

Simulación del impacto ambiental generado por la construcción y operación del proyecto "Sistema de alcantarillado mixto y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Villa la Unión y sectores aledaños a la Laguna de Colta"

David Marcelo Ortiz Gavilanes
dmplus87@hotmail.com

2014

ÍNDICE

RESUMEN SUMMARY

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Calidad del Agua	4
2.2. Aguas Residuales	5
2.3. Tratamiento de aguas residuales	5
2.4. Normativa	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
4. RESULTADOS	9
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
6. BIBLIOGRAFÍA	15
7. AGRADECIMIENTOS	16
8. ANEXOS	16

RESUMEN.

La ciudad de Villa La Unión la cual es la cabecera cantonal del Cantón Colta de la provincia de Chimborazo – Ecuador, durante muchos años atrás ha sido una ciudad que contaba con una población pequeña. A partir del año 2010 esta población ha venido creciendo y junto con ello las necesidades básicas en el sector.

Debido al crecimiento poblacional existente y a la generación de aguas residuales producto de sus actividades diarias, el Gobierno local del cantón conforme lo estipula el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización del Ecuador asume su competencia en cuanto a la depuración de aguas residuales previa su descarga final.

Mediante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón, se devolverá al ambiente aguas tratadas las cuales no causarán impactos ambientales negativos en los componentes ambientales del sector y a la vez se cumplirá con la Normativa Ambiental Ecuatoriana.

SUMMARY

The town of Villa La Union province of Chimborazo - Ecuador, many years ago was a city that had a small population. As of 2010, this population has been growing and the basic needs in the sector.

With the population growth and wastewater generation product of their daily activities, the local government as stipulated in the Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización assumes jurisdiction as to the wastewater prior purification.

Through the operation of the treatment plant wastewater, will be returned to the environment which treated water will not cause negative environmental impacts on the environmental components of the sector and also will meet Ecuadorian Environmental Compliance.

1. INTRODUCCIÓN.

El artículo 264 de la Constitución de la República del Ecuador y el artículo 55 literal d) del COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización) establece que los Gobiernos Municipales prestarán los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental.

La ciudad de Villa La Unión se encuentra ubicada en el cantón Colta provincia de Chimborazo, la cual cuenta actualmente con 2313 habitantes, el sistema de alcantarillado no cubre a todos los barrios de la zona de estudio a más de encontrarse deteriorado el sistema mencionado, existe una parte de la población que se encuentra asentada alrededor del sistema lacustre de la Laguna de Colta la cual mide 2500 metros de largo, por 1100 metros de ancho aproximadamente, esta población al no contar con una Planta de tratamiento de aguas residuales realiza la descarga de aguas residuales de la ciudad sin tratamiento previo alguno al sistema lacustre mencionado en una parte y al río Sicalpa en su gran mayoría .

Existe en el sector una problemática Ambiental grave al realizar la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua como el río Sicalpa y la Laguna de Colta, por lo que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Colta, en función de sus competencias establecidas en el COOTAD decide realizar la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita realizar su depuración previo a realizar su descarga final en los cuerpos de agua dulce que se menciona en el párrafo anterior.

La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales es una obra de saneamiento Ambiental que ayuda a mejorar la calidad del Medio Ambiente, sin embargo hay que considerar que durante la etapa de operación del proyecto pueden suscitarse varios factores que generen impactos ambientales negativos, lo cual se lo podrá simular a través del presente modelo con la finalidad de que se puedan tomar las acciones correctivas necesarias para cumplir con el objetivo macro que es mantener un equilibrio ambiental mediante la descarga de aguas tratadas.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Calidad del Agua.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversa normativa, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

La incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales. Se hace por tanto necesario

establecer los criterios de calidad que han de reunir las aguas residuales antes de ser evacuadas en un sistema receptor.

2.2. Aguas Residuales.

A las aguas residuales también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

2.3. Tratamiento de aguas Residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

2.4. Normativa.

El artículo 264 de la Constitución de la República del Ecuador y el artículo 55 literal d) del COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización) establece que los Gobiernos Municipales prestarán los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizará como material principal el borrador del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO MIXTO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA

CIUDAD DE VILLA LA UNIÓN Y SECTORES ALEDAÑOS A LA LAGUNA DE COLTA, es importante indicar que se utiliza el borrador del estudio ya que éste aún no se encuentra aprobado por la Autoridad Ambiental correspondiente (Ministerio del Ambiente del Ecuador.)

La investigación se basa en el análisis de campo realizado en La ciudad de Villa La Unión la cual es la cabecera cantonal del Cantón Colta de la provincia de Chimborazo, ubicada sobre lo que fue la antigua ciudad de Riobamba entre los cerros Cullca y Liribamba y la cuenca del río Sicalpa.

Colta se localiza al noroccidente de la provincia de Chimborazo, apeas a 18 km de la ciudad de Riobamba y a 206 km de la ciudad de Quito – Ecuador, sitio en el cual se ejecutará el proyecto.

Se realiza un levantamiento de información en cuanto a las características del agua de descarga, la cual no ha recibido tratamiento alguno, basados en la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental que se encuentren dentro de la categoría IV conforme el Catálogo de Categorización Ambiental Nacional CCAN.¹

Para la elaboración del modelo de simulación ambiental se toman como referencia los siguientes datos:

Carga Contaminante: La carga contaminante para efecto de modelo de simulación ambiental será el producto de la carga orgánica y el caudal de ingreso.

Caudal: El caudal será calculado a partir del consumo de agua por habitante multiplicado por la población existente al cual se le sumará el valor obtenido del caudal pluvial obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{pluvial} = c \times I \times A \times 2.778$$

Donde:

Q = caudal pluvial de diseño (L/s)

c = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

I = Intensidad de lluvia en mm/h.

A = Área acumulada de aportación hasta el sitio de cálculo del cuadrado en Ha.

Para el presente caso se adoptan el período de retorno de 2 años. (es decir, que se adopta como criterio que cada 2 años aproximadamente existiría una precipitación que sobrepasaría la capacidad hidráulica de los ductos diseñados).

La intensidad de la lluvia es calculada a partir de las Ecuaciones de Intensidades de Estaciones Pluviográficas Registradas del “Estudio de Lluvias Intensas” desarrollada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, correspondiente a la estación M-057 Riobamba.

¹ Normativa Ambiental Ecuatoriana: Acuerdo Ministerial 006 publicado el 18 de febrero del 2014.

A continuación se presenta la ecuación seleccionada para una duración de lluvia de 5 a 23 minutos:

$$I_{Tr \text{ años}} = \times t \times Id_{TR}$$

Donde:

$I_{tr=5 \text{ años}}$ = intensidad de lluvia en mm/h, para un periodo de retorno de dos años
 t = tiempo de duración de la lluvia en minutos
($I_{d TR}$) = corresponde al valor de la intensidad diaria para un periodo de dos años para el sector donde se ubica el proyecto el cual es igual a 1,58 mm/h.

Para un tiempo de duración de 23 minutos y una intensidad diaria de 1,58 mm/h se tiene una intensidad de lluvia de 52,27 mm/h. En función del área, de la intensidad y el coeficiente de escurrimiento se ha determinado el caudal de 37411 m³/día.

Carga Orgánica: La carga orgánica se calculará a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{DBO_5 \times 1000 \text{ L/m}^3}{206181 \text{ mg/kg} \times DBO_5}$$

Donde:

DBO_5 = Es la medida de oxígeno que se necesita para degradar materia orgánica disuelta en agua residual durante un período de cinco días.

Pretratamiento: A través del pretratamiento pretendemos separar del agua residual tanto por operaciones físicas como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crean problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos, con lo cual se obtiene una remoción del 10% a partir del pretratamiento.

Filtro Percolador: Para la operación del filtro percolador se deja caer o rocía agua de desecho decantada sobre el filtro. Al migrar el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro, obteniendo así un porcentaje de remoción del 15%.

Sedimentación: Este proceso se realiza para retirar la materia sólida fina, orgánica o inorgánica de las aguas residuales, aquí el agua pasa por un dispositivo de sedimentación donde se depositan los materiales para su posterior eliminación, el proceso de sedimentación alcanza un porcentaje de remoción del 25%

Desinfección: La desinfección del agua mediante la cual se realizará la desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de éstos, a través de la desinfección se dotará de un porcentaje de remoción igual al 20 %.

Porcentaje día de Remoción: Las toneladas día de remoción se refiere a la cantidad de carga contaminante que la planta de tratamiento a través de sus operaciones unitarias ha logrado remover, para lo cual se utilizará la ecuación que se menciona a continuación:

$$\text{Porcentaje día de remoción} = \% \text{ rp} + \% \text{ rfp} + \% \text{ rs} + \% \text{ rd}.$$

Dónde:

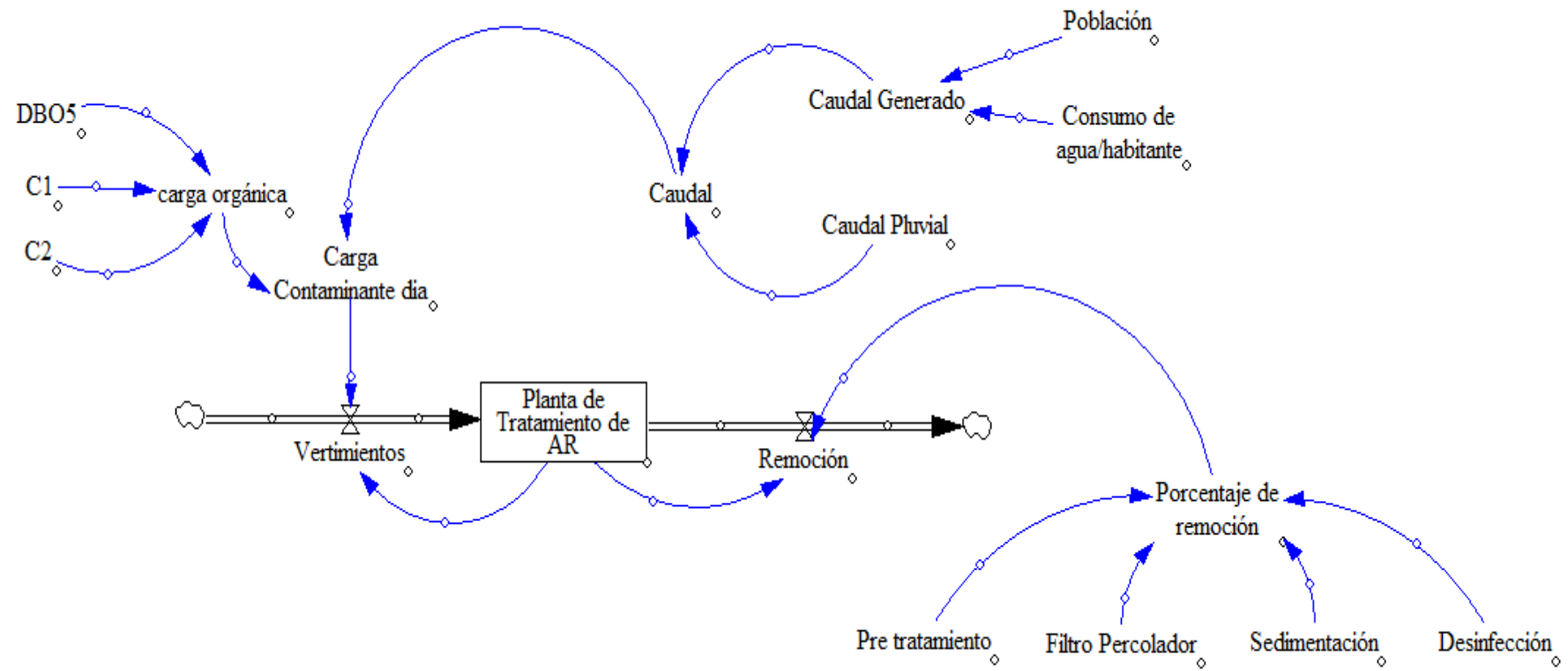
% rp = Es igual al porcentaje de remoción alcanzado con el pretratamiento

% rfp = Pertenece al porcentaje de remoción obtenido a través del filtro percolador.

% rs = Es el porcentaje de remoción alcanzado mediante la sedimentación.

% rd = Es igual al porcentaje de remoción alcanzado a través de la desinfección.

4. RESULTADOS.



Parámetros y ecuaciones:

Carga Contaminante = Carga Orgánica x Caudal de ingreso.

Units: kg/día

Es la carga contaminante que ingresa a la planta de tratamiento al día.

Caudal = Caudal generado + caudal pluvial.

Units: m³/día

Es la cantidad de agua residual por unidad de tiempo que ingresa a la planta de tratamiento.

Población = 3743 habitantes

Units: hab

Corresponde a la población que actualmente genera aguas residuales.

Consumo de agua = 0,084

Units: m³ / hab día.

Es el valor promedio de generación de aguas residuales por persona en un día.

Caudal Generado = Población x Consumo de agua

Units: m³/día.

Es la cantidad de aguas residuales que se genera por la población existente en el área del proyecto.

Caudal Pluvial = 374112

Units: m³/día.

El valor correspondiente a los niveles de precipitación que se suscitan en el área del proyecto.

Carga Orgánica = $DBO_5 \times C_1 / C_2 \times DBO_5$

Units: kg/m³

Se refiere a la cantidad de materia orgánica que posee el agua residual.

DBO_5 = Valor de análisis de laboratorio 800

Units: kg/m³

Corresponde a la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar materia orgánica disuelta en agua residual.

C_1 = 1000

Units: kg

Pertenece a una constante de la ecuación para determinar la carga orgánica.

C_2 = 206181

Units: m³

Pertenece a una constante de la ecuación para determinar la carga orgánica

Pre tratamiento = 0,10

Units: Dmnl

Corresponde al porcentaje de remoción alcanzado a través del pretratamiento.

Filtro Percolador = 0,15

Units: Dmnl

Corresponde al porcentaje de remoción alcanzado a través del filtro percolador.

Sedimentación = 0,25

Units: Dmnl

Corresponde al porcentaje de remoción alcanzado a través del proceso de sedimentación.

Desinfección = 0,20

Units: Dmnl

Corresponde al porcentaje de remoción alcanzado a través del proceso de desinfección.

Porcentaje de remoción = Suma (%pretratamiento + % filtropercolador + % sedimentación + %desinfección)

Units: Dmnl

Es el porcentaje total de remoción de contaminantes alcanzado mediante las diferentes operaciones unitarias con las que cuenta la planta de tratamiento.

Vertimientos= Carga contaminante día

Units: kg/día

Es la cantidad de agua residual vertida en la Planta de Tratamiento.

Remoción = % de remoción x vertimientos

Units: kg/día.

Corresponde a la cantidad de materia orgánica removida mediante la planta de tratamiento de aguas residuales.

Planta de tratamiento = Vertimientos - Remoción

Units: kg

Corresponde a la cantidad de materia orgánica que la planta de tratamiento remueve en un día.

Interpretación:

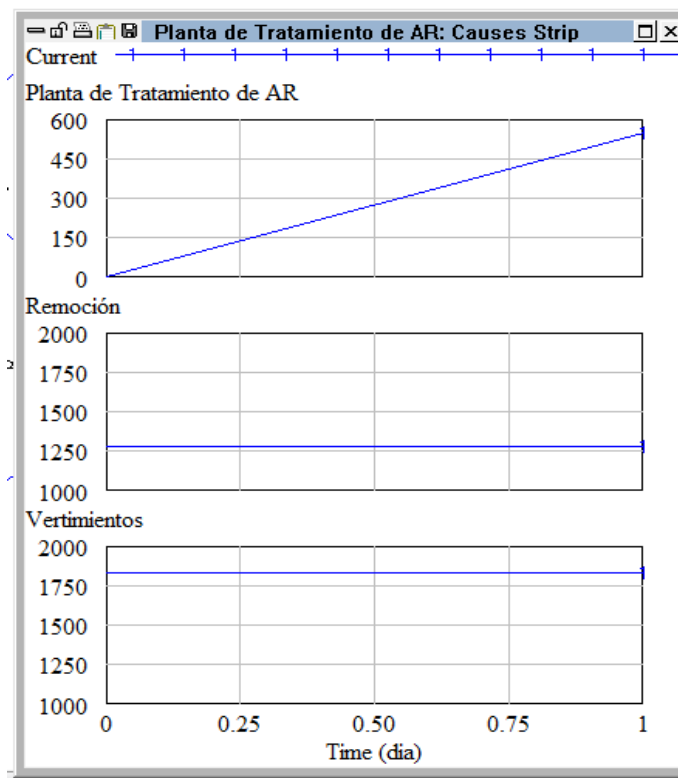
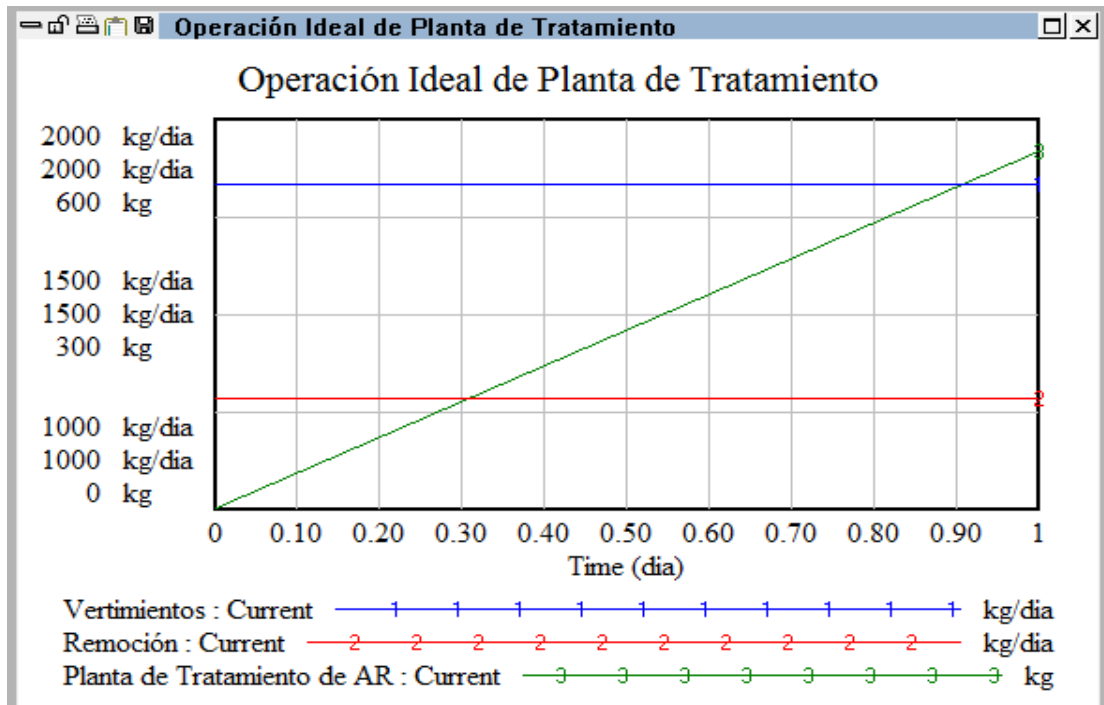
Mediante el modelo desarrollado para la operación de la Planta de tratamiento de aguas residuales se modela dos posibles escenarios:

1. El primer posible escenario el cual se encuentra ajustado a datos reales modela una operación de la planta de tratamiento con un porcentaje de remoción de contaminantes del 70 % resultante de la suma de cada una de las operaciones unitarias existentes.

En el gráfico 1 se visualiza un vertimiento de contaminantes de 1800 kilogramos en un día, a lo cual la planta de tratamiento realiza una remoción de 1260 kilogramos en un día quedando como carga contaminante residual cerca de 540 kilogramos a lo cual en 7 días de retención de la planta de tratamiento nos dará un valor de 77,14 mg/L, parámetro que se encuentra dentro de los límites permisibles de descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua dulce

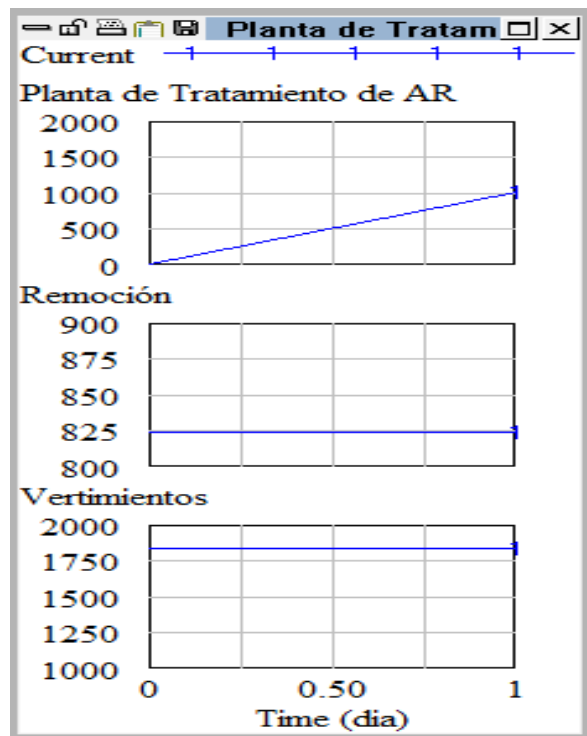
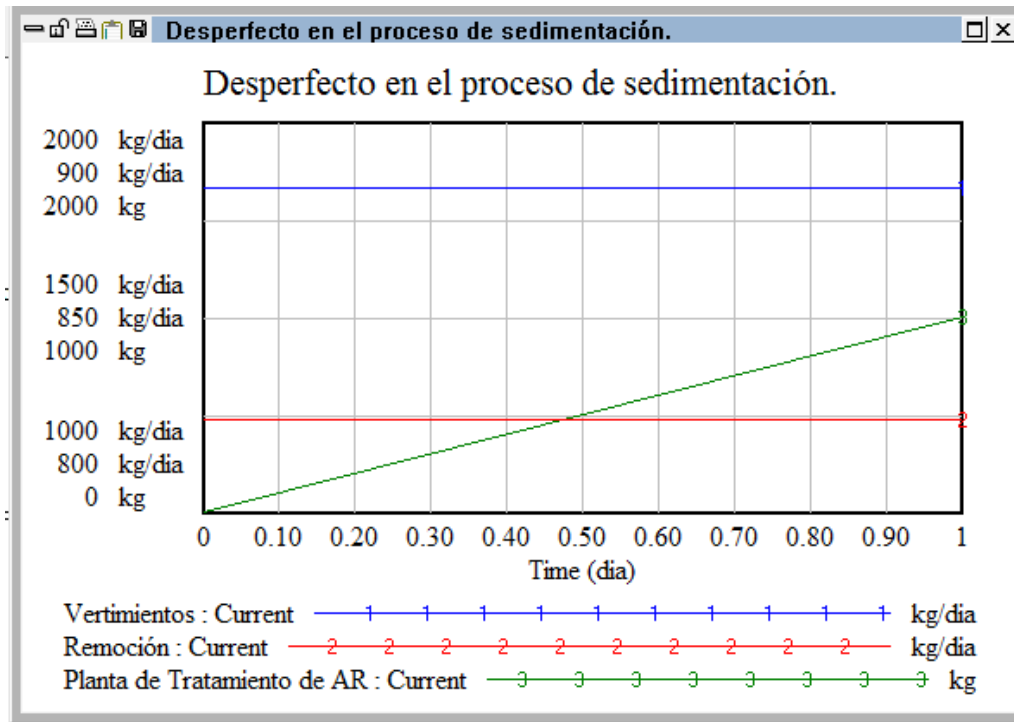
conforme la Tabla 12 del libro VI, Anexo II del Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana.

Gráfico 1: Operación ideal de la planta de tratamiento



2. En el segundo escenario se simula un desperfecto en el proceso de sedimentación con lo que se pierde un porcentaje de remoción de contaminantes del 25%, alcanzando con los tres procesos unitarios restantes tan solo el 45% de remoción de contaminantes lo cual nos da como resultado los siguientes datos que se muestra en el gráfico 2.

Gráfico 1: Desperfecto en el proceso de sedimentación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.



En el gráfico se visualiza un vertimiento de contaminantes de 1800 kilogramos en un día, a lo cual la planta de tratamiento realiza una remoción de 800 kilogramos en un día quedando como carga contaminante residual de 1000 kilogramos a lo cual en 7 días de retención de la planta de tratamiento nos dará un valor de 142,8 mg/L, parámetro que se encuentra fuera de rango conforme los límites permisibles de descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua dulce de acuerdo a la Tabla 12 del libro VI, Anexo II del Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Mediante el modelo de simulación se analiza dos escenarios que pueden suscitarse durante la operación de la Planta de Tratamiento, el primero hace referencia a una operación ideal de la Planta de tratamiento con todas sus operaciones unitarias funcionando a la perfección lo cual conlleva a que se cumpla con el objetivo de reducir la carga contaminante de las aguas residuales y mantener un equilibrio con los componentes ambientales del sector.

El segundo escenario hace referencia a un desperfecto en una de las operaciones unitarias de la planta de tratamiento, la cual conlleva a que el porcentaje de remoción de la carga contaminante lo cual nos permite concluir que sin el adecuado mantenimiento de la planta de tratamiento no se podrá realizar la reducción necesaria de la carga contaminante que llegue a la planta de tratamiento, lo cual conllevará a que no se cumpla con los parámetros de descarga establecida por la Normativa Ambiental Ecuatoriana, así como también un desequilibrio en los componentes ambientales.

Se puede concluir que a través del modelo de simulación se podrá establecer los porcentajes de rendimiento adecuado para las operaciones unitarias de la planta de tratamiento de aguas residuales, con lo que se puede establecer mantenimientos periódicos para cumplir con este propósito.

Mediante la simulación de un desperfecto en el proceso de sedimentación se puede observar como la planta de tratamiento no alcanza a realizar la remoción necesaria de contaminantes para realizar la descarga del efluente final.

Se observa que, a pesar, de tener un caudal bastante amplio debido al aporte pluvial considerado para efectos del presente modelo, las operaciones unitarias establecidas para la planta de tratamiento son lo suficientemente capaces de realizar la remoción ideal para cumplir con el objetivo de tratar las aguas residuales, siempre y cuando éstas se encuentren en condiciones óptimas de operación.

El impacto ambiental causado por la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales se lo puede catalogar como positivo, ya que, mediante la depuración de aguas residuales se logra un equilibrio ambiental en la ciudad de Villa La Unión.

El impacto ambiental podría ser negativo siempre y cuando no exista una correcta administración y operación de la planta de tratamiento, lo cual conlleve a que se descarguen aguas residuales en iguales o peores condiciones de las que entraron a la planta.

Se recomienda hacer uso del presente modelo durante la fase de operación de la planta de tratamiento con el cual se podrá ir tomando varios correctivos.

Los datos obtenidos a partir de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales se podrán ingresar al presente modelo, considerando las unidades, la relación existente en el diagrama causal y la fórmula correcta con la que se puede aplicar.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, martes 19 de octubre del 2010. A través de este documento se expiden las competencias que desempeñan los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el Ecuador.

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS de 2013. Por medio de la cual se dictan las políticas básicas ambientales y normas técnicas para la Autoridad Ambiental Responsable, Ministerio del Ambiente del Ecuador.

(METCALF & Eddy, 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Volumen II Tratamiento, vertido y reutilización. Tercera Edición (Primera en Español), McGraw Hill).

CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA. Manual de suministro de agua comunitaria. American Water Works Association. Ed. Mc Graw-Hill Profesional (2002).

HBM Consultoría Ambiental. 2014, Borrador del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Sistema de Alcantarillado mixto y tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Villa la Unión y sectores aledaños a la laguna de Colta. Riobamba, Ecuador.

Martín García, Juan. 2011. Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas, Barcelona, España

7. AGRADECIMIENTOS.

Un sentido agradecimiento a la Dirección Provincial de Ambiente de Chimborazo, en persona de la Ingeniera Magaly Oviedo, quien a través de su apoyo se pudo culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

Por otro lado agradecer al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Colta, quien prestó todas las facilidades para el desarrollo y ejecución del presente trabajo de Investigación.

8. ANEXOS.

1. Tabla 12, Anexo I, Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador. TULAS.

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No <i>DETECTABLE</i>
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		² Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20

² Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Dinámica de Sistemas

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/>



Vensim

<http://www.atc-innova.com/>

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



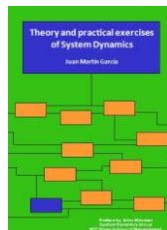
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



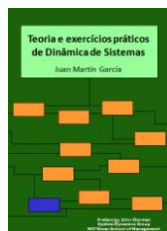
[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)