

Sólidos Totales Disueltos: Remoción de Materiales no Deseados en Procesos de Tratamientos de Aguas Residuales en Plantas de la AAA

*José R. Colón Sánchez
Maestría en Ingeniería en Ingeniería Civil
Christian Villalta Calderón, Ph.D.
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Agrimensura
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Abstracto — *Actualmente se han desarrollado grandes avances en el desarrollo de la manera en que se logran destruir y/o remover los sólidos totales disueltos (TDS) en las plantas de tratamientos de aguas residuales de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Esto es un proceso que involucra los métodos tradicionales con las nuevas aplicaciones de alta tecnología que requieren tanto la Agencia de Protección Ambiental (EPA) como la Junta de Calidad Ambiental (JCA) para garantizar que los efluentes generados en las plantas retornen al entorno natural en condiciones óptimas para que la vida acuática existente no sea afectada ni perturbada de ninguna manera. Este proyecto busca comparar los métodos utilizados tradicionalmente en la remoción de Sólidos Disueltos Totales y métodos nuevos propuestos como alternativas a los ya existentes.*

Palabras Claves — *Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, Agencia de Protección Ambiental, Junta de Calidad Ambiental, Sólidos Totales Disueltos.*

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales y su tratamiento son hoy por hoy un tópico que atrae cada vez más a la comunidad de profesionales que trabajan con el medio ambiente, esto es debido a que cada vez, los grados de contaminación en el agua son mayores, por lo cual se hace cada vez más inevitable hacer un uso más eficiente del recurso a través del tratamiento de sus descargas.

La contaminación es conocida como la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos y de otros tipos como aguas residuales. Las aguas residuales

son las aguas usadas y los sólidos que por un medio u otro son transportados y/o se introducen en el sistema de alcantarillado sanitario.

La utilización de procesos de tratamientos primarios, secundarios y terciarios en las plantas de tratamientos aseguran una eliminación eficaz y potente a la hora de re-ingresar el efluente a su entorno natural. En el caso de estudio estaremos evaluando la tecnología de luz ultravioleta (*UV Light*), que como último paso del tratamiento busca erradicar cualquier tipo de contaminante.

Para el desarrollo de este proyecto se hará una investigación de los resultados obtenidos durante los pasados años en la cual nos muestra por cuantos mg/l se están violando los parámetros de sólidos totales disueltos (TDS) hasta el pasado mes de septiembre del 2015 que es cuando se ha comenzado a utilizar la tecnología antes mencionada para así poder documentar cuan efectivo es este sistema en la remoción de TDS.

JUSTIFICACIÓN

Las fuentes de información ambiental son de importancia y beneficio para los profesionales del campo de la ingeniería. Las aguas residuales se encuentran presentes por todo el mundo en forma de productos de las actividades diarias a nivel industrial y doméstico [1]. Las labores domésticas contaminan el agua, sobre todo, con residuos fecales y detergentes. Los trabajos agrícolas y ganaderos pueden producir una contaminación muy grave de los ríos y otros cuerpos de agua, debido sobre todo a los vertidos de aguas cargadas de residuos orgánicos. El agua residual industrial es muy variable tanto en composición como en caudal

y presenta parámetros contaminantes como BOD, COD, TDS, Aceites y Grasas, Metales Pesados.

Estos productos residuales de dichas actividades, suponen una serie de riesgos para el medio ambiente (contaminación) y para los humanos (enfermedades). Por ello se ha progresado en el empleo de técnicas de tratamiento de este recurso, implementando cada vez técnicas más eficientes, para producir efluentes de gran calidad. Al mismo tiempo se han restringido los límites permisibles de vertimiento con el fin de evitar impactos negativos a los cuerpos de agua. La motivación y la justificación para la realización del proyecto es en adición a poder atender las necesidades físicas que necesita la planta para su óptimo funcionamiento, es el poder proveerle un sistema capaz de poder manejar altos caudales de flujo de aguas residuales que recibe la planta en y durante eventos atmosféricos que aumentan considerablemente su nivel de recepción de afluentes tanto residuales como de infiltraciones que ocurren naturalmente a través de registros sanitarios y/o sistemas pluviales.

Esto aumenta dramáticamente la cantidad de TDS que migra a la planta, la cual se apresta para poder procesar una vez es recibida. Estos incluyen además, materiales no muy comunes y otros artefactos que la planta, procesan automáticamente a la entrada de la instalación por sí misma mediante un proceso de screening.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto aquí desarrollado busca el proveerle a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Naranjos, localizada en el pueblo de Vega Baja, Puerto Rico un sistema de tratamiento que erradique las violaciones a los parámetros de TDS. La planta actualmente es una de tratamiento secundario avanzado que frecuentemente está superando el parámetro y el valor asignado de 500 mg/l que se le ha impuesto.

La localización del proyecto se encuentra en la carretera PR-686 Km. 12.3 del sector Caribe Ward Los Naranjos, tiene como localización

coordenadas: Latitud 18.469417 y Longitud - 0.66.396917. Ver Figura 1

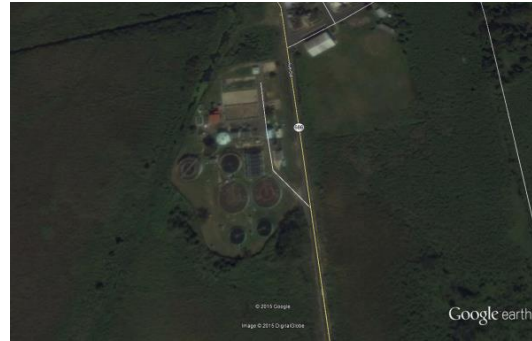


Figura 1

Planta los Naranjos

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

METODOLOGÍA

El propósito del análisis es poder comparar los resultados de los métodos utilizados para obtener el menor TDS posible en las muestras que se le tomen al efluente al final del proceso, desde su ingreso a la planta, como aguas residuales (con todos sus contaminantes) hasta el producto final que se considere apto para la vida acuática y posterior uso aguas abajo como re-uso de agua potable en otra facilidad. Comenzaremos, por proveer a la instalación a la entrada de las facilidades de un sistema de trituradores (Diceladores) que actualmente no existen, que se tratan de aparatos adaptados especialmente para el tratamiento de aguas residuales y capaces de absorber las materias contenidas normalmente en estas aguas. Estos vienen en dos formas (tipo triturador de martillos- sin elevación de agua y con impulsores de agua). A continuación una breve descripción de los mismos y citamos:

Dicelador sin Impulsor se Agua

Este consiste de un tambor giratorio con ranuras horizontales que actúan como rejillas, Fig. 2.

Dichos tambores tienen dispuestos en filas verticales, unos dientes de acero que encajan con los huecos de un rastrillo emplazado en el armazon. El tambor tiene fondo abierto, y se coloca parcialmente sumergido en el emisario, de modo que el agua que atraviese las ranuras, quedando detenido las sustancias gruesas flotantes en las

mismas, para ser arrastradas por el giro del tambor y cortadas al pasar entre los dientes y el rastrillo.

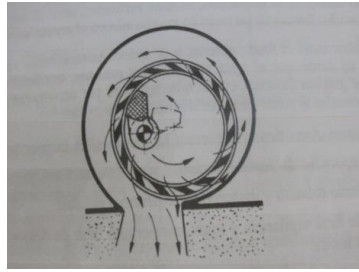


Figura 2
Dicelador Tipo Martillo [2]

Estos dilaceradores deben reunir las siguientes características :

- Gran capacidad de desintegración
- Mecanismo robusto y materiales de primera calidad
- Piezas de fácil vigilancia y mantenimiento
- Posibilidad de marcha automática

Dicelador con Impulsor de agua

Los diceladores con bombeo trituran sólidos a la vez que impulsan las aguas residuales. Su capacidad de impulsión no es elevada, instalándose muchas veces, en la tubería y en serie, un elemento triturador seguido de la bomba impulsora.

Un modelo de su instalación puede verse en la Fig. 3, donde se ve como una rejilla radial retiene los residuos y los transporta hacia la aspiración del dilacerador.



Figura 3
Dicelador Tipo Lineal [2]

Con la utilización de uno de estos dos tipos de diceladores, se busca facilitar el proceso de extraer la materia sólida del afluente antes de que llegue al sistema de "screening" que ya la planta Los Naranjos tiene instalado, el cual se muestra en la Fig. 4.



Figura 4
Sistema de Screening, Planta Los Naranjos, Vega Baja

Lagunas de Maduración

Otro método que podríamos utilizar para lograr la remoción y/o destrucción de los TDS en las plantas de tratamiento son las lagunas de maduración como sistema de tratamiento de aguas residuales. En términos generales estas son lagunas poco profundas de 0,15 @ 0,60 m, de profundidad útil hasta 1,20 m de profundidad total, donde las reacciones características en las aguas recibidas, procedentes de un tratamiento previo, se concretan en una fuerte reacción fotosintética, una oxidación y una acción de desinfección por las radiaciones ultravioletas [2].

En estas lagunas se da un alto crecimiento de algas con una fuerte reducción de nutrientes. Estas algas deben ser retiradas para permitir la penetración de las radiaciones solares y acción de las radiaciones ultravioletas. Se utilizan estas lagunas de maduración para la reducción del número de bacterias, virus y otros elementos patógenos, como huevos de nematodos. Estos permiten obtener un efluente de elevada calidad, eliminando patógenos y nutrientes de forma simultánea, dependiendo dichos efectos del tiempo

de retención, utilizándose normalmente un tiempo de retención de 5 días (TC).

Algunos de los efectos logrados con la utilización de esta tecnología pueden resumirse en las siguientes:

- Eliminación de patógenos, reducción de hasta el 99% de coliformes y estreptococos fecales.
- Reducción de nutrientes, eliminándose hasta el 30% de nitrógeno y 95% de fósforo.
- Reducción de contenido orgánico, eliminándose entre un 50% y un 95% de DBO₅, dependiendo de las condiciones climáticas y de la retirada de algas.
- Precipitación de metales pesados.
- Reducción de sólidos en suspensión (TDS)
- Los factores que intervienen en la eliminación de los agentes patógenos pH, temperatura, sedimentación, rayos ultravioleta, organismos depredadores, presencia de sustancias tóxicas y dilución.
- Es muy importante y se debe resaltar que la composición de la población de algas, ya que un excesivo crecimiento de las algas conllevaría a producir gran cantidad de trihalometanos, como el cloroformo, si se tratan posteriormente estas aguas con cloro.

Basados en los estudios y datos obtenidos de investigaciones realizadas en relación a los efectos de desinfección utilizando las lagunas de maduración se obtienen las siguientes conclusiones [2].

- El efluente secundario sometido a filtración alcanzó rendimientos entre 25 – 70 % de reducción con respecto a turbiedad y TDS.
- La desinfección con dióxido de cloro y con dosis pequeñas, previa filtraciones efluente secundario, genera concentraciones mínimas de cloroformo.
- Las lagunas de maduración ayudan a la disminución de la concentración del cloro residual y eliminación del cloroformo.

La calidad de la degradación de las aguas dado el impropio manejo de las aguas residuales en uno

de los problemas más serios que podemos enfrentar hoy en día. El recibo de aguas contaminadas podrá continuar creciendo en el futuro dado el descontrol de la población en las áreas metropolitanas [3]. Las lagunas de plantas acuáticas flotantes funcionan como unos filtros horizontales cuyas raíces sumergidas proveen soporte físico para las bacterias bio-filminas para poder degradar la materia orgánica [4]. Diversos estudios de tratamientos de aguas residuales han demostrado la eficiencia de usar plantas acuáticas con microorganismos presentes en las superficies de las raíces y en lagos, como por ejemplo: *Amaranthus Hybridus*, *Lenma sp*, *Phragmites sp*, *Typha sp*, wáter hyacints etc.

El estudio demostró que las altas concentraciones de TDS y metales pesados en la eficiencia de tratamientos con jacintos y el crecimiento de las plantas fueron estudiadas en varios lugares del mundo y entre esos estudios se observó que las hojas de las plantas presentaron anomalías vs reducción en el número de hojas. Las modificaciones anatómicas en las raíces de las plantas fueron registradas en altas concentraciones de TDS y metales pesados. [5].

Luego de varios estudios realizados a las características de los efluentes, tanto de las lagunas superficiales como convencionales utilizando jacintos en una prueba de 21 horas [3] Valipour et., al 2010) determinó que para varios parámetros como por ejemplo el TDS, PH, COD, BOD₅, y otros valores estudiados, las lagunas de maduración tuvieron el mayor porcentaje de reducción cuando se comparan con las lagunas convencionales. En la próxima sección se muestra el procedimiento efectuado en el laboratorio para evaluar este proceso.

Experimento de Lagunas de Maduración

Un estudio similar sobre las lagunas de maduración fue realizado en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Politécnica de Puerto Rico. Este se realizó en un periodo de una semana del 28 de septiembre al 2 de octubre del 2015. En la Fig. 5 se

muestra el esquemático de cómo fue trabajado el experimento.



Figura 5
Esquemático Configurado en el Laboratorio

El experimento contiene los siguientes elementos:

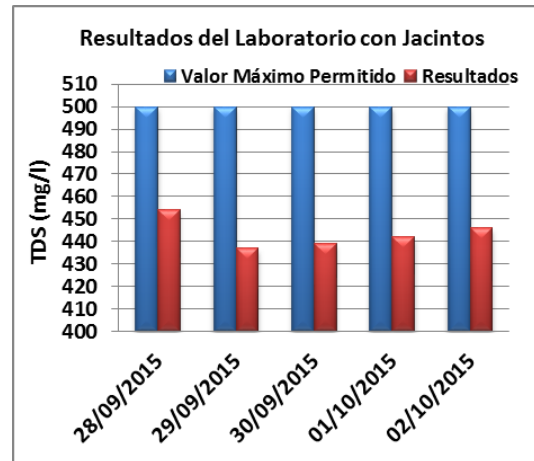
1. Recipiente de almacenamiento rectangular de 28 L con un volumen libre de 4" en presencia de jacintos.
2. Filtro de Pecera – para brindar oxigenación constante y prevenir la degradación de la muestra.

Muestreo y Análisis

Una muestra del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (Los Naranjos, Vega Baja, Puerto Rico) fue recolectada del equipo antes de su ingreso al sistema de desinfección UV Light, del cual ya proviene con muchos de sus contaminantes ya reducidos por el proceso de la planta. La misma fue colocada en el recipiente y colocándole los jacintos colectados de una localidad cercana y al tomar la lectura inicial de los TDS se obtuvo una lectura de 454 mg/l. Lo mismo se realizó por 5 días consecutivos. En donde, las lecturas reflejaron un comportamiento por debajo de los estándares máximos establecidos por la EPA y la JCA, como se muestran en la Gráfica 1. Cuando comparamos este estudio con el realizado por [3] Valipour et. al 2010, se observa una reducción significativa en los valores de TDS, lo cual confirma la viabilidad del uso de este método.

Tabla 1
Resultados del Estudio Realizado

TDS (mg/l)	Fecha	Hora	Día	T (°C)
454	9/28/2015	5:45 PM	L	28.9
437	9/29/2015	4:50 PM	M	24
439	9/30/2015	4:36 PM	W	23.3
442	10/1/2015	4:27PM	J	24.4
446	10/2/2015	1:23 PM	V	24.2



Gráfica 1
Resultados del Estudio Realizado

RECOMENDACIONES

Se propuso el uso de jacintos ya que se considera una manera mucho más económica en comparación con otros de los métodos, como el de UV Light. Por ende, resulta costo efectivo el construir dichas lagunas para reducir significativamente los contaminantes de los efluentes en los cuerpos de agua del país.

En cuanto a los posibles errores en los resultados de este experimento existen varios motivos. En primera instancia se tomaron lecturas por solo 5 días. Por otra parte, se observa la diferencia en las lecturas de temperatura (Tabla 1) ya que el experimento se hizo dentro de las facilidades del laboratorio, a diferencia del caso real, en donde las plantas de jacintos están expuestas al sol y a temperatura ambiente, al igual que no recibe los nutrientes de su estado natural, como los del terreno. Esto se confirma con el hecho

de que las plantas se fueron degradando al paso de los días. Por consiguiente, se recomienda hacer un estudio similar, en donde las plantas de jacintos se expongan a condiciones naturales y que el tiempo de lectura de TDS sea mayor, para que así los resultados sean más confiables.

Desinfección con Rayos Ultravioleta

La luz ultravioleta (UV Light) es una alternativa de desinfección al uso del cloro y ozono en muchas de las aplicaciones de tratamiento de aguas potables y residuales. La radiación UV garantiza la desinfección efectiva sin producción de subproductos de desinfección problemáticos.

Los sistemas de desinfección UV pueden ser diseñados para una amplia gama de aplicaciones siempre que se preste la debida atención a la calidad del agua que se está desinfectando y a los objetivos de desinfección buscados.

Los efectos germicidas de energía radiante del sol fueron reportados por primera vez por *Downs y Blunt* en 1978. La aplicación práctica de UV requirió sin embargo el desarrollo de la lámpara de vapor de mercurio como fuente de luz UV artificial en 1901 y el reconocimiento del cuarzo como la envoltura ideal de desinfectante de agua se hicieron en *Marsella*, Francia en 1910.

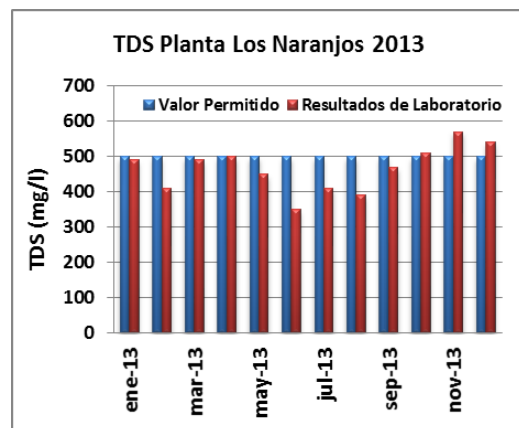
La radiación UV fue usada en los Estados Unidos entre 1916 y 1926, para la desinfección de agua, y en barcos para obtener agua potable. El sol es una fuente de luz ultravioleta, la absorción de radiación de longitud de onda corta por la capa de ozono de la Tierra impide que alcancen en la Tierra cantidades significativas de UVB y UVC. Las fuentes de UV más comunes son lámparas de arco de mercurio de baja y mediana presión que están disponibles comercialmente.

La reutilización de agua residual es una forma real de incrementar los recursos hidráulicos y a la vez mejorar la calidad de las aguas naturales. No obstante, la reutilización de agua residual puede comportar un riesgo sanitario para las personas, ya que la exposición a los microorganismos patógenos en estos casos es mayor que cuando se utilizan aguas no contaminadas con aguas residuales [6].

La eliminación de los microorganismos patógenos contenidos en un agua residual tratada se consigue mediante un proceso de desinfección y para asegurar la inactivación total de los microorganismos indicadores presentes en el agua es necesario reducir al mínimo posible el contenido de materia en suspensión (TDS) y la turbiedad del agua a tratar, ya que las partículas ofrecen a los microorganismos una barrera protectora frente a la acción de los desinfectantes.

Instalaciones con Sistema UV Light

La Planta Los Naranjos en Vega Baja cuenta desde el pasado mes de marzo con la implementación del sistema UV Light en sus facilidades como requerimiento para el tratamiento de aguas residuales y final disposición de aguas al efluente más cercano que cumpla con las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), El Departamento de Salud y la Junta de Calidad Ambiental (JCA). El sistema físicamente estaba instalado pero dado a unos pequeños problemas de logística, no es hasta como se menciona antes, que se encuentra a toda capacidad. Los datos del año 2013 y 2014 fueron recolectados en los archivos de la AAA. Ahí se encontró que, a pesar de no tener el sistema UV Light instalado, en la mayoría de las ocasiones fueron pocas las veces en que la planta incumplió con las concentraciones de TDS mayores a 500 mg/l. En la Gráfica 2 se muestran los datos recolectados del año 2013.



Gráfica 2
Lecturas TDS en la Planta Los Naranjos, Vega Baja, P.R. en el año 2013

En la Fig. 6 se muestran varios de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales de la Planta Los Naranjos.



Figura 6

Transcurso del Proceso de Aguas Residuales en la Planta Los Naranjos, Vega Baja

La planta, como muestra la Figura 6, actualmente es una de tratamiento secundario avanzado con la cual trabaja el sistema UV Light en su fase final. El sistema, desde su implantación, ha proporcionado una buena calidad del efluente. El recorrido de las aguas residuales y todo lo que se recibe comienza en el área de los screening, donde una máquina permite extraer la materia sólida de mayor tamaño que llega a la planta, la cual se ilustra en la Fig. 4. Ya el afluente debidamente tratado y libre de contaminantes patógenos y microbianos, llega hasta el sistema de cámaras UV Light para finalmente ser aplicado el tratamiento y disposición final al cuerpo receptor aledaño. En la Fig. 7 se muestra la localidad antes indicada.



Figura 7

Sistema de Cámaras UV Light, Planta Los Naranjos, V.B

Luego de este proceso se obtiene un efluente de óptima calidad y apto para la vida acuática, re-uso aguas abajo como agua potable a ser tratada y usos, tanto agrícolas como sistema de riego. El la Fig. 8 se muestra la fase final del proceso.



Figura 8

Efluente Final, Planta Los Naranjos, Vega Baja

RESUMEN DE RESULTADOS

Se hizo una verificación en la información de los datos que se estuvieron tomando durante los pasados años (2012 @ 2014) en la planta, para los diferentes parámetros con los cuales las agencias estatales y federales monitorean constantemente a la instalación. De esos, en nuestro caso monitoreamos los valores de TDS, cuyo valor establecido es 500 mg/l.

Se pudo observar y analizar que entre esos años, de enero a julio del año 2012 los valores rebasaron por muchos mg/l la cantidad establecida, alrededor de los 2,000 mg/l, esto se debió mayormente a las altas cantidades de afluentes que estuvieron llegando por motivos de lluvias torrenciales, adicionando también escorrentías superficiales y también las posibles conexiones ilegales que siempre ocurren pero que no son fácilmente detectables, que se añaden al caudal a ser tratado.

Esta planta está capacitada y diseñada para poder tratar y procesar 4.1 MGD, que se distribuyen en los siguientes: 2 MGD para el tanque Anóxico-Aeróbico, 1.5 MGD para el Contenedor Biológico Rotativo y 0.6 MGD en la Planta

Paquete. En un ejercicio real realizado el día 1 de abril de 2015, el Q_{in} fue de 2,275, 200 MGD y el Q_{out} fue de 1, 394,064 MGD.

Los resultados de las muestras tomadas mensualmente de los años 2013 y 2014 reflejaron una notable mejoría cuando comparamos con los primeros meses del año 2012. En estos años los valores estuvieron iguales o menores a los establecidos en parte a la ardua tarea de los operadores que aún, no teniendo el sistema de UV Light, preparaban un plan agresivo de sistema de lavado de tanques más frecuentemente para así poder cumplir con los estándares requeridos.

Ya en el año 2015, durante los primeros 10 meses se ha estado cumpliendo con los parámetros y el sistema de UV Light comenzó en marzo del año 2014. En donde, además del TDS, todos los parámetros que se monitorean en la planta cumplieron cabalmente con sus respectivos valores asignados, indicando esto que la planta de tratamiento se encuentra en perfectas condiciones operacionalmente. En adición a esto también podemos mencionar que se obtuvo el costo real de la implantación del sistema de UV Light y el mismo tiene un costo entre diseño, construcción y “start up” del equipo de \$ 215,000.00 dólares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Haciendo una introspección a la información presentada de manera contundente que ambos procesos (UV Light y Lagunas de Maduración con jacintos) proveen los mecanismos necesarios para la remoción total de los contaminantes que llegan a la planta a través de sus afluentes residuales, escorrentías superficiales, infiltraciones y/o conexiones ilegales de difíciles de detectar.

El UV Light es la tecnología con más alto grado de efectividad ya que trasciende las barreras de los muchos tipos de aplicaciones que existen para el tratamiento de tanto aguas potables como residuales, además que garantiza la desinfección efectiva total.

Se entiende, que es lo mejor que se ha creado ya que permite la total desinfección en el efluente

de la planta, permitiendo al cuerpo receptor obtener un producto que al interactuar, no tenga efectos adversos al ecosistema existente y sea re-usable aguas abajo y/o aguas arriba (dependiendo su localización).

La lagunas de maduración con jacintos para el tratamiento de aguas residuales, definitivamente son una excelente solución a la hora de remover altas cantidades de TDS y otros contaminantes dentro de un ambiente controlado y resulta sumamente económico (en comparación con la tecnología UV Light), utilizando tecnología verde y radiación solar como base fundamental (como le llamamos hoy en día).

En el estudio realizado (Lagunas de Maduración– usando jacintos) y en la investigación (utilizando UV Light) demuestran que ambos procesos son removedores efectivos de contaminantes, prefiriendo por su bajo costo para utilización las lagunas, pero no descartando su uso en el futuro, ya que en el caso de estudio en particular tiene UV Light implementado en meses recientes (desde marzo 2015 específicamente) y observando los resultados obtenidos en los meses de enero y septiembre del 2015 se notó una reducción con valores de 490 mg/l y 470 mg/l respectivamente con respecto a los 500 mg/l establecidos como parámetro a no sobrepasar mensualmente y se continuará monitoreando para cotejar la efectividad de la tecnología en aplicación.

REFERENCIAS

- [1] A. M. Molina & J. L. Tigreros Gutiérrez, *Evaluación Preliminar de la remoción de sólidos suspendidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Arauca*, Colombia, 2005.
- [2] A. Hernández Muñoz, “Depuración y Desinfección de Aguas Residuales”, *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, Madrid, Vol. 1, 2001, pp. 261-264, pp. 802-809, pp. 836-845.
- [3] A. Valipour, V. Kalyan Raman & P. Motallebi, “Application of Shallow Pond System using Water Hyacinths for Domestic Wastewaters Treatments in the Presence of High Total Dissolved Solids (TDS) and Heavy Metals Salts”, *Environmental Engineering and*

- Management Journal, June 2010, vol. 9, no. 6, 2010, pp. 853-860.
- [4] R. Snooknah, "A review of the mechanism of pollutants removal in water hyacinth systems", *Science and Technology*, vol. 6, 2010, pp. 49-57.
- [5] V. Diaconu., M. M. Nanau, O. Nechifor & E. Nechifor, "Assessments of some heavy metals in soils, drinking water, medicinal plants and their liquid extracts", *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 8, no. 3, 2009, pp. 569-573.
- [6] P. Aguirre, J. García & R. Mujeriego, "Desinfección con cloro y UV en un proceso convencional de regeneración de agua", *Ingeniería del Agua*, vol. 11, no. 1, Marzo 2004.