

**ANÁLISIS FINANCIERO AL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PARA EL RELLENO SANITARIO EL
CARRASCO**

JONATHAN AUSTHIN SÁNCHEZHERNÁNDEZ



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
FLORIDABLANCA**

2012

**ANÁLISIS FINANCIERO AL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PARA EL RELLENO SANITARIO EL
CARRASCO**

JONATHAN AUSTHIN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

**Monografía presentada como requisito para optar al Título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

Director: Ing. LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
FLORIDABLANCA**

2012

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Floridablanca, Septiembre de 2012

A mi familia, por el amor, la comprensión que siempre me han brindado, a lo largo de mi carrera profesional.

Jhonnattan

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos:

A **DIOS**, compañero inseparable y guía espiritual, por darme la oportunidad de pasar por este mundo dejando huellas por los caminos del saber y del conocimiento.

Al ingeniero Luis por la colaboración y orientación en la realización de la presente investigación.

A **LOS DOCENTES DE LA ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA DE OBRAS**, por su gentil colaboración, estímulo y por los maravillosos aportes para la formación profesional.

A la **UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL FLORIDABLANCA**, por el constante afán de formar profesionales capaces, con criterios suficientes para el desempeño de nuestra vida profesional.

A la **EMPRESA DE ASEO DE BUCARAMANGA, A LOS TRABAJADORES DEL CARRASCO**, por su colaboración para llevar a cabo la presente investigación.

A **TODAS AQUELLAS PERSONAS** que de una u otra forma aportaron su granito de arena para llevar a feliz término el presente trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	15
JUSTIFICACIÓN	16
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 Marco conceptual	20
1.2 Marco contextual	25
1.3 Marco legal	29
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	33
4.1 Antecedentes	33
4.2 Descripción del sistema de tratamiento.	34
4.3 Situación actual	37
4.4 Diseño sistema de tratamiento segunda etapa	39
4.4.1 Descripción del funcionamiento de la planta	40
4.4.2 Diseño de la alternativa	40
4.4.2.1 Desarenador	40
4.4.2.2 Reactor anaerobio – UASB	41
4.4.2.3 Filtro Percolador	41
4.4.2.4 Sedimentador Secundario	41
4.4.2.5 Tratamiento fisicoquímico	42
4.4.2.6 Coagulación	42
4.4.2.7 Floculador Hidráulico de Tabiques	42
4.4.2.8 Tanque de sedimentación química	42
4.4.2.9 Lechos de Secado	43
4.5 Planteamiento de la situación esperada	43
5. ANÁLISIS FINANCIERO SEGUNDA ETAPA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO PARA EL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO	51
5.1 Presupuesto de inversiones	50
5.2 Horizonte del Proyecto	52
5.3 Costo de Oportunidad	54
5.4 indicadores de Rentabilidad	55
5.4.1 Valor presente neto	55
5.4.2 Tasa interna de retorno	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	63

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Caracterización de lixiviados	18
Tabla N° 2. Porcentajes de remoción actual de contaminantes en los lixiviados	38
Tabla N° 3. Parámetros de remoción esperados por el proyecto	43
Tabla N° 4. Comparación remoción actual vs remoción esperada.	45
Tabla N° 5. Carga contaminante alternativa sin proyecto vs carga contaminante alternativa con proyecto.	47
Tabla N° 6. Diferencia del valor a pagar por concepto de tasa retributiva.	49
Tabla N° 7. Presupuesto oficial	50
Tabla N° 8. Comparación de egresos antes del proyecto vs egresos esperados.	52
Tabla N° 9. Cálculo del valor futuro, por concepto de pago de tasa retributiva	53
Tabla N° 10. Interpretación Valor presente	56
Tabla N° 11. Valor presente de ingresos periodo a periodo.	58
Tabla N° 12. Interpretación para la tasa interna de retorno.	59

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía N° 1. Panorámica del Relleno Sanitario	28
Fotografía N° 2. Tolvas de placas paralelas.	33
Fotografía N° 3. Sistema de tratamiento de lixiviados actual.	34

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Porcentaje de remoción de contaminantes en lixiviados.	38
Figura N° 2. Alternativa de tratamiento	40
Figura N° 3. Comparación de remoción actual vs remoción esperada.	45
Figura N° 4. Horizonte del proyecto.	55

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS FINANCIERO AL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO PARA EL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO.

AUTOR: JONATHAN AUSTHIN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

FACULTAD: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR: LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA

RESUMEN

Dado que el control de la contaminación ambiental es prioritario, y se busca en primer término, evitar los daños al medio ambiente, y si estos ocurrieran, en segunda instancia restaurar el entorno; la construcción del sistema de tratamiento de lixiviado para el Relleno Sanitario El Carrasco cobra especial importancia tanto desde el punto de vista financiero como ambiental.

Desde esta perspectiva, el investigador propone efectuar el análisis financiero al proyecto construcción de la segunda etapa de la optimización del sistema de tratamiento de lixiviado para el relleno sanitario el carrasco, con base en el cobro por concepto de tasa retributiva por los vertimientos puntuales realizados al cuerpo de agua de la quebrada la iglesia.

Para tal efecto se efectúa el análisis de la disposición de residuos sólidos y a partir de ella la generación de lixiviados con su correspondiente caracterización, tanto en el área rellenada como en la cantidad de infiltración permitida y en el sistema de receje e impermeabilización.

Posteriormente se contextualiza la generación de lixiviados con el análisis del Relleno Sanitario El Carrasco en sus tres cárcavas, así como la normatividad legal que regula tanto la disposición final de residuos sólidos como el control de lixiviados.

El segundo capítulo de la investigación está compuesto por la descripción del proyecto en cuanto a antecedentes, sistema de tratamiento, situación actual de la planta de tratamiento de lixiviados, y diseño del sistema en la segunda etapa.

Teniendo en cuenta que el objetivo general del estudio está destinado al análisis financiero del sistema de tratamiento, el tercer capítulo contempla el análisis de la situación actual que le acarrea sanciones por incumplimiento en la cota de remoción (por debajo del 80%) y cobros de tasa retributiva que durante los años 2009 y 2010 alcanzaron los \$41.876.294 pesos.

Esta situación obliga a la empresa a invertir en la segunda etapa de la planta de tratamiento de lixiviados requiriéndose una inversión de \$919.214.957,31 pesos y aunque el horizonte del proyecto demuestra que es una inversión riesgosa por la recuperación de los egresos, los costos de oportunidad compensan esta situación como manejo del riesgo de contaminación por vertimientos generados, respaldando la inversión por la importancia en la reducción de contaminantes en fuentes hídricas

Es por esto que la quebrada la Iglesia la cual se encuentra en las primeras planas de contaminación y su posterior desembocadura en el Rio de Oro. y el segundo factor a tener en cuenta es la disminución de vectores que se generan a causa de las fuentes hídricas contaminadas por los lixiviados que no alcanzan un nivel aceptable de remoción al incumplir con la normatividad establecida y dejando huella como una entidad que no es amigable con el medio ambiente y no genera una seguridad como empresa auto sostenible e internamente regulada.

PALABRAS CLAVE:

Biodegradación, drenaje, gestión ambiental, Lixiviados, planta de tratamiento, relleno sanitario, residuo sólido, tasa retributiva, tratamiento.

ABSTRACT

TITLE: FINANCIAL ANALYSIS CONSTRUCTION PROJECT TO TREATMENT SYSTEM FOR LANDFILL LEACHATE FOR THE CARRASCO.

AUTHOR: JONATHAN AUSTHIN SANCHEZ HERNANDEZ

FACULTY: CIVIL ENGINEERING

DIRECTOR: LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA

Since the control of environmental pollution is a priority, looking in the first place without causing damage if they occur, trying on appeal to restore the environment, construction of leachate treatment system for the El Carrasco Landfill is particularly important both from the standpoint of financial and environmental.

From this perspective, the researcher intends to make the construction project financial analysis of the second stage of optimization of leachate treatment system for the landfill, based on the collection by way of repayment fee for dumping point made the body of water from the broken church

To this effect are taken for analysis of solid waste disposal and from this generation with the corresponding leachates characterization, both in the filled area and the amount of infiltration and allowed recaje and waterproofing system

Later leachate generation contextualizes the analysis of El Carrasco Landfill in three gullies, and the legal norms that regulates the disposal of solid waste and leachate control

The second strand of research is composed of description in terms of background, treatment system, current status of leachate treatment plant and system design in the second stage

Given that the overall objective of the study is aimed at financial analysis of the treatment system, The third chapter looks at the current situation analysis which carries penalties for failure to coordinate removal (below 80%) and repayment fee charges that during the years 2009 and 2010 amounted to \$ 41,876,294

This situation forces the company to invest in the second phase of the leachate treatment plant requiring an investment of \$ 919,214,957.31 and although the horizon of the project shows that it is a risky investment for the recovery of expenses, opportunity costs compensate for this situation as risk management of

pollution by dumping generated, supporting the importance of investment in reducing pollutants in water sources

First with regard to the Church Creek is located on the front pages of contamination and subsequent flows into the Rio de Oro and the second factor to consider with the decrease of vectors are generated because of water sources contaminated leachate that do not reach an acceptable level of removal by failing to comply with the standards established and making its mark as an entity that is not friendly to the environment and not as a company generates a self-sustaining security and internally regulated

KEY WORDS:

Biodegradation, drainage, environmental management, leachate treatment plant, sanitary landfill, solid waste, effluent charge, treatment.

INTRODUCCIÓN

Disponer finalmente los residuos sólidos, por medio de la tecnología de relleno sanitario ha sido, y es aún, la práctica más utilizada por las sociedades del mundo para su manejo, siendo necesario reducir, reusar y reciclar los materiales para permitir un tiempo remanente más largo de vida en los rellenos sanitarios, ya que un gran dolor de cabeza para los municipios es la ubicación del sitio que reciba estos residuos.

Los lixiviados es el líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido, El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido, quedando de esa manera altamente contaminada siendo estos lixiviados altamente nocivos, razón por la cual se requiere de un sistema de tratamiento que evite la contaminación de aguas subterráneas, aguas superficiales y suelos.

Para evitar que esto ocurra, los rellenos sanitarios se impermeabilizan, se drenan apropiadamente y los lixiviados son recogidos por sistemas de drenaje para su posterior tratamiento.

Identificar y evaluar los efectos y los impactos ambientales de la producción de lixiviados en un relleno sanitario se basa en la diferenciación cualitativa y cuantitativa de las causas que originan o producen; y, otros elementos denominados elementos de efecto, los cuales afectan al medio ambiente a través de las categorías ambientales.

En la disposición de residuos sólidos el manejo de lixiviados producto de múltiples factores, tales como: composición de la basura, edad del relleno, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el medio ambiente, exige un tratamiento que evite que estos al ser liberados deterioren el medio ambiente. Al respecto existen varias alternativas de tratamiento pero entre las más conocidas están la eliminación del Nitrógeno amoniacal mediante aireación mecánica; adsorción con carbón activo; procesos de membranas (ósmosis de inversión); coagulación, floculación, sedimentación o flotación; oxidación química; proceso de foto-electroquímicos; lagunas anaeróbicas y lagunas facultativas; tratamientos conjunto en una planta de tratamiento de aguas residuales; recirculación (evaporación/desecación); tratamiento con compost; procesos biológicos aeróbicos; humedales artificiales, procesos biológicos anaeróbicas¹, entre otras.

¹ PINEDA, S.I. *Manejo y Disposición de Residuos Sólidos*. Bogotá: Editorial Panamericana, 1998. p. 117

El municipio de Bucaramanga, realiza la disposición final de residuos sólidos en el Relleno Sanitario El Carrasco, de propiedad de la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. ESP, empresa de economía mixta de conformidad a lo dispuesto en el numeral 6 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, el cual se encuentra ubicado en las inmediaciones de la Comuna 11, por vía que conduce de Bucaramanga a Girón, sobre el kilómetro 5.

Como parte de su objeto social, se halla empeñada en desarrollar el proyecto construcción de la segunda etapa de la optimización del sistema de tratamiento de lixiviados para el tratamiento adecuado del 100% de los lixiviados generados por la descomposición de más de 950 toneladas de basura que ingresan diariamente al Relleno Sanitario el Carrasco, de más de 13 municipios de la región incluidos los 4 del área metropolitana de Bucaramanga.

Desde esta óptica se pretende entonces realizar el análisis financiero del proyecto teniendo en cuenta el beneficio social, ambiental, económico y por supuesto el beneficio financiero frente al cobro de tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales que allí se generan, midiendo objetivamente ciertas magnitudes resultantes del proyecto y convertirlas en cifras financieras con el fin de obtener indicadores útiles para medir su conveniencia.

OBJETIVOS

General

Realizar el análisis financiero al proyecto construcción de la segunda etapa de la optimización del sistema de tratamiento de lixiviado para el relleno sanitario el Carrasco, con base en el cobro por concepto de tasa retributiva por los vertimientos puntuales realizados al cuerpo de agua de la quebrada la iglesia.

Específicos

- Describir de manera general la ubicación del proyecto, historia del carrasco, y su normatividad en referencia al tratamiento del lixiviado.
- Describir el sistema actual, descripción del sistema del nuevo proyecto, para la optimización del sistema de lixiviados, sus componentes y metas esperadas.
- Identificar los ingresos y egresos, de manera organizada y sistemática registrados periodo a periodo durante el horizonte del proyecto, en el marco del concepto por costo de tasa retributiva.
- Definir el horizonte del proyecto, esto quiere decir, el periodo de tiempo que va desde que se decide realizar la inversión del proyecto hasta su liquidación.
- Determinar la conveniencia o no del proyecto teniendo como base el costo de oportunidad.
- Definir los indicadores de rentabilidad.

JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de los lixiviados de los rellenos sanitarios es un problema que requiere inmediata atención por los riesgos de contaminación ambiental, uno de los impactos ambientales más significativos que genera el tratamiento por el método de relleno sanitario, son las aguas residuales producto de la descomposición, percolación de un líquido a través de un sólido y filtración de las aguas lluvias que se ponen en contacto con los sólidos dispuestos.

Las características físico – químicas del lixiviado requieren tratamientos especiales para poder depurar los contaminantes que están disueltos y suspendidos en el agua residual, para esto se utilizan diferentes métodos de tratamiento, entre ellos los más usados son, tratamientos físicos de sedimentación, utilizando un tiempo de retención en un volumen determinado para que las partículas contaminantes se decanten; otro sistema es el físico – químico, el cual funciona suministrando un floculante y/o coagulante al lixiviado a tratar para generar partículas más grandes por medio de iones de diferente polaridad con el fin de conseguir su decantación; además existen tratamientos biológicos que usan microorganismos en ambientes sin presencia de oxígeno, llamados anoxigenicos, y en ambientes aerobios con presencia de oxígeno.

Lo anterior, desde el punto de vista financiero, ambiental y legal, conlleva a la empresa a invertir grandes cantidades de dinero con el fin de obtener la mejor alternativa de tratamiento, reducir sus pagos por concepto de tasa retributiva y cumplir con las normas ambientales de vertimientos.

Desde esta óptica el presente estudio está encaminado a realizar un análisis financiero del proyecto con gran influencia social, política y ambiental, enmarcado en la normatividad ambiental del cobro de tasas retributivas por vertimientos a cuerpos de aguas, a lo largo del horizonte del proyecto sin desconocer las condiciones y variables que rodean el proyecto; y aunque el proyecto ya está aprobado se requiere de análisis crítico para la optimización del mismo.

1. MARCO TEÓRICO

Dentro del desarrollo del análisis financiero al proyecto de la construcción de la segunda etapa de la optimización del sistema de tratamiento de lixiviado para el relleno sanitario el carrasco, es importante conocer con exactitud cuáles son las variables para el cobro de la tasa retributiva, además conocer cuál es la inversión total que la empresa debe realizar y que tecnología va a utilizar desde el punto de vista ambiental, con el fin, de no solo evaluar aspectos netamente financieros, sino revisar que beneficios ambientales puede traer este proyecto.

Para esto se requiere conocer el decreto número 3100 de octubre de 2003, emitido por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial –MAVDT-, por el cual se reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. Además el presupuesto de inversión del nuevo proyecto, el cual reducirá el costo a pagar por concepto de tasa retributiva.

Dentro de las variables que se requieren se encuentra, la carga contaminante, en kilogramos día, los caudales promedios que genera el relleno sanitario, concentraciones de sustancias contaminantes en miligramos por litros, el factor regional que es el índice de la determinación de la tasa retributiva y está compuesto por un coeficiente de incremento de la tarifa mínima que involucra los costos sociales y ambientales de los daños causados por los vertimientos al valor de la tarifa de la tasa.

Teniendo en cuenta que una de las variables más representativas es la carga contaminante, la cual se pretende reducir con el proyecto de la construcción de la segunda etapa de la optimización del sistema de tratamiento de lixiviado para el relleno sanitario el carrasco y es directamente proporcional con el valor del costo de tasa retributiva, se quiere conocer cuál es el sistema propuesto y que índices de contaminación pretende reducir y a qué nivel.

La actividad de disposición de desechos genera varios impactos negativos entre los cuales se encuentra la generación de lixiviados, los cuales son definidos tanto por la Resolución 0822 de 1998 del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial -MAVDT-, y Decreto 838 de 2005 -MAVDT- como “el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación”²

² DECRETO 838 DE 2005. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Art 1. Publicado en el Diario Oficial 45.862 de marzo 28 de 2005.

Existen numerosas caracterizaciones de los lixiviados en donde se hace énfasis en su poder contaminante, por el alto contenido de materia orgánica, concentración de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos.

La calidad de estos lixiviados está directamente relacionada con el tiempo de disposición y tipo de relleno sanitario que se tenga, aspectos que tienen importantes implicaciones para la operatividad y el rendimiento de los procesos de tratamiento, y debe tenerse cautela cuando se busque hacer la adaptación tecnología para su tratamiento.

Líneas arriba se mencionaba como factor de producción de lixiviados en el relleno al tiempo de disposición de residuos, toda vez que en las áreas de los rellenos sanitarios recientes se producen un lixiviado altamente contaminantes, (lixiviado joven), disminuyendo su poder contaminante en el tiempo.

Tabla N° 1. Caracterización de lixiviados.

Característica	Lixiviado Joven	Lixiviado maduro
DBO	Muy alto	Bajo
DQO	Muy alto	Alto
Amoniaco	Muy alto	Alto
Fósforo	Usualmente deficiente *	Suficiente
pH	Muy bajo	Bajo
Característica	Lixiviado Joven	Lixiviado maduro
Detergentes	Muy altos	Bajos
Sales disueltas	Muy altas	Relativamente bajas
Agentes incrustantes (Fe, Ca, Mg)	Muy altos	Bajos
Metales pesados	Muy altos	Bajos

* Desde el punto de vista de un tratamiento biológico aerobio

Fuente: GIRALDO E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

De lo anterior se deduce que en un lixiviado joven las concentraciones de todos los parámetros son mayores que en un lixiviado viejo (maduro), exceptuando esto para las concentraciones de fosforo. Por ejemplo, la relación DBO/DQO para un lixiviado joven es alta, indicando una buena biodegradabilidad, mientras que para

un lixiviado viejo es baja indicando una pobre biodegradabilidad de la materia orgánica.

Las concentraciones de sales disueltas, y metales pesados son mucho mayores en un lixiviado joven, generando problemas de toxicidad en el caso de que se quieran utilizar procesos biológicos para la remoción de la DBO. ³

(Así mismo, las concentraciones de agentes incrustantes como el hierro, el calcio y el magnesio, generan grandes problemas prácticos pues taponan la mayoría de los conductos, tuberías, accesorios, válvulas, membranas, tanques etc. en donde el lixiviado entra en contacto con el sistema de conducción y de tratamiento.

El bajo pH por su parte, puede interferir con el funcionamiento de numerosas tecnologías, entre ellas se encuentran la volatilización del amoníaco, para la cual se requieren pH básicos, o con algunos procesos biológicos como la nitrificación, o químicos como la oxidación del hierro.

Los altos contenidos de nitrógeno en los lixiviados jóvenes producen toxicidad por amoníaco en los sistemas biológicos anaerobios para la remoción de DBO, aunado a las bajas concentraciones de fósforo que exigen su adición en el proceso. Caso contrario se producen en los que el fósforo no es un factor limitante.

En cuanto a la presencia de altas concentraciones de detergentes, genera inconvenientes a la hora de utilizar procesos biológicos, por cuanto se requiere introducir aire al agua por medio de sistemas de inyección, formando espumas en los tanques de aireación que interfieren con el funcionamiento normal del proceso)⁴

En la selección de la tecnología que se aplique para el manejo de lixiviado debe preverse la cantidad de los lixiviados generados en el relleno sanitario, desde cuatro variables, a saber:

- El área rellenada
- La cantidad de infiltración que se permita
- El sistema de drenaje, e impermeabilización
- Condiciones meteorológicas de la región.

La dimensión del área rellenada es directamente proporcional al contacto del agua de infiltración con la basura, por lo que es imprescindible considerar que los

³ TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S. A. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial McGraw-Hill-Interamericana de España S.A. 1994.

⁴ GIRALDO E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

rellenos son concebidos para almacenar residuos sólidos por largo tiempo, y en consecuencia la cantidad de lixiviados va en aumento con el paso del tiempo.

La segunda variable está relacionada con la cantidad de infiltración que se produce en el relleno, la cual dependen de la operación del mismo, la desviación de aguas de escorrentía y la cantidad de precipitación directa que se tenga en la zona de relleno y finalmente la presencia de infiltraciones subterráneas.

En este último aspecto la producción de lixiviados asociadas a las infiltraciones, suele ser asociada a las temporadas de lluvia aumentando la cantidad de lixiviados a tratar.

La tercera variable, relacionada con los sistemas de drenaje e impermeabilización con que cuente el relleno evita o disminuye los riesgos de contaminación de suelos y aguas subterráneas, sumado a la oportuna recolección y tratamiento.

Un aumento inusitado en los caudales obliga a la construcción estructuras de almacenamiento y equalización de caudales que afectan los costos del proceso.

El tratamiento de lixiviados se puede categorizar de acuerdo a los niveles de tratamiento que se logre, y el tipo de contaminación que puedan remover, teniendo presente que los lixiviados generan contaminación por patógenos, por materia orgánica, por nutrientes, y por sustancias tóxicas.

1.1. Marco Conceptual⁵

- **Aerobio:** Un organismo aerobio es aquel que requiere la presencia del oxígeno libre en el ambiente para sobrevivir. Su transformación o fermentación consiste en su degradación en presencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo principalmente dióxido de carbono, agua y otros componentes.
- **Anaerobio:** Un organismo anaerobio es aquel que no requiere la presencia de oxígeno atmosférico para sobrevivir. Su transformación o fermentación consiste en su degradación en ausencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo el denominado biogás, que es una mezcla de múltiples componentes, donde predomina el metano.
- **Biodegradable:** Es la cualidad que indica que algo puede ser descompuesto por la acción de seres vivos. La biodegradabilidad de los materiales

⁵ <http://www.rcir.es/pdf/documentos/terminos.pdf>. Consultado: Febrero 19 de 2011

depende de lo que estén constituidos. Así por ejemplo, un papel es más biodegradable que un ladrillo porque se descompone antes.

- Carga contaminante diaria (Cc): Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0.0864 \times (t/24)$$

Donde:

- Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)
- Q = Caudal promedio, en litros por segundo (l/s)
- C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)
- 0.0864 = Factor de conversión de unidades
- t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

En el cálculo de la carga contaminante de cada sustancia, objeto del cobro de la tasa retributiva por vertimientos, se deberá descontar a la carga presente en el afluente las mediciones de la carga existente en el punto de captación del recurso siempre y cuando se capte en el mismo cuerpo de agua.

- Caudal promedio (Q). Corresponde al volumen de vertimientos por unidad de tiempo durante el período de muestreo. Para los efectos del presente decreto, el caudal promedio se expresará en litros por segundo (l/s).
- Compost: Material húmico relativamente estable, resultado del proceso de compostaje.
- Concentración (C). Es el peso de un elemento, sustancia o compuesto, por unidad de volumen del líquido que lo contiene. Para los efectos del presente decreto, la concentración se expresará en miligramos por litro (mg/l), excepto cuando se indiquen otras unidades.
- Consecuencia nociva. Es el resultado de incorporar al recurso hídrico una o varias sustancias contaminantes, que alteren las condiciones de calidad del recurso o que no puedan ser asimiladas por el mismo.
- Desgasificación: Proceso llevado a cabo en los vertederos para extraer el biogás que se forma al descomponerse los residuos. El sistema de desgasificación consiste en una red de pozos equipados con tubos

perforados para su extracción y un sistema de canalizaciones que lo envía hasta la estación, donde se deshumidifica y posteriormente se aprovecha para la generación de energía eléctrica.

- Drenaje: Evacuación del agua u otros líquidos, como por ejemplo los lixiviados en un
- vertedero a través de conductos destinados a tal fin.

- Eliminación: Todo procedimiento dirigido bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

- Factor Regional (Fr). Es un factor que incide en la determinación de la tasa retributiva y está compuesto por un coeficiente de incremento de la tarifa mínima que involucra los costos sociales y ambientales de los daños causados por los vertimientos al valor de la tarifa de la tasa.

- Gestión medioambiental: Conjunto de prácticas, técnicas y conductas que se realizan en una determinada actividad industrial o empresarial y que van dirigidas a asegurar el cumplimiento con la legislación o reglamentación medioambiental u otro tipo de estándares, de forma instrumentada y documentada, para que puedan ser inspeccionadas, auditadas y verificadas por otras partes.

- Indicadores ambientales: Son esos fenómenos que, mediante nuestro estudio, nos hacen ver (indican) el estado ambiental del lugar. Por ejemplo, la presencia de ciertos peces indica una buena calidad del agua.

- Límites permisibles de vertimiento. Es el contenido permitido de un elemento, sustancia, compuesto o factor ambiental, solos o en combinación, o sus productos de metabolismo establecidos en los permisos de vertimientos y/o planes de cumplimiento de conformidad con lo establecido en el artículo 30 del presente decreto. Los límites permisibles de vertimiento de sustancias, parámetros, elementos o compuestos fijados en los permisos de vertimiento o planes de cumplimiento determinarán la consecuencia nociva de dichos vertimientos.

- Lixiviado: Son los líquidos que se producen por la descomposición de la basura junto con el agua de lluvia. Al contener gran cantidad de materia orgánica, es aconsejable su tratamiento y la impermeabilización del terreno. El tratamiento se realiza mediante un sistema de depuración biológica, donde los microorganismos son los responsables del proceso.

- Muestra compuesta. Es la integración de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el período de muestras.
- Muestra puntual. Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento.
- Plan de Ordenamiento del Recurso. Plan en virtud del cual se establecen en forma genérica los diferentes usos a los cuales está destinado el recurso hídrico de una cuenca o cuerpo de agua, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 o las normas que lo sustituyan o modifiquen.
- Período de descarga mensual (T). Corresponde al número de días durante el mes en el cual se realizan vertimientos.
- Proyectos de inversión en descontaminación hídrica: Definición modificada por el artículo 2 del Decreto 3440 de 2004. El nuevo texto es el siguiente:> Son todas aquellas inversiones cuya finalidad sea mejorar la calidad físico químico y/o bacteriológico de los vertimientos o del recurso hídrico. Incluyen la elaboración y ejecución de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico. Igualmente, comprende inversiones en interceptores, emisarios finales y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y, hasta un 10% del recaudo de la tasa podrá utilizarse para la cofinanciación de estudios y diseños asociados a los mismos.
- Punto de captación. Es el lugar en el cual el usuario toma el recurso hídrico para cualquier uso.
- Punto de descarga. Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento, en el cual se deben llevar a cabo los muestreos y se encuentra ubicado antes de su incorporación a un cuerpo de agua.
- Recurso. Se entiende como recurso todas las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas.
- Residuo: se entiende por residuo cualquier objeto, material, sustancia o elemento, en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa, que no tiene valor de uso directo y que es descartado por quien lo genera. Siendo un desecho cualquier residuo que tiene un valor por su potencial de rehusó, recuperación o reciclaje, y basura aquél residuo que no lo tiene.
- Residuo Peligroso: Se denomina residuo peligroso, aquél que por sus características, infecciosas, combustibles, inflamables, explosivos, radioactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueda causar daño a

la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

- Residuo infeccioso: se considera residuo infeccioso aquél que contiene microorganismos tales como: bacterias, protozoarios, virus, rickettsias, hongos y recombinantes híbridos y mutantes, y sus toxinas, con la suficiente virulencia y concentraciones tales, que pueda producir una enfermedad infecciosa o toxico infecciosas.
- Residuo combustible: Se entiende por residuo combustible, aquél que puede arder por acción de un agente exterior, como chispa o cualquier fuente de ignición y que contiene sustancias, elementos o compuestos que, al combinarse con el oxígeno son capaces de generar energía en forma de calor, luz, dióxido de carbono y agua, y tienen un punto de inflamación igual o superior a 60 °C, e inferior a 93 °C.
- Tarifa de la tasa retributiva. Es el valor que se cobra por cada kilogramo de sustancia contaminante vertida al recurso.
- Tasa retributiva por vertimientos puntuales. Es aquella que cobrará la Autoridad Ambiental Competente a las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, por la utilización directa del recurso como receptor de vertimientos puntuales y sus consecuencias nocivas, originados en actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, actividades económicas o de servicios, sean o no lucrativas.
- Tratamiento: Es la operación o conjunto de operaciones encaminadas a la eliminación de los desechos o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos. Se trata de cambiar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar su uso como fuente de energía, favorecer su eliminación o reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que pueda contener.
- Usuario. Es usuario toda persona natural o jurídica, de derecho público o privado, cuya actividad produzca vertimientos puntuales.
- Vertimiento. Es cualquier descarga final al recurso hídrico, de un elemento, sustancia o compuesto que esté contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios o aguas residuales.
- Vertimiento puntual. Es aquel vertimiento realizado en un punto fijo, directamente o a través de un canal, al recurso.

1.2. Marco contextual

Según información obtenida de la página web de la Empresa de Aseo de Bucaramanga -EMAB S A. ESP-. La administración municipal, consiente de la necesidad de contar con un lote de terreno para la disposición final de los residuos sólidos que se producían en el área urbana llevó a contratar en el año 1977 con el técnico canadiense experto en el tema George Rivoche, un estudio de suelos para tal fin.

Los estudios realizados por el técnico en rellenos sanitarios le llevaron a determinar que el sitio más adecuado para tal fin se encontraba ubicado en el sector suroccidental de la ciudad de Bucaramanga, sector conocido como Malpaso, limitando con el barrio El Porvenir hacia el oriente.

En las inmediaciones de este sector se había formado una depresión o cañada natural producto de los depósitos aluviales de la terraza de Bucaramanga. El área correspondía al sector central de la zona del Distrito de Manejo Integrado (DMI) de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga “cdmb”.⁶

Es importante tener presente que para la época la legislación ambiental era muy laxa de tal manera que no se tuvieron en cuenta disposiciones técnicas que evitaran o minimizaran la contaminación ambiental generada por acumulación de precipitados, emisiones de compuestos orgánicos volátiles –COV-, toxicidad a los microorganismos, formación de espumas ni lixiviados.

Según la misma página web de la EMAB S.A. ESP. Hacia el año 1985 y producto de los continuos incendios que se generaban en el botadero la administración municipal opta por cambiar el frente de trabajo y comenzar a rellenar una de las cañadas (norte) a la cual se denominó zona I de la cárcava I, pero se siguió operando sin control estricto sobre la disposición, la generación de vertimientos líquidos y emisiones gaseosas.

Tan solo hasta el año 1988 cuando el Ministerio de Desarrollo Económico promulga la primera norma técnica denominada Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) es que se adelantan los primeros ajustes a lo que en la época era un botadero de basuras a cielo abierto en las cárcavas de El Carrasco, al cual se ingresaba por la vía Provenza-Malpaso y se dejaban caer los residuos en la parte baja de la cañada, hoy Cárcava II.⁶

⁶ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Topografía El Carrasco. Bucaramanga, 2006, p. 8

⁶ Ministerio del Medio Ambiente Ley 430 de 1.998.

Diez años más tarde (1998) y ante los reclamos de la comunidad, la administración municipal establece un Plan de Manejo Ambiental para la recuperación del área del sitio de disposición final, el cual contemplaba la adecuación del botadero a relleno sanitario, con la organización de cárcavas, y el control al vertimiento de desechos.

Al relleno sanitario se ingresa por la margen izquierda de la carretera que conduce de Bucaramanga a Girón. Topográficamente el sector se caracteriza por presentar taludes con pendientes generalmente fuertes y negativas en algunos casos, donde se evidencian surcos y cárcavas de erosión sucesivas derivadas de la escasa vegetación.

En el centro del cauce se evidencia un valle angosto en formación. Para el acondicionamiento topográfico de la zona se ha utilizado el sistema de terraceo (plataformas de operación) modificando en forma importante la topografía original.⁷

Observando el documento de generalidades de la EMAB S.A. ESP, “En la zona de influencia del sitio se observan escarpas abruptos, cárcavas de erosión, corrientes superficiales escasas y una vegetación propia de un sector árido, además de aberturas de hasta un metro de profundidad y diámetros de 20 y 30 cm aproximadamente, algunas de las cuales están rellenas de material erosionado y poca vegetación.

Asociado a lo anterior el efecto erosivo que caracteriza a la meseta de Bucaramanga ha propiciado la formación de estoraques y cárcavas de gran tamaño en la cañada.

La cañada que se ubica sobre un valle profundo pertenecientes al segmento órganos del abanico de Bucaramanga es limitado por taludes de pendientes que alcanzan hasta los 90° grados de inclinación en unos sectores y en otros con taludes de pendientes moderadas básicamente en sus profundidades para alcanzar una pendiente suave a moderada en los miembros finos y en otros sitios se forman mesetas con estratificación en forma de surcos y cárcavas, plano-paralela, que se presenta con un depósito de textura fina y manchas claras que evidencian un antiguo suelo desarrollado en condiciones cálidas y estaciones húmedas marcadas.

Otra característica de estos depósitos es que en algunas partes se pierde y pasa casi desapercibido, pero se observa discordancia entre el miembro de

⁷ CDMB, Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga. 2009. <http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/boletines-de-prensa.html?task=view&id=14>. Consultado: Febrero 24 de 2011,

conglomerados y el de arcilla, producto de los cambios en el sentido del flujo y la actividad erosiva producto de la escasa vegetación y el impacto del agua lluvia y de escorrentía.”

En sus primeros años, el manejo inadecuado de basuras en El Carrasco dio como resultado que éste adquiriera condiciones de “basurero” con la consecuente generación de problemas ambientales de gran efecto en el área de influencia directa: generación de olores ofensivos asentamientos ilegales y en condiciones de miseria alrededor de sus instalaciones, producción de lixiviados y contaminación de corrientes hídricas, entre otros; de acuerdo con los parámetros establecidos en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), del cual aún quedan por adelantar algunas actividades que a juicio de la Autoridad Ambiental Regional, impiden su categorización como tal (tratamiento del 100% de los lixiviados, canalización de la quebrada El Carrasco, recuperación de taludes, entre otros requerimientos).⁸

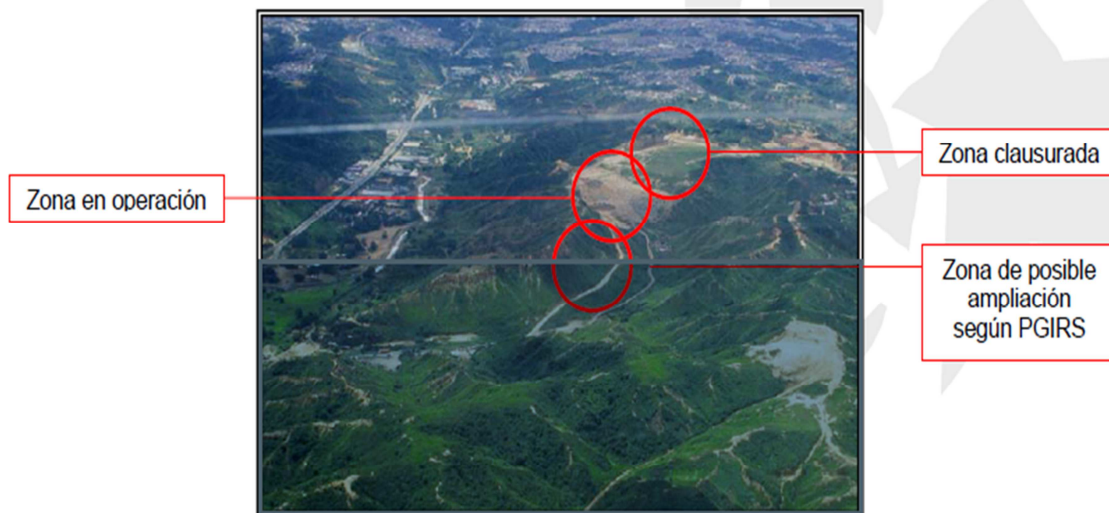
“Tres cárcavas conforman el Relleno sanitario: ⁹

- Cárcava I: la cárcava uno está compuesta por dos zonas, la primera de las cuales ya se encuentra clausurada, mientras que la otra se encuentra en operación luego de las adecuaciones técnicas contratadas por la EMAB y realizadas por la firma *ENVIRONMENTAL SERVICES*. Esta segunda zona tiene un área disponible de 667 mil metros cuadrados en los cuales se puede efectuar la disposición de residuos de manera escalonada, es decir, en forma de terrazas de basuras y material de cobertura hasta una altura de cinco metros para luego ser separadas por bermas.
- Cárcava II: esta cárcava ubicada en las jurisdicciones municipales de Bucaramanga y Girón recibió en ocho años de operación (1977 – 1985) aproximadamente 500 mil toneladas de desechos provenientes de Bucaramanga y su área metropolitana, los cuales fueron arrojados sin ninguna técnica de disposición.
- Cárcava III: Cuenta con un área aproximada de 12 hectáreas ubicadas en la margen derecha de la vía que circunda el área de disposición actual en la Cárcava I, entre las coordenadas 1'102.400 E - 1'103.000 E y 1'274.000 N – 1'274.400 N. Se caracteriza por presentar alturas que van desde los 770 a los 830 msnm respecto del nivel entre el fondo de disposición y la cota máxima de 60 m. Esta cárcava a diferencia de las dos anteriores no ha sido intervenida y se encuentra cubierta de vegetación natural.”

⁸ EMPRESA DE ASEO METROPOLITANA DE BUCARAMANGA. Plan de Manejo Ambiental. Bucaramanga, 2011.

⁹ CDMB. Planimetría del Relleno Sanitario El Carrasco. Bucaramanga, 2010

Fotografía N° 1. Panorámica del Relleno Sanitario



Fuente: EMAB

Actualmente en el Área Metropolitana de Bucaramanga se disponen los residuos sólidos en la Cárcava 1 del Carrasco, zona de disposición que no es reconocida por la CDMB como relleno sanitario, esto debido a que no cuenta con una licencia ambiental vigente; según decreto de emergencia 0234 de 1 de octubre de 2011, emitido por el Municipio de Bucaramanga.

A esta situación se suma el hecho que la cárcava No. 3, en jurisdicción del municipio de Girón ocasionaría un alto impacto, situación que ha generado un rechazo por parte de la administración de Girón y de la ciudadanía en general. Además, estableció el mismo Plan, el año 2.003 como horizonte de diseño para El Carrasco, de manera que se plantea la necesidad de adelantar estudios de alternativas para la disposición final de los residuos en otro sector.

Por otra parte en el año 2.004 los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga adelantaron la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas a través del cual se plantearán las alternativas para la localización de sitios adecuados ambiental y socialmente para el tratamiento y disposición final de sus residuos sólidos.

Se esperaba según la CDMB que para el año 2.005, presentara formalmente a la autoridad ambiental los sitios definidos para dicho fin.¹⁰ Sin embargo, estas administraciones municipales han venido dilatando la solución, pese a que el Ministerio del Medio Ambiente ha alertado sobre la inconveniencia de seguir

¹⁰ CORPORACIÓN DE LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, Plan de Ordenamiento Territorial. Bucaramanga, 2011

efectuado el depósito de residuos sólidos en el relleno, dado el crecimiento urbano de la ciudad. Para el año 2010, solo un sitio licenciado por la autoridad ambiental, ubicado en el municipio de Piedecuesta, vereda monterredondo el cual pese a su autorización ambiental no adelanta ninguna adecuación con miras en su utilización.

Es por esto que todos los municipios del Área de Jurisdicción de la CDMB, les corresponde ser los ejecutores del Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos y la CDMB ha venido adelantando acciones de apoyo a la formulación e implementación de los planes en convenio con las universidades que operan en la ciudad, sin tener ningún resultado definitivo.

1.3. Marco legal

La regulación ambiental vigente en Colombia contiene normas expedidas antes y después de la sanción de la Ley 99 de 1993, y también normas expedidas antes de la promulgación de la Constitución Política de 1991. En consecuencia es una regulación heterogénea, no siempre armónica y coherente, generándose como era de esperarse, en su transición algunas inconsistencias.

Considerando que el manejo de residuos sólidos es identificado como uno de los problemas ambientales más peligrosos, por su contaminación al agua, aire y suelo; se encuentra que la descomposición de estos residuos representa además de perjuicios al medio ambiente, peligros para la salud y seguridad pública.

La operación y funcionamiento del Relleno Sanitario El Carrasco ha ocasionado deterioro ambiental en los sectores circunvecinos como Porvenir, Toledo Plata, Ciudad Metropolitana e infinidad de Unidades residenciales que en la zona se levantan y que corresponden a la organización territorial de la Comuna 11.

No obstante lo anterior, las medidas de compensación prometidas por la administración municipal se adelantan de manera lenta, por lo que sus logros se dispersan y no se perciben sus impactos.

De otra parte, frente a las permanentes denuncias sobre los impactos al medio ambiente y a la salud pública de los habitantes de las comunidades aledañas al Relleno El Carrasco, la búsqueda de alternativas para su cierre y la disposición de los residuos no ha existido la debida diligencia, celeridad y coordinación por parte de las autoridades e instancias competentes, negligencia que se traduce en falta de previsión de los entes territoriales locales que, en la formulación de los planes de ordenamiento territorial, no previeron la necesidad de contar con lugares adecuados para verter las basuras, y en consecuencia, no definieron sitios de disposición final; aplicación de la tecnología de cielo abierto sin una valoración técnica y científica sobre sus posibles impactos, lo que llevó a la autoridad

ambiental a prohibirla, así como a la adopción de soluciones parciales sin la planeación y la ejecución de las obras respectivas.

El Carrasco constituye el sitio de disposición final del AMB de los municipios de Rionegro, Suratá, Matanza y Lebrija; adicionalmente se disponen los residuos sólidos procedentes de los cascos urbanos de Barbosa y Cáchira, municipios que no pertenecen al área de jurisdicción de la CDMB.

En la actualidad el vertedero recibe cerca de 975,9 toneladas diarias de desechos, de los cuales el 52% se generan en Bucaramanga, 40% en los restantes municipios del AMB y el 8% en los municipios por fuera del AMB, en total el Carrasco está recibiendo desechos de 20 municipios del Departamento de Santander, estos valores fueron extraídos de los datos arrojados por bascula de la EMAB, en diciembre de 2011.

El entonces Superintendente de Servicios Públicos, Diego Humberto Caicedo Ortiz, advirtió que si no se tomaban medidas urgentes sobre la disposición técnica de las basuras en varias ciudades del país era inminente una emergencia sanitaria y ambiental.

La inminencia de declaratoria de emergencia ambiental parece estar dando los primeros pasos, dado que Bucaramanga está enfrentada al problema de que sus botaderos de desechos o sus rellenos sanitarios llegaron hace tiempo a sus puntos máximos de capacidad, o están cerca de hacerlo.

De otra parte, es fundamental conocer la normatividad legal que da el soporte jurídico al cobro por concepto de tasas retributivas, las cuales se relacionan a continuación:

La tasa retributiva es un instrumento económico reglamentado en el año 1997 a través del Decreto 901 de 1997 y actualmente por los decretos 3100 de 2003 y 3440 de 2004, que permite realizar el “cobro por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales”.

La ley 99, en su artículo 42, establece que “la utilización directa o indirecta de la atmósfera, del agua o del suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros, industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, que sean resultado de actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, o actividades de servicio, sean o no lucrativas, se sujetará al pago de tasas retributivas por las consecuencias nocivas de las actividades expresadas.”

La tasa retributiva es un instrumento económico que incentiva el cambio de comportamiento en los agentes económicos integrado en sus decisiones de producción, el costo de utilizar el medio ambiente para arrojar sus desechos, esto

significa la evaluación económica de tomar medidas correctivas en todo un proceso; (desde la fuente hasta el final del tubo) que disminuyan la contaminación, o por el contrario pagar por los desechos (vertimientos líquidos) que son arrojados al medio y que afectan la calidad de los recursos.

La tasa retributiva se convierte entonces en un cobro que realiza la autoridad ambiental a las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, por la utilización directa o indirecta del recurso como receptor de vertimientos puntuales (Aguas residuales domésticas o industriales) a través de los parámetros demanda biológica de oxígeno -DBO5- y sólidos suspendidos totales –SST-, reglamentado por el Ministerio de Medio Ambiente a través del decreto 901 de 1997 y la resolución 273 del 1 de abril de 1997 y resolución 372 de 1998.

Este proceso implica varias etapas, de las cuales a continuación se hace un breve resumen:

- a. Declaración sustentada de los vertimientos mediante el formulario de auto declaración, donde cada usuario da a conocer lo relacionado al vertimiento. Esta se realiza semestralmente ante la autoridad ambiental y permite definir las cargas de contaminante de DBO5 (demanda biológica de oxígeno) y SST (sólidos suspendidos totales) que son arrojadas directa o indirectamente a los cuerpos de agua.
- b. Establecimiento de las cuencas o tramos en que se realiza el vertimiento teniendo en cuenta los cuerpos de agua que reciben los vertimientos y la ubicación de los usuarios.
- c. Establecimiento de una meta de reducción. Consiste en fijar un porcentaje de reducción por cuenca o tramo de las cargas contaminantes, se fija por un periodo de cinco años y se comienza a evaluar a partir del segundo semestre, teniendo en cuenta las cargas de contaminantes establecidas en el primer semestre. La determinación de la meta la realiza el Consejo Directivo de la Corporación, donde se cuenta con un representante del sector industrial. La evaluación de la meta se hace sobre la carga total vertida por todos los usuarios en cada cuenca o tramo.
- d. Facturación por tasa retributiva: esta facturación se hace con base en lo declarado por los usuarios o con base en la información con que cuenta la (autoridad ambiental) en nuestro caso dentro de su jurisdicción corporación para la defensa de la meseta de Bucaramanga –cdmb-. Para la facturación se tiene en cuenta las siguientes variables: kilogramos/mes de DBO5 y SST vertidos (cargas) , tarifa regional (Tr) para cada parámetro en pesos, tarifa mínima (Tm) para cada parámetro en pesos, y el factor regional Fr.

A lo anterior se suma el Decreto 1713 de 2000 que reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

El mencionado Decreto hace relación a la prestación del servicio de aseo, el cual debe tener como principios básicos la calidad del servicio a toda la población (entendida esta como la recolección oportuna, eficaz y eficiente del servicio), así como la implementación de una cultura de no basura al fomentar el aprovechamiento (reciclaje), minimizando y mitigando su impacto en la salud y en el medio ambiente, ocasionado desde la generación hasta la eliminación de los residuos sólidos, es decir en todos los componentes del servicio.

En el mismo decreto se establece que los municipios y distritos son responsables de la prestación de este servicio público sin que ello implique poner en peligro la salud humana, además de utilizar procedimientos y métodos que garanticen la protección del medio ambiente en lo relacionado con los recursos agua, aire y suelo, fauna y flora, en el sitio de influencia de disposición final.

Finalmente la Resolución 1045 de 2003 “Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.

Es en este marco normativo en donde la autoridad ambiental realiza el cálculo para hacer el cobro por concepto de tasa retributiva a las personas naturales o jurídicas que utilizan el recurso como receptor de vertimientos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Antecedentes

El sistema de tratamiento de los lixiviados en el Relleno Sanitario “El Carrasco” data de 1984 con la construcción de dos piscinas de oxidación, a las que se le han hecho dos ajustes; uno en el año 2001 cuando se instaló un componente fisicoquímico (Reactor de 2 m³), y otra en el año 2006, en la cual se incluyó un sistema que estaba conformado por dos tolvas, que poseen en su interior placas paralelas que ayudan a la sedimentación del floculo,¹¹ en esta etapa se realiza la aglomeración de partículas por medio de la adición de químicos (coagulante y floculantes); la adición de ácido se realiza antes de que el lixiviado sea bombeado a la tolva; este se utiliza para estabilizar el pH, y entregar el líquido en condiciones adecuadas para continuar su tratamiento. La mezcla rápida de los químicos se realizaba en la primera tolva por medio de caída libre de las sustancias.

Fotografía N° 2. Tolvas de placas paralelas.



Fuente: Subgerencia técnica operativa EMAB.

En el año 2006, la canaleta existente fue reemplazada por una canaleta de dosificación la cual fue construida para realizar procesos de regulación de pH, coagulación, floculación y sedimentación.

¹¹ Floculo: partícula formada en un proceso químico por la adición a un cuerpo de agua de sustancias denominadas floculantes, las cuales aglutinan sustancias coloidales presentes en el agua facilitando su decantación.

Actualmente el lixiviado es encausado por un canal natural de aproximadamente 80 m hasta la planta de tratamiento de lixiviados -PTLX-, donde ingresan los fluidos provenientes de las Cárcavas I, II y los aportes de los afloramientos de los taludes provenientes de la zona de extracción de material –ZEM – zona en la que actualmente se está disponiendo.

Hoy la planta de tratamiento se ha convertido en un sistema combinado que consta de una piscina que funciona como tratamiento primario (ver fotografía 3), seguido por la canaleta de dosificación para el tratamiento físico-químico en donde se le aplica el ácido, coagulante y floculante, y posteriormente una piscina que funciona como sedimentador.

Fotografía N° 3. Sistema de tratamiento de lixiviados actual.



Fuente: Subgerencia técnica operativa EMAB.

4.2. Descripción del sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento consta de cuenca de sedimentación, rejilla de remoción de sólidos flotantes, caja de captación, laguna de estabilización, caja de alimentación, planta de tratamiento, laguna de sedimentación y lechos de secado.

- Cuenca de sedimentación. Sirve de afluente desde las cárcavas que para el caso del Relleno Sanitario el Carrasco son dos alimentando la bocatoma de fondo con rejilla, la cual su función principal es la de sedimentar los sólidos que contiene el líquido.

- Rejilla de remoción de sólidos flotantes. Esta rejilla permite la remoción de los sólidos flotantes y suspendidos que son arrastrados por el lixiviado. La rejilla se ubican en el punto de entrega del cauce que forma el escurrimiento de lixiviado, adelante del filtro recolector.
- Caja de captación. La caja de captación cumple las funciones de aforo y paso, regulando el caudal captado el cual es llevado a la laguna de estabilización a través de un tubo de PVC de 4 pulgadas.
- Laguna de estabilización 1. En la laguna de estabilización se amortiguan temporalmente los gradientes de caudal que puedan presentarse durante la operación o por alguna contingencia, homogenizando parcialmente el lixiviado que llega a la planta de tratamiento constantemente.

La laguna tiene dos bases, una mayor y otra menor con las dimensiones que se relacionan a continuación:

Fuente: Subgerencia Técnica Operativa EMAB.

Base Mayor:

Ancho	10.5 metros
Largo	22 metros

Base Menor:

Ancho	2.9 m
Largo	14.8 m
Altura	4.38 m
Volumen Total	508.9 m ³

- Caja de alimentación. En la caja de alimentación se encuentran dos bombas sumergibles que se encargan de la inyección del lixiviado a la planta de tratamiento de manera forma controlada, operación que se realiza mediante interruptor eléctrico que opera ON/OFF y un sistema de boya y polea.
- Planta de tratamiento. Consta de dos tolvas en cuyo interior se ubican unas placas paralelas que ayudan a la sedimentación del flóculo para lo cual se agregan químicos (coagulate y floculante) que ayudan a la aglomeración y sedimentación de partículas existentes en el lixiviado. Con la llegada del lixiviado a la tolva 1 se inyecta por dosificación controlada el coagulante, el floculante y el sulfato de aluminio (reactivos) los

cuales se mezclan rápidamente con el lixiviado luego de la caída libre de las sustancias que chocan con el sistema escalonado ubicado en el costado lateral de la tolva para producir un lixiviado tratado y el material de lodo los cuales se evacúan por sendas corrientes de salida.

El lixiviado tratado es llevado a la tolva 2, por el sistema de por reboce a través de una tubería de 4" para desembocar en un tubo perforado que airea el lixiviado que es enviado a la laguna 2.

- Laguna de sedimentación 2: con la llegada del lixiviado tratado a la laguna de sedimentación se da paso a la etapa final del tratamiento que consiste en una sedimentación completa del floc que sale con el lixiviado y que a su vez sirve como clarificador.

La laguna de sedimentación, al igual que la laguna de estabilización cuenta con dos bases, mayor y menor que en la planta de tratamiento del Relleno Sanitario el Carrasco tiene las siguientes dimensiones:

Fuente: Subgerencia Técnica Operativa EMAB.

Base Mayor:

Ancho	10.5 m.
Largo	22 m.

Base Menor:

Ancho	3.9 m.
Largo	13.8 m.
Altura	4.51 m.
Volumen Total	560.8 m ³

Lechos de secado. Los lodos de sedimentación que salen de la tolva 1 son enviados al lecho de secado dispuesto a cielo abierto, que cuentan con tres celdas de concreto recubiertas con geo-textil y cuyas dimensiones son 2.85 m por 3.5 m, y en la parte más baja se ubica una tubería de PVC de 3", perforada, que se encarga de recoger el lixiviado filtrado que es enviado a la canaleta de aguas lluvias.

A las celdas llega a través de una tubería principal que tiene cuatro puntos de salida, tres de alimentación a cada una de las celdas y una de emergencia con descarga a la caja de muestreo, en cuyas celdas se realiza el secado de lodos gracias a la radiación solar y la filtración a través de un geo-textil y de capas de arena.

4.3. Situación actual.

La Empresa de Aseo de Bucaramanga “EMAB” S.A.E.S.P. Sociedad Anónima por Acciones, es una empresa de economía mixta (en la cual el Municipio de Bucaramanga cuenta con más del noventa por ciento -90%-) del capital accionario de conformidad a lo dispuesto en el numeral 6 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, teniendo por objeto la prestación del servicio público de aseo y disposición final de residuos sólidos para Bucaramanga y su Área Metropolitana.¹²

Con base en ello, el Municipio de Bucaramanga suscribe un Contrato Interadministrativo con la EMAB S.A. ESP con el propósito de construir una planta de tratamiento de lixiviados con base en:

- De acuerdo con la Constitución Política de 1991, los Planes de Desarrollo deben asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones asignadas.¹³

Por lo anterior, el Gobierno en el nivel municipal puede, con recursos de sus respectivos presupuestos, celebrar contratos con entidades privadas de reconocida idoneidad, con el fin de impulsar programas y actividades de interés público acordes con el plan de desarrollo.

- Igualmente, atendiendo los preceptos de los artículos 287 y 313 de la Constitución Política, el Municipio es una Entidad Territorial de la división político administrativa del Estado, entre cuyas funciones está la de prestar los servicios públicos que determine la ley, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de su habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes.
- En concordancia con los principios de la transparencia y la responsabilidad que rigen la contratación pública, Decreto 066 de 2008, artículo 76; y la Ley 1150 de 2007, artículo 2º literal c) numeral 4; prevé dentro de las modalidades de selección la CONTRATACIÓN DIRECTA, y de conformidad con el párrafo 1º del artículo 2º de la Ley 1150 de 2007 y el Capítulo IV del Decreto 2474 de 2008, es deber de la Entidad, justificar de manera previa a la apertura del proceso de selección de que se trate, los fundamentos jurídicos que soportan la modalidad de selección que se propone adelantar.
- El artículo 96 de la Ley 489 de 1998 establece que las entidades públicas con la participación de los particulares podrán asociarse mediante la celebración de convenios de asociación para el desarrollo conjunto de sus

¹² EMPRESA DE ASEO DE BUCARAMANGA “EMAB” S.A. E.S.P. Bucaramanga, 2011

¹³ CONSTITUCIÓN POLÍTICA 1991. .Artículo 339 1991 Editorial Legis, Bogotá, Colombia

actividades en relación con los cometidos y funciones que la ley designa o la prestación conjunta de servicios que se hallen a su cargo.

Por lo anterior y en cumplimiento del Plan de Desarrollo Municipal 2008-2011,¹⁴ la administración municipal a través de la EMAB, se halla empeñada en mejorar la infraestructura del lugar de disposición final de residuos sólidos y el tratamiento de los lixiviados, con miras a alcanzar la meta de remover más del 80% de la DBO y el 80% de los sólidos suspendidos, los cuales son objeto de cobro de tasa retributiva, además de cumplir con la normatividad ambiental vigente y evitar multas impuestas por la autoridad ambiental por el no tratamiento a los lixiviados, y adicional lograr mitigar los impactos ambientales generados por esta actividad como un compromiso de responsabilidad social.

En la siguiente tabla se observa cuáles han sido durante los años 2008 y 2009, los porcentajes de remoción obtenidos por la planta de tratamiento que se desea mejorar con el nuevo proyecto.

Tabla N° 2. Porcentajes de remoción de contaminantes en los lixiviados.

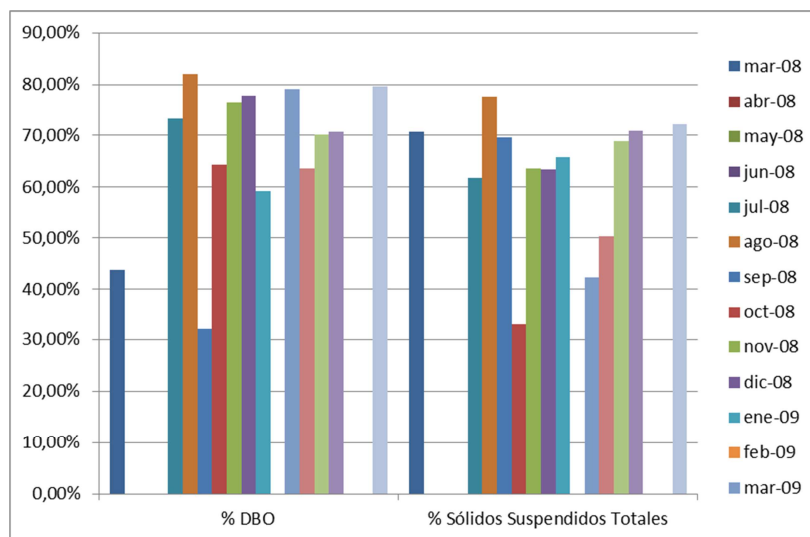
PORCENTAJE DE REMOCION PTLX 2008 – 2009		
FECHA	% DBO	% Sólidos Suspendidos Totales
mar-08	43,85%	70,77%
jul-08	73,36%	61,83%
ago-08	82,07%	77,70%
sep-08	32,32%	69,62%
oct-08	64,40%	33,20%
nov-08	76,58%	63,60%
dic-08	77,81%	63,40%
ene-09	59,32%	65,86%
mar-09	79,13%	42,30%
abr-09	63,57%	50,40%
may-09	70,10%	68,90%
jun-09	70,80%	70,90%
sep-09	79,70%	72,10%
Promedio de remoción	67%	62%

Fuente: EMAB

Gráficamente se aprecia.

Figura N° 1. Porcentaje de remoción de contaminantes en lixiviados.

¹⁴ ACUERDO No. 006 DE JUNIO 11 DE 2008. Por el cual se aprueba y adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social Y Obras Públicas 2008 – 2011, “BUCARAMANGA EMPRESA DE TODOS” Línea estratégica No. 4. “Ciudad con Compromiso Ambiental” p. 114



Fuente: EMAB

Podemos analizar que el cumplimiento normativo de la planta de tratamientos de lixiviados de la EMAB, es muy variado y su promedio durante los años (2008 y 2009) es de tan solo 62% para SST y 67% para DBO, incumpliendo la norma de vertimientos, generando posibles multas y costos elevados por concepto de tasa retributiva, sumado a un alto impacto ambiental negativo por la contaminación de la quebrada la iglesia.

El proyecto propuesto para mejorar el sistema de tratamiento de lixiviados garantiza el cumplimiento de la norma de vertimientos y reduce significativamente las cargas contaminantes objeto de la tasa de vertimientos. A continuación se describe el proceso del nuevo sistema y los porcentajes de remoción esperados.

4.4. Diseño sistema de tratamiento segunda etapa

Los lixiviados provenientes del relleno sanitario serán llevados a un desarenador como tratamiento preliminar con el fin de remover arenas, gravas, presentes en los mismos, luego serán conducidos a un reactor anaerobio de flujo ascendente – UASB - cuya función es la remoción de la materia orgánica en condiciones anaerobias, posteriormente serán aireados, para ser conducidos a los filtros percoladores con el objeto de reducir los compuestos orgánicos en condiciones aerobias.

Finalmente los lixiviados serán sometidos a tratamiento físico-químico para la reducción de sólidos suspendidos o coloidales y parte de los compuestos orgánicos no biodegradables, con el fin de garantizar que el efluente de la planta

de tratamiento de lixiviado del relleno sanitario “El Carrasco” cumpla con la norma establecida de vertimientos en el Decreto 1594 de 1984.

4.4.1. Descripción del funcionamiento de la planta.

Los lixiviados provenientes del relleno sanitario son transportados hacia los desarenadores con caudal de 3 lps; posteriormente son llevados hasta la Estación de Bombeo No. 1, luego se llevan a la caja de distribución No. 1, y de allí parte el caudal a cada reactor UASB con 1,5 lps.

El efluente de los reactores es llevado por medio de una tubería de diámetro de 4 pulgadas que va a la caja de distribución No 2, parte del caudal es recirculado hacia la primera estación de bombeo (3 lps) y el restante (3 lps) pasa a la estructura de ventilación.

Luego el caudal se dirige a la estación de bombeo No 2 para ser enviado a los filtros percoladores con caudal de 4.5 lps; la recirculación de los filtros es 2:1

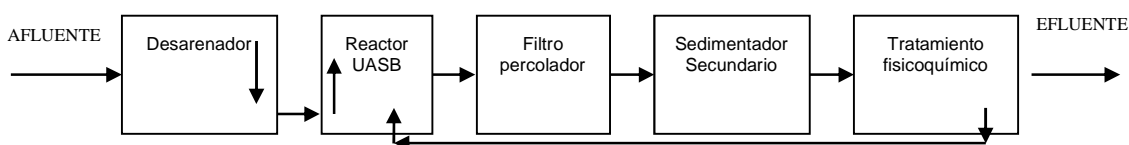
El efluente de los filtros percoladores se dirige a la caja de distribución No 3; y parte del caudal que llega pasa al tratamiento físico-químico (1/3 del caudal) y el restante (6 lps) se dirige a la estación de bombeo No. 2 para que el lixiviado sea recirculado por los filtros.

Finalmente el efluente del tratamiento físico químico es conducido por medio de tubería de diámetro 6 pulgadas a la cuneta revestida.

4.4.2. Diseño de la alternativa

La alternativa de tratamiento propuesta es la siguiente:

Figura N° 2. Alternativa de tratamiento.



Fuente: Investigador

4.4.2.1. Desarenador. En el desarenador, el lixiviado se mueve con velocidad baja hasta descargar las partículas de arena más ligeras al fondo del tanque antes de llegar al extremo del mismo.

En la entrada una pantalla disipa la velocidad del efluente y dirige el flujo hacia abajo; las arenas, gravas, partículas u otro material sólido pesado es depositada

en el fondo del tanque. El material se extrae periódicamente hasta los lechos de secado, para su tratamiento y disposición final.

4.4.2.2. Reactor anaerobio – UASB. El reactor de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio, es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y entra en contacto con el manto de lodo en condiciones anaerobias, garantizadas por la profundidad del reactor y la ausencia de transferencia de aire, mediante el sellamiento del reactor.

Como resultado se produce gas Metano (CH₄) y Bióxido de Carbono (CO₂), que a su vez son los responsables de la circulación interna requerida por el proceso.

Esta tecnología ofrece como ventajas:

- La cantidad de biomasa (lodos) producida por unidad de sustrato procesada es menor que en los procesos aerobios.
- Menores costos de operación por no necesitar incorporación de aire (oxígeno).
- Eventual utilización de gases subproductos (metano).
- Aceptación de altas y variables cargas hidráulicas y orgánicas.
- Menores requisitos de nutrientes.

Fuente: GIRALDO E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

4.4.2.3. Filtro Percolador. La alternativa seleccionada para el tratamiento secundario biológico del sistema de tratamiento de lixiviados es la de filtros percoladores de alta tasa, los cuales son dispuestos en un medio filtrante de material plástico, sobre el cual crece una población microbológica que forma una lama o película biológica. El lixiviado, posteriormente inicia el proceso de remoción de sólidos, el cual consiste en dejar pasar sobre el lecho filtrante o soporte el líquido, dejándose percolar para que los microorganismos reduzcan la carga orgánica.

4.4.2.4. Sedimentador Secundario. El efluente no recirculado de los filtros percoladores es llevado al tanque de sedimentación secundaria en donde se retienen los sólidos suspendidos lavados o removidos del filtro del lixiviado ya clarificado.

Estos tanques, de tipo circular o rectangular, representan bajos costos de construcción, operación y mantenimiento. La EMAB seleccionó el tanque rectangular que permite mayor disponibilidad de superficie maximizando sus rendimientos.

El proyecto contempla la construcción de dos unidades sedimentadoras secundarias, con el fin soportar el proceso en caso de daño o mantenimiento; por tal motivo, el dimensionamiento es igual para ambas unidades.

4.4.2.5. Tratamiento fisicoquímico. El tratamiento final de los lixiviados es el físico-químico, para la remoción de los sólidos disueltos y suspendidos, color, turbiedad y compuestos orgánicos no biodegradables.

El efluente proveniente de los filtros percoladores pasa a través de una canaleta Parshall donde se realiza la adición de los químicos (ácido y coagulante). Posteriormente para la aglutinación de las partículas se requiere una mezcla lenta, esto ocurre en el floculador hidráulico de tabiques, por último el lixiviado pasa al sedimentador donde se realiza la sedimentación de las partículas.

4.4.2.6. Coagulación. La coagulación en el tratamiento de las aguas residuales que se realiza por la adición de sustancias químicas (coagulante) al agua, su distribución uniforme para la formación de un floc fácilmente sedimentable. El grado de clarificación resultante depende tanto de la cantidad de productos químicos que se añaden como del nivel de control de los procesos. Mediante precipitación química, es posible conseguir efluentes clarificados básicamente libres de materia en suspensión o en estado coloidal.

Los coagulantes normalmente utilizados en aguas residuales son compuestos de hierro y aluminio capaces de formar un floc, capaz de efectuar coagulación al ser añadidos al agua con el objeto de destruir la estabilidad de los coloides y promover su agregación y floculación

Entre los compuestos químicos más utilizados como coagulante están el Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$, Sulfato Ferroso $FeSO_4$, Cloruro Ferrico $FeCl_3$ y Sulfato Ferrico $Fe_2(SO_4)_3$.

4.4.2.7 Floculador Hidráulico de Tabiques. Una vez dispersado el sulfato de aluminio (alumbre) se requiere una lenta agitación en el lixiviado para permitir el crecimiento de floc, crecimiento que es inducido por el contacto entre partículas creado por el gradiente de velocidad generado por el floculador, tanque provisto de pantallas en el que el lixiviado circula a una velocidad fija, produciendo turbulencia en cada cambio de dirección.

4.4.2.8 Tanque de sedimentación química. El diseño del sedimentador o tanque de sedimentación química es el mismo del de sedimentación secundaria. Para efectos de diseño se tomaron los parámetros de sedimentador secundario, cumpliendo con la carga superficial de sedimentación química para floc de alumbre de $20\ 24\ m^3/m^2 \cdot d$.

4.4.2.9 Lechos de Secado. Los lechos de secado son unidades que reducen el contenido de humedad de los lodos en forma natural, la deshidratación de lodos tiene lugar debido al drenaje de las capas inferiores (grava y arena) y a la evaporación de la superficie bajo la acción del sol y el viento.

Los lechos de secado reciben los lodos provenientes de los reactores UASB por gravedad, mientras los lodos de los sedimentadores y del filtro percolador son dispuestos en los lechos en forma manual.

4.5. Planteamiento de La situación esperada

El desarrollo de las mejoras que se pretenden realizar a la planta de tratamiento de lixiviados, está encaminado al cumplimiento con las normas legales de vertimiento para mitigar el impacto ambiental generado por dicho proceso, así como la reducción en las multas por cotas inferiores a los estándares establecidos, redundando en beneficio del entorno que los rodea, así como la reducción en los costos por concepto de tasa retributiva.

Según los cálculos establecidos por el diseñador Gradex ingeniería, quien fue la firma contratada por la EMAB, para el diseño del nuevo sistema, la remoción tendrá valores iguales o superiores al 91% como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 3. Parámetros de remoción esperados por el proyecto.

Concentración de entrada al sistema en Mg/L y con variable del caudal 3 l/s, en Kg/dia				
parametro	entrada al sistema		con caudal 3 l/s	
DQO (mg/l)	12000	Mg/l	3110	Kg/d
DBO (mg/l)	6000	Mg/l	1555	Kg/d
ST (mg/l)	15143	Mg/l	3925	Kg/d
SS (mg/l)	1410	Mg/l	365	Kg/d
SD (mg/l)	13733	Mg/l	3560	Kg/d

EFICIENCIAS ESPERADAS			
Tratamiento	Concentración esperada en mg/l		
	DQO	DBO	SS
Tratamiento Preliminar			
Desarenador	12000	6000	1410
Remoción esperada en porcentaje (%)	10	10	10
Tratamiento Primario			
UASB	10800	5400	1269
	7200	3600	846
Remoción esperada en porcentaje (%)	50	50	50
Tratamiento Secundario			
Filtro Percolador seguido sedimentador secundario	3600	1800	423
	1800	933	212
Remoción esperada en porcentaje (%)	60	60	60
Tratamiento Terciario			
Coagulación - Floculación Precipitación Química	720	373	85
Remoción esperada en porcentaje (%)	50	50	50

Alternativa 1	Remoción esperada en % para cada tratamiento	Reducción x cada tratamiento del restante anterior	100%
Sedimentador primario	10	10	90
Reactor UASB	50	45	45
Filtro Percolador - Sedimentador secundario	60	27	18
Precipitación química (PQ)	50	9	9
Eficiencia = (100% - PQ)			91%

Fuente: EMAB; estudio de ingeniería de la firma Gradex Ingeniería año 2005.

Los datos obtenidos muestran que comparados con el funcionamiento actual la diferencia tendría lugar a un 29% más de remoción en SST, y un 24% en reducción de porcentaje de remoción en DBO.

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de remoción antes del proyecto y los valores esperados después del proyecto.

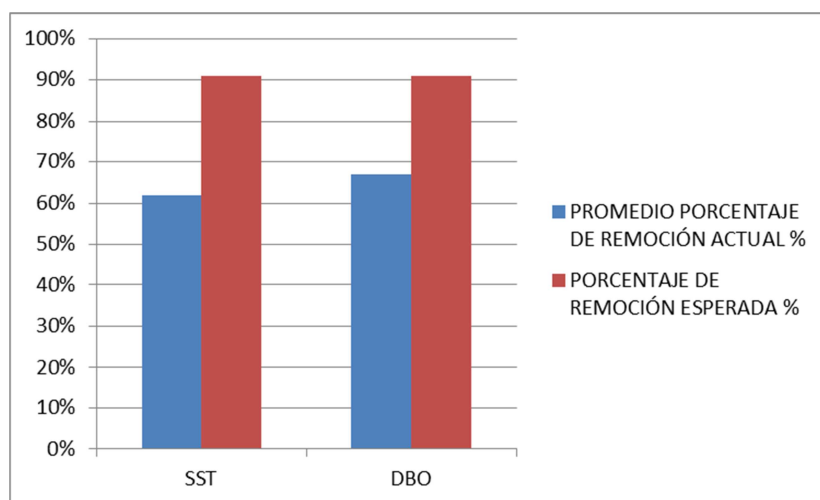
Tabla N° 4. Comparación remoción actual vs remoción esperada.

	SST	DBO
PROMEDIO PORCENTAJE DE REMOCIÓN ACTUAL %	62%	67%
PORCENTAJE DE REMOCIÓN ESPERADA %	91%	91%
DIFERENCIA LOGRADA VS ESTADO ACTUAL	29%	24%

Fuente: Investigador

Gráficamente se observa una gran diferencia entre las condiciones actuales del sistema y los resultados que el proyecto espera, esta diferencia garantiza el cumplimiento de la norma de vertimientos y la reducción de las cargas contaminantes vertidas al cuerpo de agua de la quebrada la iglesia, mejorando oportunamente la calidad del agua, reduciendo la contaminación de la corriente de agua.

Figura N° 3. Comparación de remoción actual vs remoción esperada.



Fuente: Investigador

Con los anteriores datos pasaremos al siguiente capítulo, en el cual desarrollaremos el análisis financiero del proyecto del nuevo sistema de tratamiento de lixiviados, en el cual evaluaremos y juntaremos argumentos para llegar a las conclusiones finales del estudio, todo esto teniendo como referencia el costo por concepto de tasa retributiva y demás variables del estudio.

5. ANÁLISIS FINANCIERO SEGUNDA ETAPA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO PARA EL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO.

El análisis tiene sus bases conceptuales en el libro del Docente de la especialización en gerencia e interventoría de obras civiles Dr. Juan José Miranda Miranda, titulado “Gestión de Proyectos, Identificación – Formulación – Evaluación financiera, económica, social y ambiental” quinta edición. Mas puntualmente en el capítulo nueve “la evaluación financiera y privada”, en la cual se presentan los criterios de evaluación financiera, a partir de un proyecto de inversión, con el fin de identificar indicadores que forman una base estable y firme para tomar decisiones.

Inicialmente se identificó el flujo de fondos, este corresponde a los ingresos y egresos en el momento de evaluar el proyecto, los costos que se causan en el periodo de funcionamiento del proyecto como costos operativos de la planta, los activos fijos en el momento de liquidar el proyecto. Todos estos deben contar con las siguientes características, deben ser flujos líquidos de dinero, esperados en el futuro, no incurridos, diferenciales o incrementales, y pertinentes. Y en todo caso se deben enmarcar en el costo de oportunidad; que corresponde a la tasa de interés mínima que la empresa le exige al proyecto para que sea atractivo, es de carácter subjetivo.

Teniendo en cuenta que el análisis está enmarcado en el costo por concepto de tasa retributiva específicamente. Se espera tener un cierto flujo de ingresos al realizar el proyecto, y también obtener otro flujo de ingresos al no realizarlo, entonces, el flujo de ingresos relevantes para la evaluación será dado por la diferencia entre los flujos esperados con el proyecto y los flujos esperados sin el proyecto. Esta situación establecerá la conveniencia o no del proyecto.

A continuación tomaremos como referencia la alternativa sin proyecto, con el fin de calcular los costos y los beneficios del proyecto del nuevo sistema de tratamiento de la planta de lixiviados.

El costo por concepto de tasa retributiva es el valor resultante de la siguiente ecuación:

$$VPTR = VPTR(DBO) + VPTR(SS)$$

VPTR = Valor total a pagar de tasa retributiva.

VPTR(DBO) = Valor a pagar tasa retributiva del DBO.

VPTR(SS) = Valor a pagar tasa retributiva de los Solidos Suspendidos.

$$VPTR(DBO) = CCA(DBO) * Tr(DBO)$$

CCA(DBO) = Carga Contaminante Anual (Kg)

Tr(DBO) = Tarifa Regional (\$/Kg)

$$VPTR(SS) = CCA(SS) * Tr(SS)$$

CCA(SS) = Carga Contaminante Anual (Kg)

Tr(SS) = Tarifa Regional (\$/Kg)

La carga contaminante anual es el resultado de los valores anuales de carga contaminante, medidos en mg/l, teniendo en cuenta el caudal promedio de lixiviado dado en l/s, y multiplicado por un factor de conversión de unidades. La tarifa regional está calculada teniendo como base el acuerdo del consejo directivo N° 1107 de fecha 30 de noviembre de 2007, emitido por la autoridad ambiental CDMB, "por el cual se actualizan las metas de reducción de cargas contaminantes superficiales del área de jurisdicción de la CDMB, para el tercer quinquenio de tasa retributiva.

Por lo tanto, con una remoción esperada del 91% las cargas contaminantes vertidas al cuerpo de agua son relativamente inferiores que las cargas contaminantes sin el proyecto y los valores de carga contaminante de los parámetros objeto de tasa retributiva bajarían significativamente de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 5: carga contaminante alternativa sin proyecto vs carga contaminante alternativa con proyecto.

	alternativa Sin Proyecto (mg/l)	alternativa Con Proyecto (mg/l)
carga contaminante de DBO (67% de remoción)	1980	
carga contaminante de DBO (91% de remoción)		540
carga contaminante de SST (62% remoción)	535,8	
carga contaminante de SST (91% remoción)		124,9

Fuente: investigador

Con base en lo anterior la empresa EMAB, pagó por concepto de tasa retributiva en el año 2010 la suma de \$ 47.765.152 atribuidos a la carga contaminante de

una remoción no mayor a 62% para sólidos suspendidos y 67% para DBO. Como se puede observar en los siguientes cálculos, estos son tomados según el decreto 3100 de octubre de 2003.

$$VPTR = VPTR(DBO) + VPTR(SS)$$

$$VPTR(DBO) = CCA(DBO) * Tr(DBO)$$

$$CCA (DBO) = 1980 \text{ mg/l} * 3 \text{ l/s} * 0,0864 * (24 \text{ h}/24) * 30 \text{ Días} * 12 \text{ meses}$$

$$CCA (DBO) = 184757,7 \text{ kg/año}$$

$$Tr (DBO) = 105.326 * 2.2 \text{ (resolución CDMB N° 1107)}$$

$$Tr (DBO) = 231,717$$

$$VPTR (DBO) = \$ 42.811.499$$

$$VPTR(SS) = CCA(SS) * Tr(SS)$$

$$CCA (SS) = 535,8 \text{ mg/l} * 3 \text{ l/s} * 0,0864 * (24 \text{ h}/24) * 30 \text{ Días} * 12 \text{ meses}$$

$$CCA (SS) = 49996,56 \text{ kg/año}$$

$$Tr (SS) = 45,037 * 2.2 \text{ (resolución CDMB N° 1107)}$$

$$Tr (SS) = 99,081$$

$$VPTR (SS) = \$ 4.953.653$$

$$VPTR = \$42.811.499 + \$4.953.653$$

$$VPTR = \$ 47.765.152$$

Los valores anteriores corresponden a un escenario sin proyecto de inversión. Para obtener los flujos diferenciales o incrementales debemos establecer la diferencia de los valores por concepto de tasa retributiva que genera el nuevo proyecto, así:

$$VPTR = VPTR(DBO) + VPTR(SS)$$

$$VPTR(DBO) = CCA(DBO) * Tr(DBO)$$

$$CCA (DBO) = 540 \text{ mg/l} * 3 \text{ l/s} * 0,0864 * (24 \text{ h/24}) * 30 \text{ Días} * 12 \text{ meses}$$

$$CCA (DBO) = 50388,4 \text{ kg/año}$$

$$Tr (DBO) = 105.326 * 2.2 \text{ (resolución CDMB N° 1107)}$$

$$Tr (DBO) = 231,717$$

$$VPTR (DBO) = \$ 11.675.867.42$$

$$VPTR(SS) = CCA(SS) * Tr(SS)$$

$$CCA (SS) = 124,9 \text{ mg/l} * 3 \text{ l/s} * 0,0864 * (24 \text{ h/24}) * 30 \text{ Días} * 12 \text{ meses}$$

$$CCA (SS) = 11598,6 \text{ kg/año}$$

$$Tr (SS) = 45,037 * 2.2 \text{ (resolución CDMB N° 1107)}$$

$$Tr (SS) = 99,081$$

$$VPTR (SS) = \$ 1.149.208,9$$

$$VPTR = \$ 11.675.867 + \$ 1.149.208$$

$$VPTR = \$ 12.825.076$$

Teniendo en cuenta lo anterior la diferencia de valores es sumamente significativa y alcanza más del 70% de ahorro en el pago de este concepto.

Tabla N° 6. . Diferencia del valor a pagar por concepto de tasa retributiva.

Valor a Pagar sin Proyecto	\$ 47.765.152
Valor a Pagar Con Proyecto	\$ 12.825.076
Diferencia	\$ 34.940.076

Fuente: Investigador

Teniendo en cuenta estos valores se puede establecer que los costos pertinentes, son la diferencia de los valores que período a período se dejaran de incurrir si invierto en el nuevo proyecto. Esto quiere decir que el proyecto generaría ingresos anuales por valor de \$34.940.076 (COP) y mensuales de \$2.911.673 (COP).

Ahora bien, para poder obtener estos resultados se requiere hacer el proyecto y este tiene un costo de inversión de \$919.214.957,31 distribuidos así:

5.1. Presupuesto de inversiones

Tabla N° 7. Presupuesto oficial

COSTOS DIRECTOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Localización y replanteo topográfico	DÍA	5,00	337.050,00	1.685.250,00
1,2	Campamento de obra	UND	1,00	1.513.638,00	1.513.638,00
1,3	Excavaciones a mano	M3	200,00	10.710,00	2.142.000,00
1,4	Excavaciones a máquina	M3	600,00	11.340,00	6.804.000,00
1,5	Rellenos compactados con material común	ML	200,00	10.395,00	2.079.000,00
1,6	Andenes en concreto e=0.10m	M2	450,00	49.329,00	22.198.050,00
1,7	Cunetas revestida en concreto	ML	150,00	70.827,75	10.624.162,50
1,8	Empradización	M2	350,00	8.725,50	3.053.925,00
1,9	Cerramiento	ML	200,00	182.186,55	36.437.310,00
6	SEDIMENTADOR PRIMARIO				0,00
6,1	Estructura sedimentador	UND	1,00	5.038.362,00	5.038.362,00
6,2	Estación de bombeo	UND	1,00	6.759.282,60	6.759.282,60
7	REACTOR UASB				0,00
7,1	Base de concreto	UND	4,00	8.406.081,18	33.624.324,72
7,2	Conexión del sistema	GLB	1,00	3.183.547,50	3.183.547,50
7,3	Tanque del reactor	UND	4,00	78.120.000,00	312.480.000,00
7,4	Caja de distribución No.1	UND	1,00	8.520.131,34	8.520.131,34
8	FILTRO PERCOLADOR				0,00
8,1	Medio filtrante	M3	50,00	1.154.160,00	57.708.000,00
8,2	Estructura filtro percolador	UND	2,00	18.237.051,00	36.474.102,00
8,3	Conexiones	GLB	1,00	4.351.095,00	4.351.095,00
8,4	Caja de distribución No.2	UND	1,00	8.092.802,34	8.092.802,34
8,5	Estación de bombeo 2	UND	1,00	8.446.473,00	8.446.473,00
9	FLOCULADOR				0,00
9,1	Estructura del floculador	UND	1,00	3.170.329,85	3.170.329,85
9,2	Canaleta Parshall	UND	1,00	2.772.000,00	2.772.000,00
9,3	Conexiones	GLB	1,00	3.578.400,00	3.578.400,00
10	SEDIMENTADOR SECUNDARIO				0,00
10,1	Estructura sedimentador	UND	1,00	61.192.845,00	61.192.845,00
11	LECHOS DE SECADO				0,00
11,1	Lechos de secado	UND	1,00	17.157.514,50	17.157.514,50

COSTOS DIRECTOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
12	Laboratorio-bodega	GLB	1,00	46.400.000,00	46.400.000,00
13	Tubería Ø6"-PVC	ML	320,00	88.815,67	28.421.015,00
SUBTOTAL COSTOS					\$733.907.560,35
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Localización y replanteo topográfico	DÍA	2,00	312.197,88	624.395,75
13	SUMINISTRO/INTALACION TUBERIA			0,00	0,00
13,1	Excavaciones a mano	M3	370,00	11.507,56	4.257.795,47
13,2	Relleno con material común compactado	M3	280,00	11.169,10	3.127.347,39
13,3	Suministro/instalación tubería Ø6"	ML	290,00	38.719,54	11.228.666,33
13,4	Pozo de inspección Ø1.20m	UND	7,00	1.369.094,47	9.583.661,30
13,5	Rellenos con base granular compactados	M3	60,00	50.768,63	3.046.117,58
13,6	Limpieza general	GLB	1,00	236.920,26	236.920,26
SUBTOTAL COSTOS					\$32.104.904,08
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$766.012.464,43
COSTOS INDIRECTOS					
ITEM	DESCRIPCION	VALOR			
2	A.I.U.	\$153.202.492,89			
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$153.202.492,89
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO					\$919.214.957,31

Fuente: EMAB

La inversión establecida para la adecuación de la planta de tratamiento de lixiviados tiene una duración constructiva de tres meses, para poner en marcha el proyecto en su totalidad.

Los costos operativos del proyecto son básicamente los mismos costos operativos antes del proyecto en el primer año, por esta razón no se tienen en cuenta como una variable representativa del análisis.

5.2. Horizonte del Proyecto

Al establecer los parámetros para la medición de la inversión, y los egresos generados en la consecución del proyecto de adecuación de la planta de tratamiento de lixiviados, el horizonte del proyecto se enmarca en los egresos generados, su operación y rentabilidad, además del reconocimiento legal por el cumplimiento de la norma para la protección del medio ambiente.

Para tal efecto se toman como datos principales, la inversión del proyecto vs la recuperación del capital, que es asumida como la diferencia de los costos generados antes y después del proyecto.

Teniendo en cuenta el presupuesto de inversión, el ahorro mensual que genera el proyecto en costos por tasa retributiva y los costos de operación, se establece la siguiente tabla para determinar el horizonte del proyecto:

Tabla N° 8. Comparación de egresos antes del proyecto vs egresos esperados.

Descripción de los Egresos	Alternativa Sin Proyecto	Alternativa Con Proyecto	Diferencia
Costo por concepto de tasa retributiva	\$ 47.765.152	\$ 12.825.076	\$ 34.940.076

Fuente: Investigador

Los datos arrojados por el análisis financiero indican que la empresa por concepto de tasa retributiva incurre en gastos anuales de \$47.765.152, con la puesta en funcionamiento de la nueva planta reduciría los costos en \$34.940.076; esto comparado con la inversión para la adecuación de la planta de lixiviados que es de \$919.214.957; sin embargo, debemos considerar que el costo por tasa retributiva aumentara anualmente al menos en un 3% que es el índice de precios al consumidor, entonces se considera que el valor a futuro, está dado por las variables para el cálculo del valor futuro, que es la suma de dinero actual en una fecha futura, basándose en el interés apropiado, y el número de años hasta que llegue esa fecha futura. El valor futuro, suponiendo un sistema de interés compuesto anual, está dado por $VF = VP \times (1 + i)^n$, donde VF es el valor futuro, VP es la suma actual de dinero, i es el tipo de interés y n es el número de años, hasta llegar a esa fecha futura. En la tabla siguiente se presenta los cálculos de los valores futuros, año a año, con una tasa del 3%, tomando como base el valor presente de \$34.940.076.

Tabla N° 9. Cálculo del valor futuro, por concepto de pago de tasa retributiva año a año.

VALOR FUTURO	VALOR PRESENTE	PERIODOS	TASA 3%
\$ 34.940.076	\$ 34.940.076	0	3%
\$ 35.988.278	\$ 34.940.076	1	3%
\$ 37.067.927	\$ 34.940.076	2	3%
\$ 38.179.964	\$ 34.940.076	3	3%
\$ 39.325.363	\$ 34.940.076	4	3%
\$ 40.505.124	\$ 34.940.076	5	3%
\$ 41.720.278	\$ 34.940.076	6	3%
\$ 42.971.886	\$ 34.940.076	7	3%
\$ 44.261.043	\$ 34.940.076	8	3%
\$ 45.588.874	\$ 34.940.076	9	3%
\$ 46.956.540	\$ 34.940.076	10	3%
\$ 48.365.237	\$ 34.940.076	11	3%
\$ 49.816.194	\$ 34.940.076	12	3%
\$ 51.310.680	\$ 34.940.076	13	3%
\$ 52.850.000	\$ 34.940.076	14	3%
\$ 54.435.500	\$ 34.940.076	15	3%

Fuente: Investigador

El horizonte del proyecto, se establece teniendo en cuenta la vida útil del sitio de disposición final y el momento en que el relleno no seguirá generando lixiviados; las etapas del horizonte del proyecto se establecen de la siguiente manera.

Una etapa de ejecución, donde se hace la mayor parte de la inversión, la etapa de producción en la cual se causan para el proyecto las reducciones de cobro por concepto de tasa retributiva, y la etapa de su liquidación en la cual el proyecto llega a su fin.

En este orden de ideas teniendo en cuenta las grandes inversiones de dinero para la nueva planta, consideramos que el tiempo del horizonte del proyecto está dado por el tiempo de vida útil del relleno sanitario y el tiempo que los lixiviados sigan generándose por la descomposición de los residuos sólidos. Si se tiene en cuenta que el relleno sanitario no seguirá su funcionamiento por más de 5 años, y considerando que durante 10 años seguirá el relleno sanitario generando el líquido, el horizonte del proyecto que estableceremos será de 15 años.

La recuperación de la inversión está presupuestada, según el análisis de la situación para 15 años, en el manejo administrativo es una inversión a muy largo plazo, o también llamada proyecto “duro” el cual tiene un horizonte de proyecto a largo plazo para grandes inversiones.

Sin embargo, es preciso aclarar que una cosa es el horizonte del proyecto visto desde la variable de inversión y otra muy distinta los costos en los que podría incurrir la empresa al no alcanzar las cotas establecidas para tal fin, de manera que cuando se trata de evaluar algún fenómeno económico y también la utilidad con la cual se toman las decisiones correspondientes en una empresa, en la evaluación del horizonte del proyecto también debe primar el nivel de impacto que se presentará en la aplicación de diferentes políticas junto con los instrumentos para su regulación y control, además de planificar la manera en la cual serán utilizados todos aquellos recursos necesarios para poder cumplir con las normas nacionales del cuidado del medio ambiente.

5.3. Costos de Oportunidad

El costo de oportunidad, se establece como el posible desarrollo que podría tener una inversión si se cuantifican todas las variables que se pueden establecer, y los costos agregados que no se muestran tan explícitos, es decir en este caso, el tiempo en la recuperación de la inversión realizada, que se puede invertir en la generación de liquidez de la empresa o en proyectos de mejoramiento que permitan una recuperación más cercana del capital, variables que juegan al momento de tomar una decisión en la inversión de un capital para determinado proyecto.

El costo de oportunidad para el proyecto es del 7% anual, este valor corresponde al promedio de rentabilidad que una entidad financiera en Colombia podría ofrecerle a la empresa por la rentabilidad de mantener su dinero.

Desarrollada la definición de costo de oportunidad, al aplicarla a la inversión del mejoramiento de la planta de tratamiento de lixiviados, se muestra como una inversión riesgosa y de muy larga recuperación (beneficios económicos y desarrollo analítico del proceso de inversión), pero si se refiere al costo de oportunidad como manejo del riesgo de contaminación por vertimientos generados, la inversión se encuentra respaldada por la importancia en la reducción de contaminantes en fuentes hídricas

En primer lugar con respecto a la quebrada la Iglesia que se encuentra en las primeras planas de contaminación y su posterior desembocadura en el Rio de Oro que surca la ciudad de sur a norte, imponiéndose como el afluente de mayor importancia pero de menor cuidado, manejo y mejoramiento de los niveles contaminantes de este, así como el manejo ecológico y turístico que se le puede otorgar a su rivera.

Un segundo factor a tener en cuenta está relacionado con la disminución de vectores que se generan a causa de las fuentes hídricas contaminadas por los lixiviados que no alcanzan un nivel aceptable de remoción al incumplir con la

normatividad establecida y dejando huella como una entidad que no es amigable con el medio ambiente y no genera una seguridad como empresa auto sostenible e internamente regulada.

En el marco de manejo medio ambiental direccionado al cumplimiento del Decreto 2811 de 2008, que establece la creación del Departamento de Gestión Ambiental, como dependencia reguladora de todos los procesos de la empresa, es claro que se prima el manejo ambiental de los procesos como forma integral del manejo interno de la empresa.

Es importante resaltar que el nuevo proyecto no solo reducirá los contaminantes objeto de la tasa retributiva, si no también muchos contaminantes presentes en el lixiviado como: metales pesados, demanda química de oxígeno DQO, Arsénico Plomo, Bario Selenio, Cadmio, Acenafeno, , Cobre Acrilonitrilo Cromo Benceno que son muy contaminantes, y aunque la norma no los evalúa para costo de tasa retributiva, su disminución significa mejorar significativamente el impacto ambiental de la corriente hídrica donde se vierten estas aguas.

5.4. Indicadores de Rentabilidad

5.4.1. Valor presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero el cual es maximizar la inversión.

El Valor Presente Neto permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significará que el valor del proyecto tendrá un incremento equivalente al monto del Valor Presente Neto. Si es negativo quiere decir que el proyecto reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor. Es por esto que el valor presente neto podría interpretarse de la siguiente manera

Tabla N° 10. Interpretación Valor presente neto.

Valor	Significado
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_net

Es importante tener en cuenta que el valor del Valor Presente Neto depende de las siguientes variables:

La inversión inicial previa, los flujos netos de efectivo, la tasa de oportunidad y el número de periodos que dure el proyecto.

Inversión inicial = \$919.214.957

Base de flujos netos de efectivo = \$34.940.076.

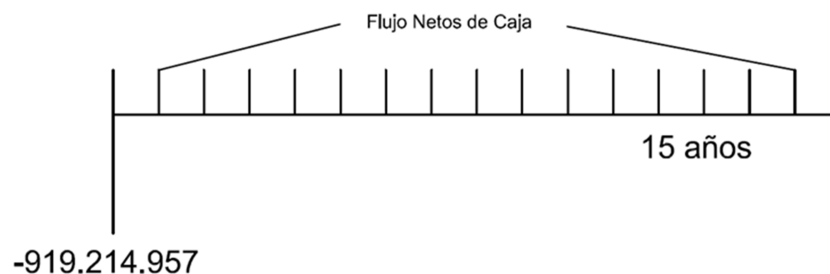
Tasa de Oportunidad = 7% anual

Periodos del Proyecto = 15 años.

Se considera que el proyecto tiene un valor de inversión inicial de \$919.214.957 y que los flujos netos de caja son diferentes en cada periodo, se debe calcular el valor presente para cada periodo.

Para desarrollar la evaluación de estos proyectos se estima una tasa de descuento o tasa de oportunidad del 7% anual.

Figura N° 4. Horizonte del Proyecto:



Según la figura, la inversión inicial aparece en el periodo 0 y con signo negativo. Esto se debe a que se hizo un desembolso de dinero y por lo tanto debe registrarse como tal. Las cifras de los FNE de los periodos 1 al 15, son positivos; esto quiere decir que en cada periodo los ingresos de efectivo son mayores a los egresos o salidas de efectivo.

Como el dinero tiene un valor en el tiempo, se procederá ahora a conocer cuál será el valor de cada uno de los FNE en el periodo cero. Dicho de otra forma, lo que se pretende es conocer el valor de los flujos de efectivo pronosticados a pesos de hoy y, para lograr este objetivo, es necesario descontar cada uno de los flujos a su tasa de descuento (7%) de la siguiente manera:

La fórmula que nos permite calcular el Valor Presente Neto o Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t . Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 . Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n . Es el número de períodos considerado.

El tipo de interés es k . Para nuestro caso, se utilizará el costo de oportunidad.

$$VPN1 = \frac{\$ 35.988.278}{1 + (7\%)1}$$

$$VPN2 = \frac{\$ 37.067.927}{1 + (7\%)2}$$

$$VPN3 = \frac{\$ 38.179.964}{1 + (7\%)3}$$

$$VPN..15 = \frac{\$ 54.435.500}{1 + (7\%) \dots 15}$$

Según esto, podemos apreciar en la siguiente tabla el valor periodo a periodo para el cálculo del valor presente neto, periodo a periodo:

Tabla N° 11. Valor presente ingresos periodo a periodo.

VALOR FUTURO	TASA OP	PERIODO	VALOR PRESENTE
\$ 34.940.076	7%	0	\$ 34.940.076
\$ 35.988.278	7%	1	\$ 33.633.905
\$ 37.067.927	7%	2	\$ 32.376.563
\$ 38.179.964	7%	3	\$ 31.166.224
\$ 39.325.363	7%	4	\$ 30.001.131
\$ 40.505.124	7%	5	\$ 28.879.594
\$ 41.720.278	7%	6	\$ 27.799.983
\$ 42.971.886	7%	7	\$ 26.760.731
\$ 44.261.043	7%	8	\$ 25.760.330
\$ 45.588.874	7%	9	\$ 24.797.327
\$ 46.956.540	7%	10	\$ 23.870.324
\$ 48.365.237	7%	11	\$ 22.977.976
\$ 49.816.194	7%	12	\$ 22.118.986
\$ 51.310.680	7%	13	\$ 21.292.108
\$ 52.850.000	7%	14	\$ 20.496.141
\$ 54.435.500	7%	15	\$ 19.729.930
TOTAL VP INGRESOS			\$ 426.601.328

Fuente: Investigador

$$VPN = VPI - VPE$$

$$VPN = \$426.601.328 - \$919.214.957$$

$$VPN = - \$ 492.613.629$$

Observen como cada flujo se divide por su tasa de descuento elevada a una potencia, potencia que equivale al número del periodo donde se espera dicho resultado. Una vez realizada esta operación se habrá calculado el valor de cada uno de los FNE a pesos de hoy. Este valor corresponde, para este caso específico a \$ 426.601.328. En conclusión: los flujos netos de efectivos del proyecto, traídos a pesos hoy, equivale a \$ 426.601.328.

En el proyecto se pretende hacer una inversión por \$919.214.957. El proyecto aspira recibir unos FNE a pesos de hoy de \$ 426.601.328. En consecuencia, el proyecto financieramente no es favorable para la empresa pues no genera valor; y su VPN es menor a 0; por el contrario, disminuye riqueza por un valor de - \$492.613.629.

5.4.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno - TIR -, es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como Tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento) para un proyecto de inversión específico.

Tabla N° 12. Interpretación para la tasa interna de retorno

Valor	Significado
TIR > to	Recomendable
TIR = to	Indiferente
TIR < to	No recomendable

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_net

La evaluación de los proyectos de inversión cuando se hace con base en la Tasa Interna de Retorno, toman como referencia la tasa de descuento o tasa de oportunidad. Si la Tasa Interna de Retorno es mayor que la tasa de oportunidad, el proyecto se debe aceptar pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido, siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si la Tasa Interna de Retorno es menor que la tasa de oportunidad, el proyecto se debe reconsiderar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido.

Calculo:

Tomando como referencia el proyecto en el Valor Presente Neto, se reorganizan los datos y se trabaja con la siguiente ecuación:

$$VPN = 0 = \left(\frac{FE_1}{(1+K)^1} \right) + \left(\frac{FE_2}{(1+K)^2} \right) \dots + \left(\frac{FE_N}{(1+K)^N} \right) - Inversion$$

FE: Flujos Netos de efectivo; k=valores porcentuales

Se colocan cada uno de los flujos netos de efectivo, los valores n y la cifra de la inversión inicial tal y como aparece en la ecuación. Luego se escogen diferentes valores para K hasta que el resultado de la operación de cero. Cuando esto suceda, el valor de K corresponderá a la Tasa Interna de Retorno. Es un método

lento cuando se desconoce que a mayor K menor será el Valor Presente Neto y por el contrario, a menor K mayor Valor Presente Neto.

Para nuestro proyecto calculando la TIR en una hoja de cálculo se estableció como una TIR negativa del -3%, esto es muy por debajo de la tasa de oportunidad de 7% propuesta inicialmente. Observando la tabla de interpretación se podría concluir que el proyecto no es recomendable desde el punto de vista financiero.

Como se puede apreciar el análisis realizado se sustenta básicamente en una concepción económica de los costos del proyecto y su valoración monetaria, siendo necesario introducir nuevos elementos o conceptos que permitan aproximarse a los costos ambientales y su posible consideración en la estructura interna de costos del mismo.

De allí, se tiene presente que el cuidado del medio ambiente es un problema que compete a todos, pero sobre todo a las empresas industriales que pasan toda su vida funcional arrojando desechos y a las empresas que como la EMAB se encargan de efectuar la disposición final de los residuos sin cuantificar el daño ecológico y ambiental que causan por su funcionamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El monto de los egresos invertidos en el proyecto, es de lento retorno ya que el ahorro en gastos anuales que generaría el proyecto son muy bajos con respecto a la inversión.
- La inversión que se quiere realizar, genera una salida de capital que podría permitir tener una mayor liquidez para la empresa, o una inversión más rentable a corto plazo.
- La relación entre la inversión propuesta y los beneficios recibidos en el desarrollo económico es poco rentable y no muy favorable, pero en términos ambientales y de mejoramiento y conservación del entorno, además de la recuperación del medio ambiente, es necesaria y muy conveniente, así como en el cumplimiento de la legislación y normas legales.
- Para efectuar una valoración real en el horizonte del proyecto se deberá cuantificar el indicador ambiental principal del proyecto, y determinar si se prevé que otros indicadores podrán ser afectados negativamente. En tal caso, se deberá monitorear tanto el indicador principal, como los indicadores complementarios, y establecer la metodología de compensación entre impactos positivos y negativos. Lo anterior aplicado al proyecto de inversión en la planta de tratamiento de lixiviados se reflejaría en los costos en que incurriría la empresa en caso de producirse contaminación en fuentes hídricas (quebrada de la Iglesia y Río de Oro) derivados de la operación del Relleno Sanitario El Carrasco.
- Si bien la evaluación financiera del proyecto es de tendencia riesgosa, el costo de oportunidad adquiere especial trascendencia por la forma en que las empresas se enfrentan a un nuevo y creciente tipo de costos como son los denominados "Costos Ambientales". Este hecho hace que se deba considerar a la protección del medio ambiente como un factor más de competitividad, y como consecuencia será fundamental su incorporación en el planeamiento estratégico y operacional donde se compatibilicen los objetivos ambientales con recursos propios de la organización.

- La actividad económica se materializa en la producción rentable de una amplia gama de bienes y servicios cuyo destino último, a través de la distribución, es la satisfacción de las necesidades de consumo que son valorados por los factores productivos (bienes intermedios, recursos humanos, servicios intermedios, bienes de capital, capital financiero), subvalorando otros como los bienes ambientales que no cuentan, por lo general, con tal mecanismo o cuando lo tienen como es el caso de la contaminación ambiental, este precio es solo una valoración a corto plazo y que por lo tanto no toma en cuenta el agotamiento que inexorablemente ocurrirá a largo plazo (o incluso mediano plazo) si se continua con el nivel actual de utilización. Este es el caso de los costos en que incurre la empresa por tasa retributiva y sanciones por incumplimiento de las cotas de remoción.
- Conocer la empresa y el ambiente en el cual se desarrolla, su verdadera ubicación en el mercado, para evaluar eficazmente estados financieros, debemos tener conocimiento de aspectos de como está compuesta la empresa, quienes la administran, los empleados, el control interno; así como la situación económica del país, y la región, los riesgos inherentes al negocio, las fortalezas y debilidades, el mercado, su tendencia, su normatividad y la competencia, sus productos; su vinculación a un grupo económico; sus proveedores; y sobre todo los aspectos ambientales que influyen directamente en las decisiones de un proyecto.
- Realizar un análisis no solo cuantitativo, también cualitativo de los beneficios del proyecto; necesario para la toma de decisiones acertadas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO No. 006 DE JUNIO 11 DE 2008. Por el cual se aprueba y adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social Y Obras Públicas 2008 – 2011, “BUCARAMANGA EMPRESA DE TODOS” Línea estratégica No. 4. “Ciudad con Compromiso Ambiental” p. 114

CAICEDO ORTIZ, Diego Humberto. Superintendente de Servicios Públicos; Resolución 0753 del 6 de agosto 1.998. Concepto SSPD OJ 2003-152 28 de Abril de 2003.

MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de Proyectos – Evaluación financiera, económica, social y ambiental. Quinta Edición. Bogotá MM editores. 2005

COMISIÓN DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Nuestra Propia Agenda Sobre Desarrollo y Medio Ambiente. México: BID, FCE y PNUMA, 2002.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. 1991. Editorial Legis, Edición de Lujo. Bogotá, Colombia, 2003

CONVENCION DE RIO DE JANEIRO. "Convenio sobre la Diversidad Biológica. Río de Janeiro, Brasil, 1992.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Topografía El Carrasco. Bucaramanga, 2006, p. 8

CORPORACIÓN DE LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, Plan de Ordenamiento Territorial. Bucaramanga, 2011

DÍAZ, Carlos; DELGADO, Jesús. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el Siglo XXI. La Habana: Editorial José Martí; 1999

DURANGO, Luis Fernando. Medio Ambiente y Licencias Ambientales. Editorial LEYER

EMPRESA DE ASEO DE BUCARAMANGA “EMAB” S.A.E.S.P Bucaramanga, 2011

EMPRESA DE ASEO METROPOLITANA DE BUCARAMANGA. Plan de Manejo Ambiental. Bucaramanga, 2011.

ENKERLIN, E; CANO, G.; GARZA, R.; VOGEL, E., Ciencia ambiental y desarrollo sostenible, Internacional Thomson Editores, 1997.

FESCOL; INDERENA. Política Ambiental y Desarrollo, un debate para el presente

FLORÉZ, A.G.; BAPTISTE, L.G., Ecología y Política Internacional. El caso colombiano. Universidad de los Andes, 1990.

GIRALDO, Eugenio. Ingeniero Civil, Universidad de Los Andes. MSc. Ingeniería Ambiental y Ph. D. en Ingeniería Ambiental, University of Massachusetts, USA. Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes.

MENDEZ E. Carlos A. Metodología de la Investigación. McGraw Hill Interamericana S.A. Bogotá, Colombia, 2003

MIJAILOV, M. I. La Revolución Industrial. Revista Credencial Edición 220, Marzo de 1995.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Ley 430 de 1.998.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Ley 99 de 1993.

PONCE DE LEÓN, EUGENIA, Evolución y Perspectivas de la Legislación Ambiental en Colombia". En: Seminario Internacional "Desarrollo Sostenible", Diario El Espectador, CEI, PNUD, Ministerio del Medio Ambiente, 1997.

RAMÍREZ, J.M., "Políticas Ambientales en Colombia: Un Modelo de Equilibrio General". En: Revista Planeación y Desarrollo, Vol. XXVII, Nº 2, Abril- Junio de 1996.

RESOLUCIÓN 0753 DEL 6 DE AGOSTO 1.998. Plan de Desarrollo Metropolitano 1999 Área Metropolitana de Bucaramanga.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S. A. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial McGraw-Hill-Interamericana de España S.A. 1994.