma de ion cloruro, es uno de los aniones inorgánicos más abundantes en aguas naturales y de desecho. La concentración de cloruro es más abundante en aguas de desecho que en aguas naturales, debido a que el cloruro de sodio (NaCl) es un compuesto común en la dieta (APHA, 2012).

Además, para el uso agrícola, los contenidos en cloruros pueden limitar ciertos cultivos. Para su determinación se utiliza el método de Mohr empleando una solución de nitrato de plata para la titulación.

Un alto contenido de cloruros en las aguas puede ocasionar daños en estructuras metálicas, y afectar el crecimiento de la flora (APHA, 2012).

#### **3.4.13 Grupo del Nitrógeno.**

Los compuestos del nitrógeno son de gran interés debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales. El nitrógeno puede asumir varios estados de valencia que pueden ser convertidos por organismos vivos. Las formas de mayor interés, en nuestro caso, son: nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y orgánico (Romero R, 1996).

#### **3.4.14 Coliformes totales.**

Las bacterias coliformes son frecuentemente utilizadas para evaluar la calidad higiénica del agua en general y para evaluar la eficacia del tratamiento de agua potable y la integridad del sistema de distribución. No deben ser detectables en suministros de agua tratada. Si se encuentran, sugieren un tratamiento inadecuado, la contaminación posterior al tratamiento y/o post-crecimiento de una excesiva concentración de nutrientes. En algunos casos puede indicar la presencia de patógenos responsables de la transmisión de enfermedades infecciosas (APHA, 2012).

#### **3.4.15 Coliformes fecales.**

Es uno de los indicadores bacterianos de contaminación fecal más utilizados, indican la posible presencia de agentes patógenos responsables de la transmisión de enfermedades infecciosas como gastroenteritis, salmonelosis, disentería, cólera y fiebre tifoidea. (APHA, 2012).

### **3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin disminuir o eliminar en lo posible los contaminantes presentes en el efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir un efluente tratado o que sea útil en el ambiente y un residuo sólido conveniente para su disposición (Ramalho, 2003).

El decreto 1594 de 1984, que reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos, en su artículo 4, establece que los criterios de calidad, son guías para utilizarse como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

Cualquier sistema de tratamiento en la planta de aguas residuales que se vaya a implementar debe seguir el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento básico, RAS 2000, donde se fijan los requisitos mínimos y los criterios básicos que deben poseer los diferentes procesos desde la conceptualización, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento con el propósito de garantizar su funcionalidad, eficiencia y seguridad (RAS, 2000).

El tratamiento de aguas residuales antes de ser devueltas a los cuerpos de agua se realiza generalmente en las siguientes etapas que se conocen como tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios.

#### **3.5.1 Tratamientos preliminares.**

El paso preliminar es la tamización o cribado. En este proceso se eliminan los sólidos de gran tamaño que entran en el sistema de alcantarillado. Estos materiales, con excepción de las arenas y materiales similares, se interceptan en tamices y se recogen para posterior evacuación y disposición controlada (Manahan, 2007). Se realiza por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como

tamices, rejillas, trituradores, tanques de homogenización y desarena dores, colocados de manera que permitan la remoción y retención del material inadecuado (RAS, 2000).

### **3.5.2 Tratamientos primarios.**

El objetivo de este tratamiento es eliminar del agua residual los materiales que son posibles de sedimentar utilizando tratamientos físicos o fisicoquímicos. Básicamente consiste en la remoción de DBO y sólidos suspendidos mediante el proceso de sedimentación. Este paso incluye coagulación, floculación y sedimentación (Ramalho, 2003).

### **3.5.3 Tratamientos secundarios.**

Los procesos más comunes usados incluyen filtros de arena intermitentes, lechos fluidizados, filtros percoladores, lagunas de estabilización u oxidación, sistemas de digestión de fangos, estanques de fangos activos y biodegradación aeróbica (RAS, 2000)

### **3.5.4 Tratamientos terciarios o avanzados.**

Es un término que se aplica para describir una variedad de procesos que se realizan sobre el efluente que proviene del tratamiento secundario de las aguas residuales. Los contaminantes removidos por este tratamiento se agrupan en las categorías generales de sólidos en suspensión, materiales inorgánicos disueltos y compuestos orgánicos disueltos, incluyendo los nutrientes de algas; como los fosfatos, que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en cursos de agua favorece la eutrofización, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática que agota el oxígeno y mata la fauna existente en el área (Manahan, 2007).

### **3.6 MODELOS EMPLEADOS PARA CUANTIFICAR LA CONTAMINACION DEL AGUA**

Para cuantificar el grado de eficiencia o remoción se han implementado diferentes tipos de modelos que se basan en los índices de contaminación (ICO'S). Una de las ventajas de emplear los ICO'S es que son medidas normalizadas que emplean parámetros reglamentados según el decreto 1594 de 1984 para determinar la calidad y el grado de contaminación de una fuente hídrica.

Los índices de contaminación (ICO'S) son propuestos a partir de estudios limnológicos realizados por la industria petrolera en Colombia (Ramírez A., *et al*, 1999). Para su desarrollo se apoyaron en legislaciones de diferentes países, basándose en concentraciones de las distintas variables y los usos potenciales de las aguas.

Los ICO'S consisten básicamente en una expresión matemática simple, de la combinación de un número de parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos, como dureza, alcalinidad, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, pH, coliformes totales y sólidos suspendidos (Fernández & Solano, 2005). El valor obtenido, que oscilan entre 0 a 100 y 0 a 1, se clasifica en diferentes rangos a los cuales se le asigna una descripción cualitativa del grado de contaminación del agua, con los cuales puede valorarse el recurso (Samboni., *et al*, 2007).

#### **3.6.1 Índice de Contaminación por mineralización (ICOMI) .**

El ICOMI expresa el contenido de minerales relacionados conductividad, dureza y alcalinidad del cuerpo de agua. (Samboni, 2007; Ramírez., *et al*, 1999). Este índice (ICOMI) se define en un rango de cero (0) a uno (1), en el cual los valores cercanos a cero indican baja contaminación, por el contrario los valores cercanos

a uno indican una alta contaminación por mineralización (Samboni, 2007; Ramírez., et al, 1999).

Para realizar el cálculo se tiene que,

$$\mathbf{ICOMI} = \frac{1}{3} * (I_C + I_D + I_A)$$

Para calcular  $I_C$ ,  $I_D$  y  $I_A$  se tiene que:

$$\mathbf{Log I_C} = 3,26 + 1,34 * \text{Log C}$$

Donde, C es la conductividad expresada en  $\mu\text{s/cm}$ . Para conductividades mayores a 270  $\mu\text{s/cm}$ ,  $I_C=1$ .

$$\mathbf{Log I_D} = -9,09 + 4,40 * \text{Log D}$$

Donde, D es la dureza expresada en mg/L. Para durezas mayores a 110 mg/L tienen un  $I_D = 1$ , dureza menores a 30 mg/L tienen un  $I_D = 0$ .

$$\mathbf{I_A} = -0,25 + 0,005 * A$$

Donde, A es la alcalinidad expresada en mg/L. Para alcalinidades mayores a 250 mg/L tiene un  $I_A = 1$ ; alcalinidades menores a 50 mg/L tiene un  $I_A = 0$ .

3.5.1.2 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO). Este expresa el contenido de materia orgánica, que está relacionado con la demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), coliformes totales (CT) y porcentaje de saturación de oxígeno (Samboni, 2007; Ramírez, *et al*, 1999). Se define entre un rango de cero (0) a uno (1) donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el incremento de contaminación en el cuerpo del agua (Samboni, 2007; Ramírez., *et al*, 1999).

Se puede calcular de la siguiente manera:

$$ICOMO = 1/3 * (I_{DBO} + I_{CT} + I_{O\%})$$

Para el cálculo de  $I_{DBO}$ ,  $I_{CT}$  e  $I_{O\%}$ , se tiene que:

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 * \log DBO$$

Donde, DBO es la demanda bioquímica de oxígeno expresada en mg/L.

Para  $DBO > 30$  mg/L tienen un  $I_{DBO} = 1$ ,  $DBO < 2$  mg/L se tiene un  $I_{DBO} = 0$ .

$$I_{CT} = -1,44 + 0,56 \log CT$$

Donde, CT son los coliformes totales expresado en NPM/100 mL. Para Coliformes totales  $> 20.000$  NPM/100 mL tienen  $I_{CT} = 1$ ; coliformes totales  $< 500$  NPM/100 mL tienen  $I_{CT} = 0$ .

$$I_{O\%} = 1 - 0,01 O\%.$$

Para % Oxígeno mayor de 100 tiene un índice de oxígeno de cero (0).

### 3.6.2 Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 * SST$$

Donde, SST son sólidos suspendidos totales expresados en mg/L . Sólidos suspendidos >340 mg/L tienen ICOSUS = 1. Sólidos suspendidos <10 mg/L tienen ICOSUS = 0.

### 3.6.3 Índice de Contaminación por Trofia (ICOTRO).

Para entender con claridad los resultados obtenidos en este índice de contaminación es muy importante realizar énfasis acerca de los conceptos que se generan por la concentración de fósforo en el agua. En primer lugar está la eutrofia que es un fenómeno que se genera cuando en un cuerpo de agua se presenta un exceso en la cantidad de nutrientes. Este fenómeno hace que se incremente de manera descontrolada la existencia de plantas y organismos que al morir disminuyen la calidad del agua. En este mismo sentido la hipereutrofia es este fenómeno llevado al extremo (Manahan, 2007). Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo Total en mg/L.

### 3.6.4 Índice de Contaminación por pH (ICOpH) .

El agua natural puede tener pH ácido por el CO<sub>2</sub> proveniente de los seres vivos o disueltos desde la atmósfera; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo (Samboni, 2007; Ramírez., et al, 1999). Para su cálculo se tiene:

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31,8+3,45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31,8+3,45 \text{ pH}}}$$

Se toma el valor reportado en el análisis y se calcula el ICOpH.

Los rangos de los ICO'S están asociados a los valores consignados en la Tabla 3.

Tabla 3. Rangos empleados para la valoración de los ICO'S.

ICO	Contaminación	Escala de Colores
0-0,2	Ninguna	
>0,2-0,4	Baja	
>0,4-0,6	Media	
>0,6-0,8	Alta	
>0,8-1,0	Muy alta	

Fuente: Ramírez., et al, 1999

## **4. METODOLOGÍA**

Para la caracterización, análisis de la calidad del agua y el diseño del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos de la PTAR de la Universidad Industrial de Santander, Sede Barbosa se siguió la siguiente metodología.

### **4.1. TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS**

La toma de muestras fue realizada el 02 de Octubre de 2014 en la PTAR de la Sede UIS Barbosa. Se tomaron tres (3) muestras compuestas en la entrada de la PTAR (1A, 1B, 1C) y tres (3) a la salida de la PTAR (2A, 2B, 2C). Las letras A, B y C indican las horas del muestreo. La letra A indica que el muestreo fue de 8 a 11 am, la letra B indica que el muestreo se hizo entre las 12 am y 3 pm y la letra C indica que fue de 4 a 7 pm. Adicionalmente, se tomaron dos (2) muestras aguas arriba del vertimiento (3A, 4A) y dos (2) muestras aguas abajo del vertimiento (3B y 4B). Las muestras puntuales fueron tomadas cada hora y la muestra compuesta correspondió a la mezcla de las muestras puntuales tomadas durante cuatro (4) horas. Por ejemplo, la muestra compuesta 1A correspondió a la mezcla de las muestras puntuales tomada a las 8, 9,10 y 11 am en el punto de entrada de la PTAR. El volumen de las muestras compuestas varió dependiendo del parámetro a analizar. Ver Tabla 4 y Anexo A de los registros fotográficos de los puntos de monitoreo.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander Sede Bucaramanga. Los parámetros a medir fueron: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Conductividad, Dureza Total, Alcalinidad Total, Cloruros, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Tensoactivos, Fenoles Totales, Sulfatos, Sulfuros, Cianuro, Hierro Total, Cobre, Cadmio, Cinc, Mercurio, Hidrocarburos Totales, Nitritos, Nitratos, Plomo, Caudal, Recuento Estándar,

Coliformes Totales, Coliformes Fecales (*E. coli*). Adicionalmente, se midió el caudal, el pH, la temperatura del agua y la temperatura ambiente *in situ*.

Tabla 4. Puntos de monitoreo.

Número de Muestra	Hora				Punto de Monitoreo
1A	8 am	9 am	10 am	11 am	Entrada PTAR
2A	8 am	9 am	10 am	11 am	Salida PTAR
1B	12 m	1 pm	2 pm	3 pm	Entrada PTAR
2B	12 m	1 pm	2 pm	3 pm	Salida PTAR
1C	4 pm	5 pm	6 pm	7 pm	Entrada PTAR
2C	4 pm	5 pm	6 pm	7 pm	Salida PTAR
3A, 3B	8 am	--	--	1 pm	Aguas arriba
3B	8 am	--	--	1 pm	abajo del vertimiento
4A	1pm	--	--	7 pm	Aguas arriba
4A, 4B	1pm	--	--	7 pm	abajo del vertimiento

Fuente: Autora

## 4.2 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Los índices de contaminación se determinaron relacionando los parámetros fisicoquímicos mediante tratamiento matemático de acuerdo a las fórmulas establecidas por Ramírez *et al*, 1999. Ver Marco Teórico.

## 4.3 PROCESO DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO

La metodología de evaluación de riesgos que se utilizó es la propuesta por la UNE 150008:2008. Esta norma presenta un modelo estandarizado para la identificación, análisis y evaluación de los riesgos ambientales de un proyecto independientemente de su tamaño y actividad. La Figura 8 describe la

metodología aplicada para el proceso de evaluación del riesgo para el manejo de vertimientos de la UIS Sede Barbosa.

**Figura 8. Metodología aplicada para proceso de Evaluación del Riesgo Ambiental**



Fuente: Autora

#### **4.3.1 Identificación de las amenazas.**

El análisis de riesgos para la PTAR se elaboró con respecto a la probabilidad de ocurrencia de sucesos originados por factores antrópicos, operacionales y naturales, con el fin de realizar la identificación, estimación y evaluación de los riesgos.

Durante esta etapa se hicieron recorridos por la PTAR para determinar los escenarios de riesgo generados en la zona de influencia. Se realizó la inspección de la zona un mes antes del monitoreo con registros fotográficos. Ver Figura 2. Además se realizó un diagnóstico de la PTAR, con una lista de chequeo o verificación de cumplimiento para ayudar a la identificación de peligros.

Para la identificación de las amenazas que podían existir en la PTAR para cada uno de los entornos, se utilizó la técnica de análisis de riesgos “¿Qué pasaría si? Este es un método que consiste en cuestionarse el resultado de la presencia de

sucesos indeseados que pueden provocar consecuencias adversas. Después se elaboró el listado de amenazas existentes, teniendo en cuenta tres fuentes principales: Amenazas naturales, Operativas o asociadas a la operación del sistema de gestión del vertimiento y por condiciones socio-culturales y de orden público.

Para la identificación de las amenazas se requirió: establecer la ubicación geográfica de la zona de la revisión, verificar los antecedentes históricos de las amenazas y desastres ocurridos en la zona y finalmente determinar la frecuencia del peligro. La recolección de la información se realizó teniendo en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de Barbosa 2012-2015 y el informe de la Estación Meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, situada en Vélez Santander y de la CAS.

Las amenazas naturales dependen habitualmente de aspectos geológicos (amenaza sísmica y volcánica), geomorfológicos (erosión y socavación), hidrológicos (crecidas, inundaciones, avalanchas, avenidas torrenciales), climáticos (tormentas eléctricas) y geotécnicos (asentamientos diferenciales del terreno) (Decreto 3930 de 2010).

Las amenazas Operativas, son las que se relacionan con los sistemas de gestión de vertimientos que usan otros equipos, energías; así como el tratamiento de procesos que puedan generar condiciones de riesgo.

Las amenazas por orden público en el área de influencia son causadas por la actividad de grupos al margen de la ley como secuestro de personal, amenazas, bloqueos y atentados que afectan el normal funcionamiento del sistema generando impactos ambientales y sociales. Adicionalmente, protestas a favor o rechazo del proyecto puede ocasionar otra serie de amenazas de orden público como bloqueos, marchas y sabotajes. Las amenazas provenientes de las

condiciones socio-culturales están relacionadas con los comportamientos de la comunidad con el entorno como quemas de basuras, pastos y vegetación (Decreto 3930 de 2010).

#### 4.3.2 Estimación de la probabilidad de ocurrencia.

Con base en el análisis de amenazas y los posibles peligros con relación a los vertimientos generados en la Universidad Industrial de Santander, se obtendrá la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de amenazas. De acuerdo con la norma, se asignó una probabilidad de ocurrencia a cada uno de los escenarios de las amenazas identificadas. Ver Tabla 5.

**Tabla 5. Valoración de la probabilidad de ocurrencia.**

Valor	Probabilidad de Ocurrencia	
5	Muy probable	> una vez al mes
4	Altamente probable	> una vez al año y < una vez al mes
3	Probable	> una vez cada 10 años y < una vez al año
2	Posible	>una vez cada 50 años y < una vez cada 10 años
1	Improbable	>una vez cada 50 años

Fuente: Con base a la Norma UNE 150008:2008

#### 4.3.3 Estimación de la gravedad de las consecuencias.

La gravedad de las consecuencias se determinó inicialmente para cada uno de los entornos, a través de fórmulas, que permitirán definir el grado de vulnerabilidad sobre el entorno natural, humano y socioeconómico. Ver Tabla 6.

**Tabla 6. Estimación de la Gravedad de las Consecuencias.**

Gravedad De Los Entornos
<p><b>Gravedad sobre el entorno natural</b> = Cantidad + 2(Peligrosidad) + Extensión + receptores                      Los receptores = calidad del medio, población afectada, patrimonio y capital productivo</p> <p><b>Gravedad sobre el entorno humano</b>                      = Cantidad + 2(Peligrosidad) + Extensión + receptores</p> <p><b>Gravedad entorno socioeconómico</b> = Cantidad + 2(Peligrosidad) + Extensión + receptores</p>

Fuente: Con base a la Norma UNE 150008:2008

Siguiendo la técnica recogida en esta norma, cada uno de estos criterios se puntuará entre 1 y 4, asignándole un valor según se defina previamente. La determinación de la gravedad depende de las siguientes variables:

- *Cantidad.*

Es la cantidad de sustancia emitida al entorno (caudal a la salida de la PTAR).

- *Peligrosidad.*

Se basa en la toxicidad y posibilidad de acumulación.

- *Extensión.*

Se refiere al espacio de influencia del impacto.

- *Receptor.*

Este depende del escenario. En caso del entorno humano, el receptor es la población afectada, en caso del entorno natural es la calidad del medio y en caso del entorno socioeconómico y cultural es el patrimonio y capital productivo.

La determinación y valoración de las variables que afectan la gravedad se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7. Gravedad sobre entorno natural, humano, socioeconómico y cultural.**

<b>Sobre el entorno natural</b>				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Baja
<b>Sobre el entorno humano</b>				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada
4	Muy alta	Efectos irreversibles	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Daños graves	Extenso	Alto
2	Poca	Daños leves	Poco extenso	Bajo
1	Muy poca	Daños muy leves	Puntual	Muy bajo
<b>Sobre el entorno Socioeconómico</b>				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital productivo
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Muy bajo

Fuente: Con base a la Norma UNE 150008:2008

Una vez estimada la gravedad de las consecuencias de cada uno de los escenarios de riesgo (entornos: natural, humano y socioeconómico) se asignó para cada uno de los entornos una puntuación de 1 a 5 teniendo en cuenta la valoración dada en la Tabla 9.

**Tabla 8. Niveles de Gravedad de las Consecuencias.**

Valoración		Valor Asignado
<b>Crítico</b>	Entre 18-20	Gravedad de 5
<b>Grave</b>	Entre 15-17	Gravedad de 4
<b>Moderado</b>	Entre 11-14	Gravedad de 3
<b>Leve</b>	Entre 8-10	Gravedad de 2
<b>No relevante</b>	Entre 5-7	Gravedad de 1

Fuente: Con base en la Norma UNE 150008:2008

#### 4.3.4 Estimación del riesgo ambiental.

El producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias estimadas anteriormente sobre un entorno (natural, humano y socioeconómico) permiten la estimación del riesgo ambiental. Éste se determina teniendo en cuenta la siguiente fórmula.

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Probabilidad}}{\text{Frecuencia}} \times \text{Gravedad de las consecuencias}$$

#### 4.3.5 Evaluación del riesgo ambiental.

Para la evaluación del riesgo ambiental se elaboraron tres tablas en las que gráficamente aparece cada escenario en su casilla correspondiente. En cada tabla o matriz, las filas corresponderán a los niveles de probabilidad y las columnas corresponderán a los niveles de gravedad. Los riesgos se catalogaron en función de un color estándar asignado y se ubicaron en las tablas según el grado de gravedad. Para estipular un color a la amenaza identificada se necesita ubicar el escenario de riesgo (E) en el respectivo valor y color, de manera que se clasifique el riesgo para definir su magnitud.

Las definiciones de los niveles del riesgo que se utilizaron para representar la matriz de doble entrada se describen a continuación:

- **Riesgo muy alto:** poseerá impacto negativo sobre el medio ambiente y sus entornos, con efectos irreversibles sobre estos y con pérdidas económicas elevadas.
- **Riesgo alto:** poseerá impacto negativo grave sobre los entornos con pérdidas económicas y con un tiempo de recuperación a largo plazo.
- **Riesgo medio:** poseerá impacto negativo controlado sobre los entornos con pocas pérdidas económicas y con un tiempo de recuperación a mediano plazo.
- **Riesgo moderado:** poseerá impacto negativo leve sobre los entornos, con pocas pérdidas económicas y con un tiempo de recuperación a corto plazo.
- **Riesgo bajo:** poseerá un impacto negativo muy leve sobre los escenarios sin pérdidas económicas y con un tiempo de recuperación a muy corto plazo (Guzmán, 2012).

A continuación se encuentra la Tabla 9 para la tolerabilidad de las amenazas y la matriz de doble entrada para la evaluación del Riesgo ambiental.

**Tabla 9. Evaluación del Riesgo Ambiental.**

		Gravedad del Entorno					Niveles de Riesgo	
		1	2	3	4	5		
Probabilidad	1						Riesgo muy alto: 21 a 25	
	2						Riesgo alto: 16 a 20	
	3						Riesgo medio: 11 a 15	
	4						Riesgo moderado: 6 a 10	
	5						Riesgo bajo: 1 a 5	
		Riesgo						

Fuente: Con base en la Norma UNE 150008:2008

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 PARÁMETROS *in situ*

A continuación se presentan los resultados de los parámetros obtenidos *in situ* para las muestras de agua tomadas en cada uno de los puntos de muestreo.

**Tabla 10. Parámetros *in situ*, Entrada PTAR (1A, 1B, 1C).**

Número de Muestra	Hora	Caudal (L/s)	Sólidos Sedimentables (mL/L)	pH (Unidades de pH)	Temperatura Agua (°C)	Temperatura Ambiente (°C)
1A	8 am	0,039	0,1	8,78	22,7	22,8
	9 am	0,007	0,1	9,20	23,0	23,0
	10 am	0,481	0,1	8,97	23,0	23,5
	11 am	0,052	0,1	8,79	23,2	23,8
	<b>Promedio</b>	0,145	0,1	-----	-----	-----
1B	12 m	0,043	0,1	8,30	23,6	24,0
	1 pm	0,041	0,1	8,27	23,7	23,9
	2 pm	0,068	0,1	8,30	23,5	23,8
	3 pm	0,055	0,1	8,35	23,7	23,9
	<b>Promedio</b>	0,052	0,1	-----	-----	-----
1C	4 pm	0,055	0,1	8,31	23,3	24,8
	5 pm	0,028	0,1	8,35	23,8	24,7
	6 pm	0,041	0,1	8,25	24,0	24,6
	7 pm	0,019	0,1	8,26	23,5	23,5
	<b>Promedio</b>	0,036	0,1	-----	-----	-----

Fuente: Autora

Como se observa en la Tabla 10, el mayor valor de caudal se presentó a las 10 am. Los resultados mostraron que los sólidos suspendidos permanecieron constantes durante todo el día. Los valores de pH oscilaron entre 9,20 y 8,25. Respecto a la temperatura de agua no hubo una variación significativa y permaneció en un rango entre 22,7 y 24,0 °C. Mientras que la temperatura del ambiente osciló entre 22,8 y 24,8 °C.

En la Tabla 11 se encuentran los resultados de las muestras analizadas a la salida de la PTAR y se observa que los mayores valores de caudal se presentaron de 2

pm a 4 pm. Los sólidos suspendidos permanecen constantes. Mientras que los valores de pH oscilaron entre 8,38 y 8,25. La temperatura de agua y del ambiente presentó variaciones mínimas entre 22 y 24,8 °C.

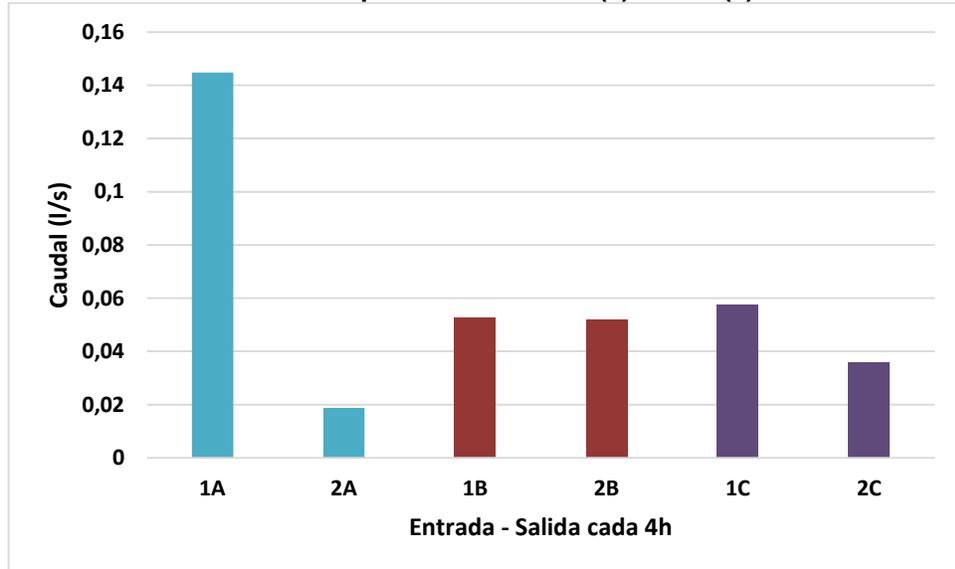
**Tabla 11. Parámetros in situ, Salida PTAR (2A, 2B, 2C).**

Número de Muestra	Hora	Caudal (L/s)	Sólidos Sedimentables (mL/L)	pH (Unidades de pH)	Temperatura Agua (°C)	Temperatura Ambiente (°C)
<b>2A</b>	8 am	0,013	0,1	8,33	22,5	22,8
	9 am	0,018	0,1	8,38	22,8	23,0
	10 am	0,020	0,1	8,30	22,8	23,5
	11 am	0,024	0,1	8,35	23,0	23,6
	<b>Promedio</b>	0,014	0,1	-----	-----	-----
<b>2B</b>	12 m	0,043	0,1	8,30	23,6	24,0
	1 pm	0,041	0,1	8,27	23,7	23,9
	2 pm	0,068	0,1	8,30	23,5	23,8
	3 pm	0,055	0,1	8,35	23,7	23,9
	<b>Promedio</b>	0,052	0,1	-----	-----	-----
<b>2C</b>	4 pm	0,055	0,1	8,31	23,3	24,8
	5 pm	0,028	0,1	8,35	23,8	24,7
	6 pm	0,041	0,1	8,25	24,0	24,6
	7 pm	0,019	0,1	8,26	23,2	23,5
	<b>Promedio</b>	0,036	0,1	-----	-----	-----

Fuente: Autora

A continuación, en la Figura 9 se relaciona el caudal promedio para la entrada y salida de la PTAR a diferentes horas de muestreo. Se observa que el mayor caudal se presentó entre las 8 y 11 a.m. a la entrada de la PTAR comparada con las otras horas de muestreo. Esto es debido a las actividades propias de la Universidad y a la cantidad de estudiantes y personal administrativo en las horas de la mañana.

**Figura 9. Relación del caudal contra puntos de entrada (1)-salida (2) de la PTAR cada 4h**



## **5.2 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LAS AGUAS.**

En la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas, de las muestras tomadas el día 02 de Octubre de 2014 en la PTAR de la Sede UIS Barbosa.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron determinados bajo normas técnicas y métodos oficialmente establecidos y aceptados en el Decreto 1594 de 1984. La conservación y preservación de las muestras se realizó siguiendo los lineamientos establecidos para cada determinación.

**Tabla 12. Caracterización Físicoquímica del Agua: Entrada y Salida PTAR.**

Entrada PTAR				Salida PTAR			MÉTODO/ NORMA	Decret o 1594/8 4
Parámetro	No. 1A	No. 1B	No. 1C	No. 2A	No. 2B	No. 2C		
pH (Unidades de pH)	8,25	8,59	8,85	7,31	7,37	7,35	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,0-9,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	560	190	720	90	56	80	Respirométrico / SM 5210 D	80%
Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	1000	340	1280	160	100	140	Titrimétrico / Reflujo Cerrado / SM 5520 C	-----
Sólidos Suspendidos Totales (mg /L)	124	43	83	13	14	7	Gravimétrico / SM 2540 B	80%
Sólidos Totales (mg/L)	820	784	920	316	320	280	Gravimétrico/ SM 2540 D	80%
Conductividad (µS/cm)	1570	1996	2076	486	489	508	Conductivimétrico / SM 2510	1000
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	240	188	156	180	180	180	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C	-----
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	452,09	546	900,90	29,81	163,80	218,40	Titrimétrico / SM 2320 B	-----
Cloruros (mg Cl <sup>-</sup> /L)	117,53	193,92	279,13	29,38	25,86	25,86	Argentométrico / SM 4500-Cl <sup>-</sup> B	250
Nitrógeno Total ( mg N/L)	146,19	212,12	265,63	17,20	15,29	14,33	Titrimétrico -Kjeldahl / SM 4500 N <sub>T</sub>	-----
Fósforo Total (mg P/L)	8,93	8,27	12,04	3,30	2,75	3,41	Espectrofotométrico / SM 4500 P	-----
Grasas y Aceites (mg /L)	9,52	13,02	12,5	13,2	10,9	7,5	Extracción Líquido /Líquido Gravimétrico/ SM 5520 B	AUSENTE
Tensoactivos (mg SAAM/L)	1,274	0,288	1,418	0,415	0,372	0,402	Espectrofotométrico / J. Rodier Modificado	0,5
Fenoles Totales (mg/L)	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	Espectrofotométrico / SM 5530 C y D	0,002
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L)	202,80	213,98	249,52	80,17	77,99	77,37	Espectrofotométrico / SM 4500 E	400
Sulfuros (mg S <sup>-2</sup> /L)	364,8	123,2	339,2	348,8	355,8	352	Titrimétrico / SM 4500 -S <sup>-2</sup> F	-----
Cianuro (mg CN/L)	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	Espectrofotométrico/ SM 4500	0,2
Hierro (mg Fe/L)	0,723	0,475	0,468	1,183	1,275	0,3725	Espectrofotométrico / SM 3500-B	5,0
Cobre (mg Cu/L)	0,041	0,023	0,022	0,036	0,024	<L.C	Absorción Atómica/SM 3030 E y SM 3111 B	0,2
Cadmio (mg Cd/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3111B	0,01
Cinc (mg Zn/L)	0,057	0,0431	<L.C	0,063	0,011	0,0021	Absorción Atómica/ SM 3114 B	15
Mercurio (µg Hg/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3114C	0,002
Hidrocarburos Totales (mg/L)	<L.C.	<L.C	<L.C	<L.C.	<L.C.	<L.C.	Extracción Líquido-Líquido / SM 5520F	AUSENTE
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,226	0,159	0,299	6,72	6,84	5,10	Espectrofotométrico / SM 4500-B	1
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,602	0,797	0,921	30,18	26,69	21,41	Espectrofotométrico/R ODIER	10
Plomo (mg Pb/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3111B	0,05

El pH a la salida de la PTAR (Tabla 12) para la muestra compuesta es significativamente más bajo aproximadamente 7,3 al reflejado por las muestras puntuales que se encuentra entre 8,25-8,38. Esta disminución de pH se puede explicar debido a que estas muestras fueron almacenadas antes de ser analizadas en el laboratorio.

Los otros parámetros fisicoquímicos cambiaron notablemente entre la entrada y salida de la PTAR. Por ejemplo, la demanda bioquímica disminuyó alrededor de la quinta parte y la demanda química de oxígeno disminuyó alrededor de su décima parte. Los sólidos suspendidos bajaron a la séptima parte y los sólidos totales disminuyeron a la tercera parte aproximadamente. Otros parámetros que disminuyeron significativamente con el tratamiento fueron la conductividad, cloruros, nitrógeno y fósforo, mientras que se observa un aumento en hierro, cobre, nitritos y nitratos. Este aumento con respecto a nitritos y nitratos puede ser debido a que el nitrógeno orgánico con el paso del tiempo se transforma gradualmente a nitrógeno amoniacal y posteriormente, bajo condiciones aeróbicas, será convertido a nitritos y luego a nitratos por la acción bacteriana. En cuanto al hierro puede ser por la producción de ciertas algas que inducen el aumento de hierro y manganeso.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de recuento estándar, coliformes totales y fecales. Se observa una disminución notable para los tres parámetros. Por ejemplo, para el recuento estándar disminuye alrededor de 76,81%, mientras que los coliformes totales disminuyen 75,63% y los fecales disminuyen 67,32%.

**Tabla 13. Caracterización Microbiológica de Aguas en el Laboratorio Entrada y Salida PTAR**

Entrada PTAR			Salida PTAR					
Parámetro	No. 1A	No. 1B	No. 1C	No. 2A	No. 2B	No. 2C	MÉTODO/ NORMA	Decreto 1594/84
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	23000	28000	10500	4510	5450	4300	Filtración por Membrana/ SM 9222H	-----
Coliformes Totales (UFC/100 ml )	22200	26640	9000	4500	5400	4200	Filtración por Membrana/ SM 9222H	-----
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	2960	13320	3000	1500	2700	2100	Filtración por Membrana/ SM 9222H	-----

Fuente: Autora

La Tabla 14 presenta los datos registrados de los análisis para aguas arriba y abajo del vertimiento de las aguas residuales. Analizando las variaciones de pH tanto para aguas arriba como para aguas abajo del Río Suárez, no hay una variación importante, ya que los valores registrados para ambos sitios estuvieron muy cercanos a la neutralidad, registrándose un valor máximo para aguas arriba de 8,11 unidades de pH y 8,08 unidades de pH aguas abajo respectivamente.

En cuanto a las concentraciones presentadas por la DBO<sub>5</sub> y la DQO en aguas arriba y abajo del vertimiento, no variaron significativamente comparadas con los valores a la salida de la PTAR. No se encontró presencia de metales pesados tales como: mercurio (Hg), plomo (Pb), Cadmio (Cd). Tampoco se presentaron hidrocarburos y fenoles totales, todos están por debajo del límite de cuantificación.

En lo concerniente a los demás parámetros se identifica claramente la poca variabilidad de aguas arriba y abajo con respecto a la salida de la PTAR, lo que indica que el vertimiento de las aguas residuales al Río no lo está afectando. Además, es indicativo que la PTAR de la Universidad Industrial Sede Barbosa está realizando eficientemente el proceso de los diversos tratamientos de las aguas residuales, evidenciando así la eficiencia operativa y microbiológica de la PTAR.

**Tabla 14. Caracterización Físicoquímica - Arriba y Abajo del Vertimiento**

Parámetro	No. 3A	No. 3B	No. 4A	No. 4B	MÉTODO/ NORMA	Decreto 1594/84
pH (Unidades de pH)	8,11	8,09	8,08	7,65	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,0-9,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	45	54	27	36	Respirométrico / SM 5210 D	80%
Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	80	96	48	64	Titrimétrico / Reflujo Cerrado / SM 5520 C	-----
Sólidos Suspendidos Totales (mg /L)	8	21	26	16	Gravimétrico / SM 2540 B	80%
Sólidos Totales (mg/L)	156	108	152	124	Gravimétrico/ SM 2540 D	80%
Conductividad (µS/cm)	232	233	232	235	Conductivimétrico / SM 2510	1000
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	140	140	140	140	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C	-----
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	34,78	39,74	29,81	29,81	Titrimétrico / SM 2320 B	-----
Cloruros (mg Cl <sup>-</sup> /L)	7,05	7,05	7,05	7,05	Argentométrico / SM 4500-Cl <sup>-</sup> B	250
Nitrógeno Total (mg N/L)	9,55	11,47	12,42	10,51	Titrimétrico -Kjeldahl / SM 4500 N <sub>T</sub>	-----
Fósforo Total (mg P/L)	0,96	0,73	0,97	0,74	Espectrofotométrico / SM 4500 P	-----
Grasas y Aceites (mg /L)	10,4	8,2	8,4	6,36	Extracción Líquido /Líquido Gravimétrico / SM 5520 B	AUSENTE
Tensoactivos (mg SAAM/L)	<L.C	<L.C.	<L.C.	<L.C.	Espectrofotométrico / J. Rodier Modificado	0,5
Fenoles Totales (mg/L)	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	Espectrofotométrico / SM 5530 C y D	0,002
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L)	32,94	32,33	33,84	32,68	Espectrofotométrico / SM 4500 E	400
Sulfuros (mg S <sup>-2</sup> /L)	345,6	345,6	352	352	Titrimétrico / SM 4500 -S <sup>-2</sup> F	-----
Cianuro (mg CN <sup>-</sup> /L)	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	Espectrofotométrico/ SM 4500	0,2
Hierro (mg Fe/L)	0,027	<L.C	0,35	0,29	Espectrofotométrico / SM 3500-B	5,0
Cobre (mg Cu/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3030 E y SM 3111 B	0,2
Cadmio (mg Cd/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3111B	0,01
Cinc (mg Zn/L)	0,0027	<L.C	0,0027	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3114 B	15
Mercurio (ug Hg/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica/ SM 3114C	0,002
Hidrocarburos Totales (mg/L)	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	Extracción Líquido-Líquido / SM 5520F	AUSENTE
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,040	0,041	0,036	0,042	Espectrofotométrico / SM 4500-B	1
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	1,740	1,715	1,594	1,828	Espectrofotométrico /RODIER	10
Plomo (mg Pb/L)	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	Absorción Atómica / SM 3111B	0,05

Fuente: Autora

En la Tabla 15, se registran los datos en cuanto a recuento estándar, coliformes totales y fecales, de aguas arriba y abajo del vertimiento y se observa un incremento leve de todos estos parámetros microbiológicos si se compara con los parámetros microbiológicos aguas arriba.

**Tabla 15. Caracterización Microbiológica de Aguas Arriba y Abajo del Vertimiento**

Parámetro	No. 3A	No. 3B	No. 4A	No. 4B	MÉTODO/ NORMA	Decreto 1594/84
<b>Recuento Estándar(UFC/100 mL)</b>	4860	4230	4820	5410	Filtración por Membrana/ SM 9222B	-----
<b>Coliformes Totales(UFC/100 mL)</b>	4850	4200	4800	5400	Filtración por Membrana/ SM 9222B	-----
<b><i>E. coli</i> (UFC/100 mL)</b>	2400	2100	2400	2700	Filtración por Membrana/ SM 9222B	-----

Fuente: Autora

### 5.3 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Se presenta los cálculos de los índices de contaminación para las muestras de agua colectada en cada uno de los puntos de monitoreo, correspondientes a los datos de las Tablas 16, 17, 18, 19 y 20.

#### 5.3.1 Índice de contaminación por minerales (ICOMI).

Aplicando las fórmulas referentes, se calcularon el índice de contaminación ICOMI para cada uno de los cuatro puntos de muestreo. Estos índices se muestran en la Tabla 16. Se puede observar que aguas arriba y aguas abajo, la fuente hídrica cuenta con características que la hacen aceptable desde el punto de vista del índice de contaminación por minerales. Estas observaciones demuestran que la carga contaminante de minerales del efluente de la PTAR no cambia las condiciones aguas abajo. En conclusión, la PTAR está aportando una contaminación aceptable de minerales a la fuente hídrica del Río Suárez y según

el ICOMI el agua mejora la calidad a lo largo de su paso por la PTAR pasando de alta a media.

Tabla 16. Índice de Contaminación por Minerales

Índice de Contaminación por Minerales									
$ICOMI = \frac{1}{3} * (I_C + I_D + I_A)$									
Puntos	MUESTRA	CONDUCTIVIDAD AD ( $\mu$ s/cm)	$I_C$	DUREZA (mg Ca CO <sub>3</sub> /L)	$I_D$	ALCALINIDAD (mg Ca CO <sub>3</sub> /L)	$I_A$	ICOMI	Contaminación de los puntos
Entrada PTAR	1A	1570	1,0	240	1,0	452,09	1,0	1,0	Muy alta
	1B	1996	1,0	188	1,0	546	1,0	1,0	Muy alta
	1C	2076	1,0	156	1,0	900,90	1,0	1,0	Muy alta
Salida PTAR	2A	486	1,0	180	1,0	29,81	-0,100	0,633	Media
	2B	489	1,0	180	1,0	163,80	0,569	0,856	Alta
	2C	508	1,0	180	1,0	218,40	0,842	0,947	Alta
Aguas Arriba Río Suárez	3A	232	0,914	140	1,0	34,78	-0,076	0,613	Media
	3B	233	0,916	140	1,0	39,74	-0,051	0,622	Media
Aguas Abajo Río Suárez	4A	232	0,914	140	1,0	29,81	-0,100	0,613	Media
	4B	235	0,921	140	1,0	29,81	-0,100	0,607	Media

Fuente: Autora

### 5.3.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

En la Tabla 17 se presentan los valores obtenidos para el índice de contaminación por materia orgánica para los cuatro puntos de muestreo. Se puede observar que el ICOMO es más bajo a la salida de la PTAR en comparación al ICOMO en la entrada de la PTAR. El índice de contaminación aguas arriba y aguas abajo permanece aproximadamente constante demostrando que el efluente de la PTAR no afecta el cuerpo hídrico.

Tabla 17. Índice de contaminación por materia orgánica.

Índice de Contaminación por Materia Orgánica											
ICOMO = 1/3 * (I <sub>DBO</sub> + I <sub>C</sub> + I <sub>O%</sub> )											
Puntos	Muestra	OD	% de saturación de oxígeno	I <sub>O%</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	I <sub>DBO</sub>	COLIFORMES TOTALES (UFC)	CT (NPM)	I <sub>C</sub>	ICOMO	Contaminación de los puntos
Entrada PTAR	1A	1,7	21,25	0,786	560	1	22200	100.000	1	0,929	Muy alta
	1B	4,9	61,25	0,385	190	1	26640	100.000	1	0,795	Alta
	1C	0,9	11,25	0,888	720	1	9000	10.000	1	0,963	Muy alta
Salida PTAR	2A	5,3	66,25	0,338	90	1	4500	1000	0,97	0,769	Alta
	2B	6,1	75,0	0,250	56	1	5400	1000	0,97	0,769	Alta
	2C	5,8	72,5	0,275	80	1	4200	1000	0,97	0,769	Alta
Aguas Arriba Río Suárez	3A	6,5	81,25	0,188	45	1	4850	1000	0,97	0,769	Alta
	3B	6,2	77,5	0,225	54	1	4200	1000	0,97	0,769	Alta
Aguas Abajo Río Suárez	4A	7,1	88,75	0,113	27	0,5	4800	1000	0,97	0,769	Alta
	4B	6,9	86,25	0,138	36	1	5400	1000	0,97	0,769	Alta

Fuente: Autora

### 5.3.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos totales (ICOSUS).

Según los resultados de la Tabla 18 se evidencia que la PTAR tiene un buen sistema de remoción de sólidos suspendidos cumpliendo con el Decreto 1594 de 1984. Se observa que el ICOSUS aguas arriba y aguas abajo no son significativamente diferentes, lo que quiere decir que el efluente de la PTAR no está aportando alto contenido de sólidos suspendidos totales al cuerpo hídrico.

Tabla 18. Índice de contaminación por sólidos suspendidos totales.

Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos Totales				
ICOSUS = $-0,02 + 0,003 * SST$				
Puntos	Muestra	Sólidos Suspendidos	ICOSUS	Contaminación de los Puntos
Entrada PTAR	1 <sup>a</sup>	124	0,372	Baja
	1B	43	0,109	Ninguna
	1C	83	0,229	Baja
Salida PTAR	2A	13	0,019	Ninguna
	2B	14	0,022	Ninguna
	2C	7	0,001	Ninguna
Aguas Arriba Río Suárez	3A	8	0,004	Ninguna
	3B	21	0,043	Ninguna
Aguas Abajo Río Suárez	4A	26	0,058	Ninguna
	4B	16	0,028	Ninguna

Fuente: Autora

#### 5.3.4 Índice de contaminación por pH (ICOpH).

De acuerdo a la Tabla 19, el tratamiento del agua residual contribuye a la disminución del pH. De esta manera no se observan cambios en el pH del cuerpo hídrico relacionado con el vertimiento de la PTAR. Cabe aclarar que el pH del efluente de la PTAR se encuentra entre los límites permitidos de la norma, entre 5 y 9.

Tabla 19. Índice de contaminación por pH.

Índice de Contaminación por pH $ICOpH = \frac{e^{-31,8+3,45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31,8+3,45 \text{ pH}}}$				
Puntos	Muestra	pH	ICOpH	Contaminación de los Puntos
Entrada PTAR	1A	8,25	0,0343	Ninguna
	1B	8,59	0,103	Ninguna
	1C	8,85	0,219	Baja
Salida PTAR	2A	7,31	0,0014	Ninguna
	2B	7,37	0,0017	Ninguna
	2C	7,35	0,0016	Ninguna
Aguas Arriba Río Suárez	3A	8,11	0,021	Ninguna
	3B	8,09	0,020	Ninguna
Aguas Abajo Río Suárez	4A	8,08	0,019	Ninguna
	4B	7,65	0,0045	Ninguna

Fuente: Autora

### 5.3.5 Índice de contaminación por Trofia.

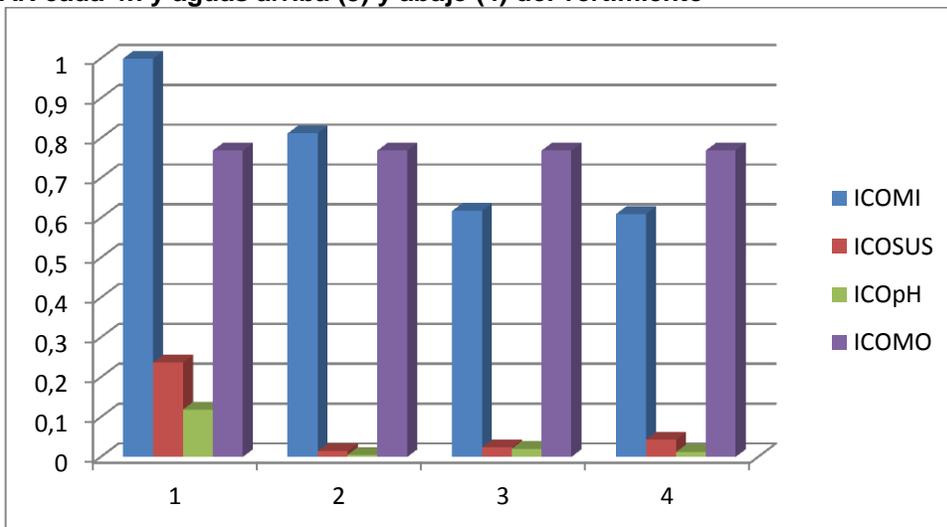
Los índices de contaminación por Trofia se presentan en la Tabla 20. Aunque la entrada y salida de la PTAR presentan condiciones hipereutróficas, se observa una disminución notable de los niveles de concentración de fósforo. Además el vertimiento del efluente de la planta no afecta los niveles de fosforo del Río Suárez, que presenta trofia en cuanto a los valores del índice de contaminación de fósforo.

Tabla 20. Índice de contaminación por trofia.

Índice De Contaminación Por Trofia				
Puntos	Muestra	Fósforo Total (mg P/L)	ICOTRO	Contaminación de los Puntos
Entrada PTAR	1A	8,93	hipereutrofia	Muy alta
	1B	8,27	hipereutrofia	Muy alta
	1C	12,04	hipereutrofia	Muy alta
Salida PTAR	2A	3,30	hipereutrofia	Muy alta
	2B	2,75	hipereutrofia	Muy alta
	2C	3,41	hipereutrofia	Muy alta
Aguas Arriba río Suárez	3A	0,96	Eutrofia	Muy alta
	3B	0,73	Eutrofia	Muy alta
Aguas Abajo río Suárez	4A	0,97	Eutrofia	Muy alta
	4B	0,74	Eutrofia	Muy alta

Fuente: Autora

Figura 10. Relación de los índices de contaminación contra puntos de entrada (1)-salida (2) de la PTAR cada 4h y aguas arriba (3) y abajo (4) del vertimiento



En la Figura 10 se presentan los valores obtenidos para cuatro de los índices de contaminación calculados. El índice de contaminación por trofia (ICOTRO) es un índice cualitativo así que no puede ser comparado con los otros cuatro.

Analizando la gráfica se hace evidente a la entrada de la PTAR, se encuentran los índices de contaminación más altos. Además en la salida de la PTAR disminuyó significativamente la contaminación por ICOpH e ICOSUS. Con respecto a ICOMI disminuyó pero levemente; y para el índice de contaminación ICOMO se observa constante en la salida y los otros puntos del vertimiento. Para aguas arriba y aguas abajo el mayor índice de contaminación se presentó para el ICOMI.

#### **5.4 ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SISTEMA DE VERTIMIENTOS**

La lista de chequeo o de verificación se utilizó para tener una idea inicial sobre el estado de la PTAR. Para esto se realizó un conjunto de preguntas que permite calificar como buena, regular o mala el funcionamiento en general de la PTAR e identificar algunas amenazas.

El conjunto de preguntas se colocó en la primera columna y en las columnas dos, tres y cuatro se dio respuesta a cada pregunta marcando con una X. La X se colocó en la primera columna cuando SI existe o ha existido el riesgo, en la tercera columna cuando NO existe o no ha existido el riesgo, y en la segunda columna cuando PARCIALMENTE no ha existido el riesgo. Se calcula el porcentaje acumulado, dando 100% cuando la pregunta fue contestada con SI, 50% cuando la pregunta fue contestada con PARCIALMENTE, y 0% cuando la pregunta fue contestada con NO.

Al final de la columna se muestra el promedio de las calificaciones dadas así:

$$\text{PROMEDIO} = \text{Porcentaje acumulado} / \text{Número total de preguntas por 100}$$

Para la evaluación se tomó en cuenta:

0 % -33 % Malo, 34 %-50 % Regular y 55 % -100 % Bueno

**Tabla 21. Lista de chequeo para el diagnóstico inicial de la PTAR.**

PREGUNTA	Si	Parcial	No	Porcentaje Acumulado
	100	50	0	
¿Se ha reportado algún tipo de evento ya sea natural u operativo en la PTAR durante estos cinco años de operación?			X	0
¿Los detergentes que se utilizan son los adecuados?	X			100
¿Existen quejas de los habitantes cercanos, referente a la ubicación de la PTAR?	X			200
¿El espacio destinado para la adecuación de la planta es apropiado?	X			300
¿La PTAR es apropiada para la cantidad de aguas residuales que genera la Universidad Industrial de Santander?	X			400
¿Existen fugas durante el proceso de Tratamiento?			X	400
¿Los equipos del proceso de tratamiento poseen protección contra algún tipo de contaminación externa o lluvias?	X			500
¿La PTAR se construyó para tratar aguas residuales domésticas?	X			600
¿Existe un plan de mantenimiento periódico?			X	600
¿Las tuberías de aguas domésticas se unen con las de aguas lluvias?			X	600
¿En temporada de lluvias hay problemas en el proceso de tratamiento y en el caudal de entrada?			X	600
¿Existe alguna utilización del agua del efluente de la PTAR?	X			700
¿Se esta ejecutando un plan de contingencia para funcionamiento?	X			800
¿Se realizan monitoreos sobre la calidad del efluente?		X		850
¿Las tuberías de las aguas domésticas han colapsado en alguna oportunidad?			X	850
PORCENTAJE FINAL= Porcentaje Total/15*100	% Final = 850/15*100 = 56,66			

Fuente: Con base a la Norma UNE 150008-2008. Evaluación de Riesgos Ambientales

Del resultado obtenido de la ejecución de la lista de chequeo, se logró un porcentaje acumulado de 850, y que al dividir por 15 que corresponde al número de preguntas, el porcentaje final corresponde a un 57 %, lo que indica que la PTAR se encontró en un estado bueno de acuerdo a los rangos de calificación.

De acuerdo con el diagnóstico realizado a la PTAR y los antecedentes históricos de los accidentes ocurridos en la región, mencionados en el marco teórico de este trabajo se procedió a evaluar la probabilidad de ocurrencia de los riesgos mencionados. Ver Tabla 22. Además en los anexos B, C y D; se encuentran también las amenazas identificadas de acuerdo a la metodología de Análisis de Riesgos ¿Qué pasa si?.

Luego se determinó la gravedad de las consecuencias para cada uno de los entornos y escenarios de riesgo, teniendo en cuenta las fórmulas dadas en la Tabla 7 para su respectivo cálculo; además se realizó la valoración del riesgo para cada uno de los entornos (Tabla 23).

**Tabla 22. Clasificación de los Riesgos y su Probabilidad de Ocurrencia.**

Amenaza	Probabilidad de Ocurrencia		Referencia	
	Categoría	Puntaje		
<b>Amenazas Naturales</b>				
E1	Inundaciones o avalanchas	Probable	3	Según históricos de IDEAM
E2	Incendios	Posible	2	Según históricos de IDEAM
E3	Sismos	Probable	3	Según históricos de IDEAM
E4	Precipitación	Altamente probable	4	Según históricos de IDEAM
E5	Deslizamientos	Improbable	1	Según históricos de IDEAM
<b>Amenazas de Orden Público y Socio-cultural</b>				
E1	Colapso de tubería	Probable	3	Según registros de la sede (ninguno)
E2	Paro de la PTAR	Probable	3	Según registros de la sede (ninguno)
E3	Saturación en el proceso de depuración	Probable	3	Según registros de la sede (ninguno)
E4	Variación de parámetros de la calidad del agua.	Muy probable	5	Según registros de la sede (ninguno)
E5	Uso de detergentes inadecuados	Posible	2	Según registros de la sede (ninguno)
E6	Obstrucción o taponamiento del sistema	Posible	2	Según registros de la sede (ninguno)
E7	Aumento de personal administrativo y alumnos	Muy probable	5	Según registros de la sede (ninguno)
<b>Amenazas Operativas</b>				
E1	Atentados terroristas	Posible	2	Según POT y EOT
E2	Protestas, bloqueos y marchas	Posible	2	Según POT y EOT
E3	Accidentes de transporte	Probable	3	Según POT y EOT

Fuente: Adaptado Decreto 3930 de 2010, Resolución 1514 de 2012.

**Tabla 23. Matriz de Probabilidad, Gravedad y Valoración del Riesgo.**

Amenaza		probabilidad	Gravedad Consecuencias			Valoración del Riesgo		
			Natural	Humano	Socioeconómico	Natural	Humano	Socioeconómico
<b>Amenazas Naturales</b>								
<b>E1</b>	Inundaciones ó avalanchas	3	5	5	5	15	15	15
<b>E2</b>	Incendios intencionales	2	4	3	3	8	6	6
<b>E3</b>	Sismos	3	5	4	4	15	12	12
<b>E4</b>	Precipitación	3	4	4	4	12	12	12
<b>E5</b>	Deslizamientos	3	4	4	4	12	12	12
<b>Amenazas de Orden Público y Socio-cultural</b>								
<b>E6</b>	Atentados terroristas	2	4	4	4	8	8	8
<b>E7</b>	Protestas, bloqueos y marchas	2	4	5	4	8	10	8
<b>E8</b>	Accidentes de transporte	3	3	4	3	9	12	9
<b>Amenazas Operativas</b>								
<b>E9</b>	Colapso de la tubería	2	3	3	3	6	6	6
<b>E10</b>	Paro de la PTAR	3	3	4	3	9	12	9
<b>E11</b>	Saturación en el proceso de depuración	3	3	2	2	9	6	6
<b>E12</b>	Variación de parámetros de la calidad del agua.	5	3	3	3	15	15	15
<b>E13</b>	Se utilizan detergentes no apropiados	2	3	3	3	6	6	6
<b>E14</b>	Obstrucción o taponamiento del sistema	2	3	2	3	6	4	6
<b>E15</b>	Aumento de personal administrativo y alumnos	5	2	2	2	10	10	10

Fuente: Adaptado Decreto 3930 de 2010, Resolución 1214 de 2012.

Una vez estimadas las probabilidades de ocurrencia de las amenazas identificadas, la gravedad de las consecuencias y la valoración del riesgo ambiental para cada uno de los entornos, se procedió a calcular el riesgo y se asignó el valor de medio, alto, bajo y moderado nivel del riesgo para los tres entornos estudiados (Tabla 24).

**Tabla 24. Matriz de Estimación del Riesgo Ambiental.**

Amenaza	Valoración del Riesgo			Estimación del Riesgo		
	Natural	Humano	Socioeconómico	Natural	Humano	Socioeconómico
<b>Amenazas Naturales</b>						
E1	Inundaciones o avalanchas	15	15	15	Riesgo medio	
E2	Incendios intencionales	8	8	8	Riesgo moderado	
E3	Sismo	15	12	12	Riesgo medio	
E4	Precipitación	12	12	12	Riesgo moderado	
E5	Deslizamientos	12	12	12	Riesgo medio	
<b>Amenazas de Orden Público y Socio-culturales</b>						
E6	Atentados terroristas	8	8	8	Riesgo moderado	
E7	Protestas, bloqueos y marchas	8	10	8	Riesgo moderado	
E8	Accidentes de transporte	9	12	9	Riesgo medio	
<b>Amenazas Operativas</b>						
E9	Colapso de la tubería	6	6	6	Riesgo moderado	
E10	Paro de la PTAR	9	12	9	Riesgo moderado	
E11	Saturación en el proceso de depuración	9	6	6	Riesgo moderado	
E12	Variación de parámetros de la calidad del agua.	15	15	15	Riesgo medio	
E13	Se utilizan detergentes no apropiados	6	6	6	Riesgo moderado	
E14	Obstrucción o taponamiento del sistema	6	4	6	Riesgo moderado	
E15	Aumento de personal administrativo y alumnos	10	10	10	Riesgo moderado	

Para la evaluación final del riesgo ambiental se elaboraron tres tablas de doble entrada, una para cada entorno (natural, humano, socioeconómico), en las que gráficamente aparece cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencia, resultado de la estimación del riesgo ambiental (Tablas 25, 26 y 27).

Tabla 25. Riesgo Ambiental Entorno Natural.

		Gravedad del Entorno				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2			E9, E10, E11, E13, E14	E2, E6,E7	
	3			E8	E3, E4, E5	E1, E3
	4					
	5		E15	E12		
<b>Riesgo</b>						

Fuente: Autora

Tabla 26. Riesgo Ambiental Entorno Socioeconómico y Cultural.

		Gravedad del Entorno				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2			E2,E9,E13,E14	E6,E7	
	3		E11	E8,E10	E3, E4,E5	E1
	4					
	5		E15	E12		
<b>Riesgo</b>						

Fuente: Autora

Tabla 27. Riesgo Ambiental Entorno Humano.

		Gravedad del Entorno				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2		E14	E2,E9,E13	E6	E7
	3		E11		E3, E4,E5,E8, E10	E1
	4					
	5		E15	E12		
<b>Riesgo</b>						

Fuente: Autora

Se puede observar que la amenaza por *inundaciones ó avalanchas* tiene un riesgo moderado en los tres entornos (humano, natural y socio-económico), esto es principalmente debido a que los registros históricos muestran que las inundaciones son probables, es decir, pueden ocurrir una vez entre un periodo que va de un año a 10 años. El riesgo de *incendios intencionales* resulta moderado para los tres entornos lo que significa que presentan impactos negativos tanto en el escenario humano, natural y socio-económico puesto que la recuperación puede ser rápida y presenta pocas pérdidas económicas. El riesgo de *sismos* muestra un riesgo medio puesto que aunque las pérdidas económicas pueden ser altas, la probabilidad de que ocurra es muy baja. El riesgo de *precipitación* es medio para los tres entornos, puesto que la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias resultan en un nivel medio y finalmente el último riesgo de amenazas naturales correspondiente a *deslizamientos* es un riesgo medio para los tres entornos. Esto es debido a la ocurrencia de estos en los últimos cinco años. Para concluir podemos decir que los mayores riesgos están para los sismos, precipitaciones y deslizamientos.

Dentro de las *amenazas de orden público y socio-culturales*, los *atentados terroristas junto con protestas bloqueos y marchas* presentan un riesgo moderado de los tres entornos puesto que podrían presentar un tiempo de recuperación relativamente corto y su probabilidad de ocurrencia es muy baja debido a que no existen históricos. Y para la amenaza de *accidentes de transporte* el riesgo resultó medio para los tres entornos ya que el flujo vehicular es relativo en esta zona. Además no se presentan registros históricos. Principalmente, cuando no hay registros históricos es porque este evento no ha ocurrido.

Para las amenazas operativas tales como: *colapso de la tubería, paro de la PTAR, saturación en el proceso de depuración, utilización detergentes no apropiados, obstrucción o taponamiento del sistema, aumento de personal administrativo y alumnos*; se encontró que los riesgos son moderados para los tres entornos, con

pocas implicaciones y pérdidas económicas y tiempos de recuperación a corto plazo. Mientras que la *variación de parámetros* de la calidad del agua, corresponde a un riesgo medio en los tres entornos estipulados, esto es debido a que posee una alta probabilidad de ocurrencia puesto que fallas operacionales y la falta de mantenimiento pueden contribuir a esta amenaza.

## **6. PROCESO DE REDUCCIÓN DEL RIESGO ASOCIADO AL SISTEMA DE GESTIÓN DEL VERTIMIENTO**

A partir de la evaluación de los riesgos, se realizó la priorización de las amenazas teniendo en cuenta desde el nivel más alto al más bajo. En este trabajo, los riesgos asociados a la PTAR de UIS-Sede Barbosa fueron medios y moderados. Aquí se escriben las medidas de prevención y acciones correctivas para reducir los riesgos identificados en caso que llegase a suceder este tipo de eventos.

En este trabajo, la reducción del riesgo fue enfocada a la variación de parámetros de la calidad del agua debido a que este riesgo resultó medio como otros 4 riesgos de la lista. Pero, el riesgo mencionado fue considerado más importante debido a la falta de mantenimiento que ha tenido la planta desde que fue puesta en marcha.

Se presentan cuatro medidas para la mitigación de este riesgo:

1. Capacitación del personal
2. Monitoreo de la calidad del agua
3. Evaluación de infraestructura de la planta y mantenimiento.
4. Comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto

A continuación se presenta una ficha por cada medida como contempla el Decreto 3930 2010: Resolución 1514 de 2012. Cada ficha contiene objetivos y metas, tipo de medida, descripción de la medida, recursos, estrategias de implementación, cronograma, responsable, indicadores de seguimiento, mecanismos de seguimiento.

**Tabla 28. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Capacitación.**

Ficha No 1													
Proceso de Reducción del Riesgo. Capacitación													
<b>1. Identificación del usuario</b>													
Nombre o razón social: PTAR UIS-Sede Barbosa													
Dirección: Km 2 Vía Cite				Vereda: Centro				Municipio: Barbosa					
Departamento: Santander						Representante Legal: José Fabio Pinzón							
<b>2. Descripción de la medida de reducción del riesgo</b>													
Fecha de Elaboración : Junio 02 del 2015		Tipo de medida: Mitigación y Prevención		Estructural _x__				No estructural _x__					
Objetivo: Capacitar a l personal de planta física de la PTAR UIS-Sede Barbosa													
Meta: Capacitación													
Descripción de la acción propuesta: Diseñar una estrategia de capacitación y formación en plan de gestión de riesgo de vertimiento para todo el personal de la Universidad.													
Responsable: Jefe de Planta física						Plazo para la ejecución: 1 año							
Estrategia de implementación:													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilizar al personal de planta física de la importancia del cuidado del medio ambiente y los recursos naturales</li> <li>Capacitar al personal de planta física con respecto al manejo de derrames y vertimientos, sus responsabilidades y respectivos procedimientos</li> <li>Capacitar sobre el mantenimiento de la planta y emergencias.</li> </ul>													
Nombre de la medida	Costo	Cronograma											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Capacitación Ambiental	Incluido en operación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Capacitación de Derrames	Incluido en operación									x	x	x	X
Capacitación sobre Mantenimiento	Incluido en operación									x	x	x	X
Capacitación de emergencias y monitoreo de calidad del agua	Incluido en operación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Mecanismos de Seguimiento: Reportes de capacitación Reportes: Siso y ARP						Indicadores de seguimiento: Ejecución: Actividades programadas/Actividades ejecutadas Cantidad: Empleados capacitados							

**Tabla 29. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Monitoreo de la calidad del agua.**

Ficha No 2													
Proceso de Reducción del Riesgo. Monitoreo de la calidad del agua													
<b>1. Identificación del usuario</b>													
Nombre o razón social: PTAR UIS-Sede Barbosa													
Dirección: Km 2 Vía Cite				Vereda: Centro				Municipio: Barbosa					
Departamento: Santander						Representante Legal: José Fabio Pinzón							
<b>2. Descripción de la medida de reducción del riesgo</b>													
Fecha de Elaboración : Junio 02 del 2015			Tipo de medida: Mitigación y Prevención			Estructural <u>  x  </u>			No estructural <u>  x  </u>				
Objetivo: Monitorear la calidad del agua													
Meta: Monitoreo continuo de la calidad del agua													
Descripción de la acción propuesta: Diseñar una estrategia de para el monitoreo continuo del agua													
Responsable: Jefe de Planta física						Plazo para la ejecución: una vez por día							
Estrategia de implementación:													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear una vez por día la calidad del agua</li> <li>• Llevar registros de la calidad del agua de entrada y salida de la PTAR</li> <li>• Toma de muestras para ensayos especializados cada 6 meses</li> </ul>													
Nombre de la medida	Costo	Cronograma											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Monitoreo diaria y registro		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Toma de muestras para ensayos especializados							x						X
Mecanismos de Seguimiento:						Indicadores de seguimiento:							
Reportes de capacitación						Ejecución: Actividades programadas/Actividades							
Reportes: Siso y ARP						ejecutadas							
						Cantidad: Empleados capacitados							

**Tabla 30. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Evaluación de la infraestructura y mantenimiento.**

Ficha No 3															
Proceso de Reducción del Riesgo. Evaluación de infraestructura y mantenimiento															
<b>1. Identificación del usuario</b>															
Nombre o razón social: PTAR UIS-Sede Barbosa															
Dirección: Km 2 Vía Cite				Vereda: Centro				Municipio: Barbosa							
Departamento: Santander						Representante Legal: José Fabio Pinzón									
<b>2. Descripción de la medida de reducción del riesgo</b>															
Fecha de Elaboración : Junio 02 del 2015			Tipo de medida: Mitigación y Prevención			Estructural <input checked="" type="checkbox"/>			No estructural <input type="checkbox"/>						
Objetivo: Monitorear la calidad del agua															
Meta: Monitoreo continuo de la calidad del agua															
Descripción de la acción propuesta: Diseñar una estrategia de para evaluar la infraestructura física de la PTAR y realizar mantenimiento cuando sea requerido.															
Responsable: Jefe de Planta física						Plazo para la ejecución: una vez por día									
Estrategia de implementación:															
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de infraestructura</li> <li>• Mantenimiento de la infraestructura</li> </ul>															
Nombre de la medida		Costo		Cronograma											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Evaluación de infraestructura									x						X
Mantenimiento									x						X
Mecanismos de Seguimiento:						Indicadores de seguimiento:									
Reportes de capacitación						Ejecución: Actividades programadas/Actividades ejecutadas									
Reportes: Siso y ARP						Cantidad: Empleados capacitados									

**Tabla 31. Plan de mitigación para la variación de los parámetros de la calidad del agua. Comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto.**

Ficha No 4													
Proceso de Reducción del Riesgo: Comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto.													
<b>1. Identificación del usuario</b>													
Nombre o razón social: PTAR UIS-Sede Barbosa													
Dirección: Km 2 Vía Cite				Vereda: Centro				Municipio: Barbosa					
Departamento: Santander						Representante Legal: José Fabio Pinzón							
<b>2. Descripción de la medida de reducción del riesgo</b>													
Fecha de Elaboración : Junio 02 del 2015			Tipo de medida: Mitigación y Prevención			Estructura <u>  x  </u>			No estructural <u>  </u>				
Objetivo: Instalación de tubería y válvulas que permitan el flujo de agua de la entrada de la PTAR hacia un sistema de acueducto cuando sea requerido.													
Meta: Flujo de agua de entrada de la PTAR hacia un sistema de acueducto cuando sea requerido													
Descripción de la acción propuesta: Instalación de tubería y válvulas para permitir el flujo de agua de entrada de la PTAR un sistema de acueducto													
Responsable: Jefe de Planta física						Plazo para la ejecución: una vez por día							
Estrategia de implementación:													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de tubería y válvulas</li> <li>• Pruebas de funcionamiento</li> </ul>													
Nombre de la medida	Costo	Cronograma											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Instalación de tuberías y válvulas		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Pruebas de funcionamiento													X
Mecanismos de Seguimiento: Reportes de capacitación Reportes: Siso y ARP						Indicadores de seguimiento: Ejecución:      Actividades      programadas/Actividades ejecutadas Cantidad: Empleados capacitados							

## 7. PROCESO DE MANEJO DEL DESASTRE

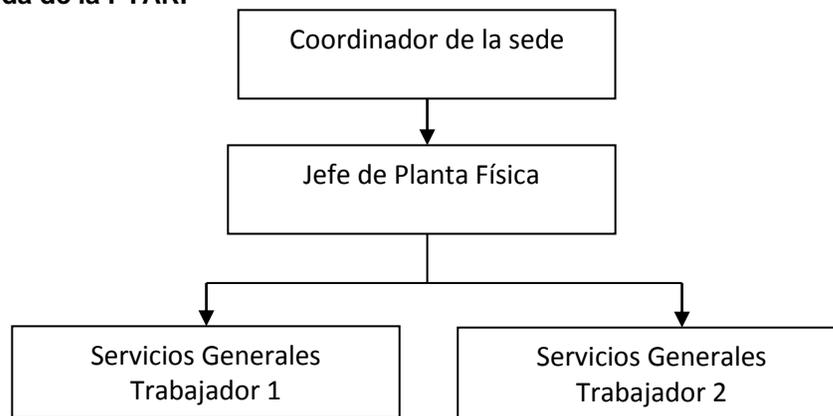
De acuerdo con lo propuesto por la Ley 1523 de 2012, el manejo del desastre está conformado por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación post-desastre, la ejecución de la respuesta y su respectiva recuperación.

### 7.1 PREPARACIÓN PARA LA RESPUESTA

Son las acciones encaminadas en caso de que se presente una emergencia e incluye:

- Plan Estratégico, está encaminado a organizar los diferentes niveles de autoridad que se deben tener en cuenta para la respuesta ante un riesgo.

**Figura 11. Niveles de autoridad para atender emergencias como cambios en la calidad de agua de salida de la PTAR.**



- Plan Operativo, conformado por las diferentes actividades que se deben ejecutar por las diferentes personas que constituyen los diferentes niveles de autoridad.

*Servicios Generales:*

Informar al jefe de Planta Física.

Seguir las instrucciones de parte del jefe de Planta Física y/o coordinador de la sede.

*Jefe de Planta física:*

Informar al coordinador de la sede.

Seguir las instrucciones del coordinador de la sede.

*Coordinador de la sede:*

Ordenar el cierre de la PTAR y el flujo de agua hacia el sistema de acueducto.  
Comunicarse con el acueducto para que asuma las funciones de tratamiento de las aguas residuales.

Ordenar la evacuación de la sede si los niveles de contaminación son altos.

- Plan Informático, representado en la recolección de información sobre posibles empresas o entidades que podrán apoyar durante la respuesta dependiendo del tipo de evento (Decreto 3930 de 2010) como la CAS y empresas que puedan hacer consultoría para que la PTAR vuelva a su normalidad.

## **7.2 PREPARACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN POST-DESASTRE Y EJECUCIÓN DE LA RESPUESTA**

1. Dentro de los recursos que se asignen para los planes y programas del presente documento, se debe tener en cuenta los programas de rehabilitación y recuperación
2. Se debe realizar un inventario exhaustivo de los daños que hubo tras el siniestro:
  - La infraestructura

- Sistema de tratamiento. Incluida la tubería y demás unidad que hagan parte del sistema
- La maquinaria
- La calidad de la información
- Del talento humano
- Los insumos

### 3. Priorización de los daños

Es necesaria la evaluación de los daños que fueron de mayor relevancia y generar espacios para la búsqueda de soluciones y alternativas para la rehabilitación de cada uno de los aspectos que tuvieron mayor afectación.

### 4. Realizar verificación de planes y programas

De acuerdo al estado en que quedaron las instalaciones y demás aspectos evaluados, es necesario realizar la reformulación de los planes y programas establecidos en la Universidad, incluido el presente documento.

5. Elaborar nuevas evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad, riesgo y los programas y planes de mitigación.

6. Realizar seguimiento periódico con evaluación prioritaria del evento que se presentó en la Universidad.

## 8. CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos cambiaron notablemente entre la entrada y salida de la PTAR. Por ejemplo, la demanda bioquímica y la demanda química de oxígeno, los sólidos suspendidos y los sólidos totales, la conductividad, cloruros, nitrógeno y fósforo, disminuyeron notablemente. Mientras que se observa un aumento en hierro, cobre, nitritos y nitratos.

Los índices de contaminación por trofia, para los cuatro puntos de muestreo resultaron muy altos lo que indica un alto nivel de eutrofización e hipertrofia. Aunque el tratamiento de la PTAR reduce el fósforo total, el agua a la salida de la PTAR sigue presentando condiciones de hipertrofia. Adicionalmente el tratamiento de la PTAR reduce la contaminación de minerales (ICOMI) y la contaminación por materia orgánica de niveles de contaminación muy altos a altos.

El riesgo se determinó con la probabilidad de ocurrencia y la valoración de la gravedad de las consecuencias. El análisis mostró que los principales riesgos fueron sismos, precipitaciones, deslizamientos, accidentes de transporte y variación en los parámetros de la calidad del agua. Estos presentaron un nivel de riesgo medio en los tres entornos. Además se observa que en la actualidad no hay una amenaza de riesgos alto ni muy altos para la PTAR.

Se definieron acciones y procedimientos en el proceso de Manejo del Desastre para el riesgo de variación de los parámetros de la calidad del agua puesto que este riesgo fue considerado más importante debido a fuera probable debido a la falta de mantenimiento de la PTAR. Como medidas del manejo de desastres se tomaron la capacitación del personal, Monitoreo de la calidad del agua, evaluación de infraestructura de la planta y mantenimiento y finalmente, comunicación de la PTAR con un sistema de acueducto.

## **9. RECOMENDACIONES**

Realizar un mantenimiento y limpieza periódico al sistema biológico que conforma la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para una mayor eficiencia de esta PTAR a cualquier hora del día. Esto se evidenció con la medición de los caudales ya que su valor fue reducido con respecto al consumo de agua en la Sede que puede llegar a la PTAR y así se evita la saturación y deterioro de la misma.

Mantener siempre aseado todos los alrededores que conforman la PTAR ya que el acceso a los puntos de entrada y salida para la toma de caudales fue un poco complicado y ello originó pérdidas en sus mediciones.

Optimizar los procesos de la Planta de Aguas Residuales PTAR producidas por la Universidad Industrial de Santander Sede Barbosa.

Describir las rutinas de operación que se realizan en la planta de tratamiento de aguas residuales una vez se optimice el proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

Standard Methods for the Examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. APHA AWWA WEF. 2012. 22 ND Edición. Washington, D.C. p 2.61-2.66, 5.4-5.13, 5.16-5.20, 5.38, 9.74, 9.90.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2010.

Estudio Geotécnico y Geológico Nueva Sede Universidad Industrial de Santander Barbosa – Santander Estudio realizado por Director del Estudio. Jaime Suárez Díaz Tarjeta Profesional 15439 de Cundinamarca. Junio de 2007.

Fernández, N., Solano, F. 2005. Índices de calidad y de contaminación del agua. Universidad de Pamplona. Colombia.

Guzmán R. D. 2012. Formulación del plan de riesgo para el manejo de vertimientos de la industria Farmacéutica. GENFAR S.A. p 52, 115-120.

IDEAM., Estudio Nacional de Aguas. [En línea]. [Citado el 22 Junio de 2014]. Disponible en: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

Manahan S.E. 2007. Introducción a la química Ambiental. Editorial Reverté, México. p 208-215.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1984. Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos. [En línea]. [Citado el 14 de Marzo de 2014]. Disponible en: [www.encolombia.com//hume-normas.html](http://www.encolombia.com//hume-normas.html).

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2011. Dirección de Ecosistemas – Grupo de Recurso Hídrico República de Colombia. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos. DECRETO 3930 DE 2010. BOGOTA, D.C

Norma UNE 150008-20008. Análisis y evaluación de los riesgos ambientales. Unión de Naciones Europeas.

Plan de Desarrollo 2012-2015 Barbosa Santander. [En línea]. [Citado el 12 Mayo de 2015]. Disponible en [www.barbosa-santander.gov.co](http://www.barbosa-santander.gov.co)

Plan de Ordenamiento Territorial Barbosa Santander. [En línea]. [Citado el 12 Mayo de 2015]. Disponible en [www.barbosa-santander.gov.co](http://www.barbosa-santander.gov.co)

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., 2.000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS – 2000.

Ramalho J., Tratamiento de aguas residuales. 2003. Editorial Reverté, S.A. p 91, 154-155.

Ramírez A, Restrepo R, Cardeñosa M. 1999. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. CT&F. 1(5). p 89-99.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., 2.000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS.

Ronzano LL. E., Dapena B. J.1995. Tratamiento Biológico de las aguas Residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España. p 1-10.

Romero, A. Tratamiento de aguas residuales. 2001. Editorial Reverté, S.A. p 63-66.

Romero R. J. A. Acuíquímica.1996. Primera Edición. Editorial Presencia. Santafé de Bogotá, Colombia. p 106-119.

Russel D. L. 2012. Tratamiento de Aguas Residuales: un enfoque práctico. Primera Edición. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. p 88-90.

Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, L. 2007. Parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación* 27 (3), 172-181.

Velázquez A. L., Calderón M., y Tomasini O. A. 1995. Serie Autodidáctica de medición de la Calidad del Agua. Fundamentos Técnicos para el Muestreo y Análisis de Aguas Residuales. [En línea]. [Citado el 05 de Mayo de 2014.]. Disponible en : [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos\\_Tecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos_Tecnicos.pdf).

## ANEXOS

### ANEXO A. FOTOGRAFÍAS DE LOS SITIOS MONITOREADOS

#### Fotografía 1. Entrada PTAR 1A, 1B, 1 C



Fuente: Autora



Fuente: Autora

**Fotografía 2. Salida PTAR 2A, 2B, 2C**



Fuente: Autora



Fuente: Autora

**Fotografía 3. Aguas arriba Río Suárez, 3A, 3B**



Fuente: Autora

**Fotografía 4. Aguas abajo del Río Suárez, 4A, 4B**



Fuente: Autora

## Anexo B. Amenazas Operativas

¿Qué Pasa Si?	Consecuencias	Causas	Efectos
Colapso de la tubería	Interrupción del tratamiento de aguas residuales	Falta de mantenimiento de la PTAR.	Multas.
	Proceso ineficiente.		Interrupción de los procesos de tratamiento.
	Contaminación del suelo.		Vertimientos con alto grado de contaminación. Incumpliendo con la normatividad vigente.
Paro de la PTAR	Recaudo de aguas residuales sin tratar.	Clima (tormentas y lluvias).	Interrupción de los procesos de tratamiento.
Saturación en el proceso de depuración	Contaminación del suelo y subsuelo.	Clima (tormentas y lluvias).	No cumple con la norma vigente.
			Multas.
			Perturbación de los procesos de tratamiento.
Variación de parámetros de la calidad del agua.	Multa a la UIS.	Modificaciones por parte de los estudiantes y personal que labora en la institución.	Incumplimiento de la normatividad legal ocasionando multas.
	Vertimiento de agua residual en calidad no óptima para el medio ambiente.	Ineficiencia en el mantenimiento de la PTAR.	Interrupción de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
	No cumple con la normatividad ambiental vigente.	Clima (tormentas y lluvias).	Vertimientos con altos grados de contaminación.
Obstrucción y taponamiento del sistema	Incumplimiento de la norma vigente.	Alteraciones por parte de los estudiantes.	Daños al medioambiente.
	Multas monetarias		Contaminación del ambiente.
	Colapso de la PTAR por vertimiento de producto.		Multas.
Aumento de personal administrativo y alumnos	Proceso ineficiente de la PTAR.	Incremento de estudiantes y personal.	Crecimiento del caudal.
	Sube el volumen de agua.		
	No es uniforme el volumen de agua a tratar.		

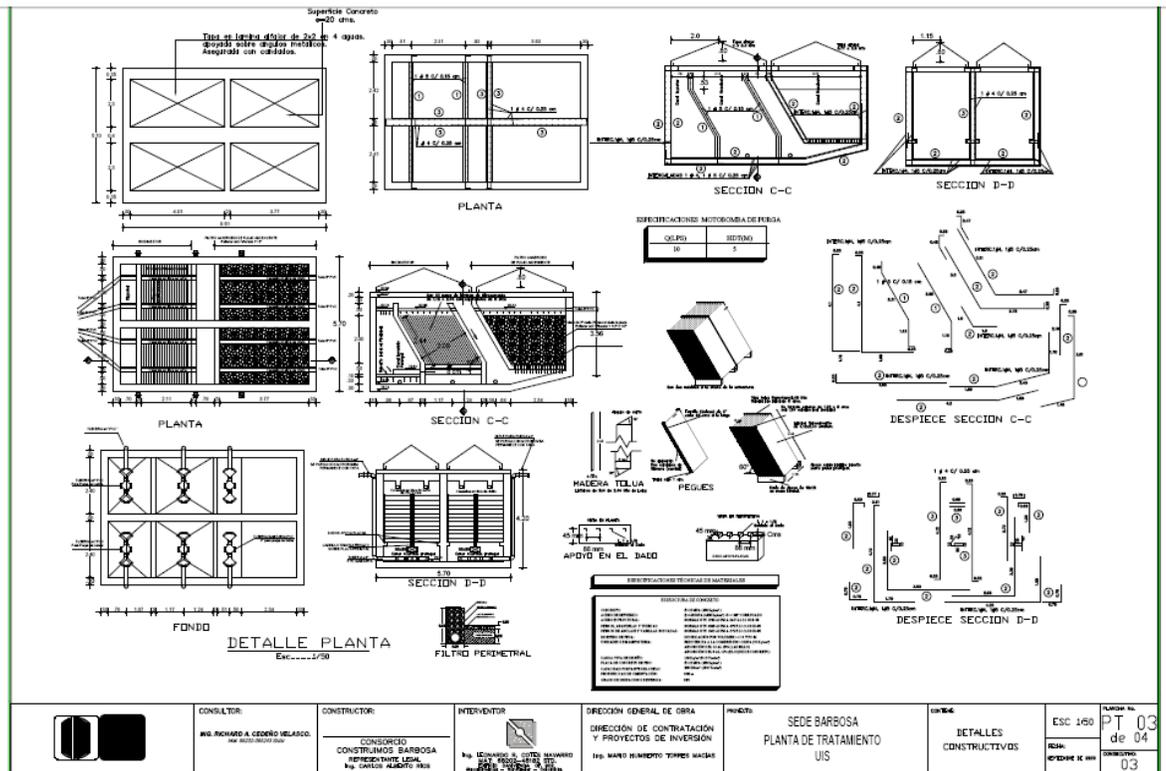
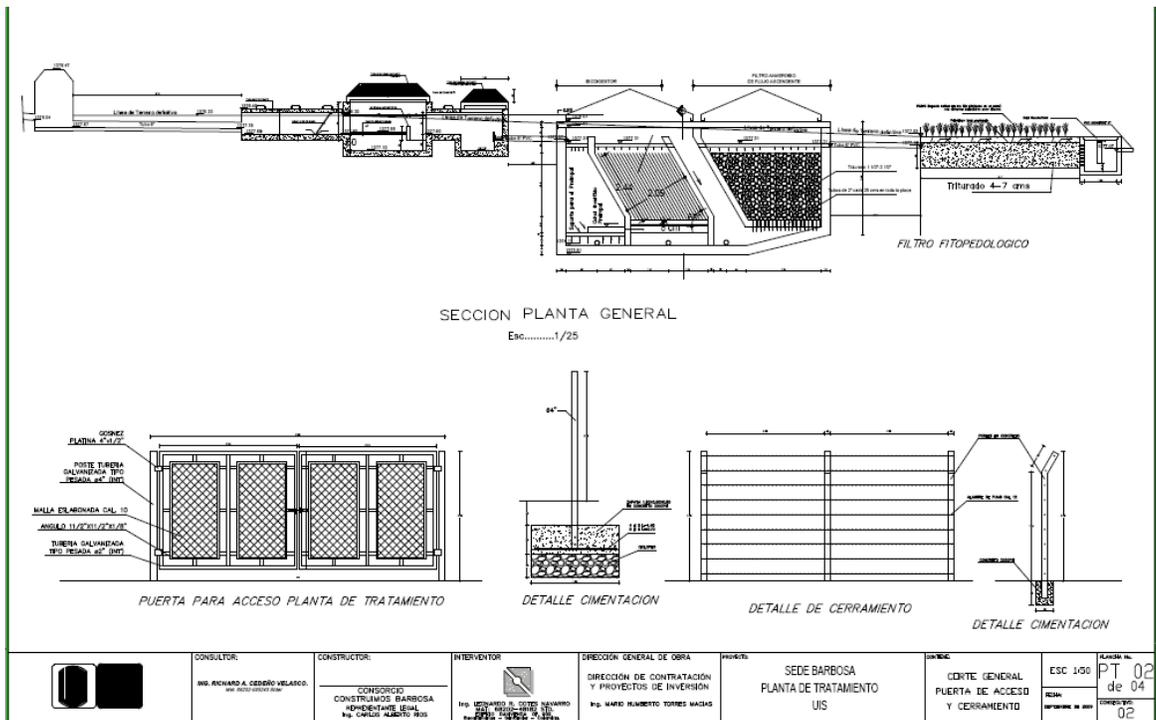
Fuente: Adaptado Decreto 3930 de 2010, Guzmán 2012.

## Anexo C. Amenazas Naturales

¿Qué pasa si?	Consecuencias	Causas	Efectos
<b>Inundaciones o avalanchas</b>	Pérdidas económicas para la UIS.		Desempleo.
	Genera desempleo.		Interrupción de los procesos de tratamiento.
	Afectación de la comunidad UIS.	Ubicación geográfica	Interrupción de los procesos de tratamiento de AR.
	Pérdida de infraestructura.	Cambio de clima.	Pérdida de infraestructura.
<b>Deslizamientos</b>	Obstrucción de la PTAR y su debido funcionamiento.	Erosión.	No funcionamiento de la PTAR.
	Afectación área de influencia	Lluvias prolongadas.	
<b>Incendios</b>	Pérdidas económicas para la UIS.		
	Paro en las actividades.	Incendio provocado.	Pérdidas monetarias.
	Afectación de la comunidad	Fumar	Interrupción de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
	Pérdida de infraestructura.	Generación de fogatas.	Pérdida de infraestructura.
<b>Sismos</b>	Inestabilidad económica para administrativos.	Quema de vegetación	
	Afectación de la comunidad Universitaria.		Pérdidas.
	Pérdida de empleo		
	Paro en las actividades.	Ubicación geográfica.	Pérdida de infraestructura
<b>Precipitación</b>	Pérdidas económicas y de infraestructura.		
	Contaminación atmosférica producto de olores fuertes.		Interrupción de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
	Contaminación del suelo por rebose de los tanques de la PTAR.	Ubicación geográfica.	
	Colapso de la PTAR por sobrecarga de agua lluvia.	Cambio de clima	
Interrupción del proceso de tratamiento.			

Fuente: Adaptado Decreto 3930 de 2010, Guzmán 2012.





Fuente: Planos PTAR UIS Sede Barbosa