

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**



**FORMULARIO DE PRESENTACIÓN - 2014
"PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN INTERNOS". PROY. No. PII -**

Área del proyecto: Química de radicales Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas X

FACULTAD: INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DEPARTAMENTO: CIENCIAS NUCLEARES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA
(verificable en el saew)

1	Proyecto Interno de Investigación
	<p>Título:</p> <p>Estudio de la degradación de los colorantes azoicos AZUL DRIMAREN HF-RL, AMARILLO DRIMAREN CL-2R, ROJO DIRECTO 4BS y la carga contaminante de un efluente textil mediante la combinación de un proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato, con un proceso biológico anaerobio y la combinación de un proceso de ozonificación con un proceso biológico aerobio</p>
	<p>Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)</p> <p>La industria textil contamina el agua con compuestos recalcitrantes lo que hace que sus efluentes tengan una baja biodegradabilidad. Los procesos foto-fenton con la adición de ácido oxálico y la ozonificación son procesos de oxidación avanzada utilizados como alternativas de tratamiento debido a que generan radicales "OH que oxidan contaminantes de las aguas textiles.</p> <p>Este proyecto plantea la aplicación de procesos de foto-fenton asistido con ferrioxalato y de ozonificación en modalidad "batch" para degradar soluciones sintéticas de colorantes y un efluente textil. Para ello, se determinarán las condiciones de operación de cada proceso que permitan la máxima degradación. En el primer tratamiento las variables de estudio serán pH y las concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrógeno y ácido oxálico dihidratado. El uso del ácido oxálico permite trabajar a rangos más amplios de pH con relación al proceso foto-fenton convencional. Para el segundo tratamiento mediante ozonificación las variables de estudio serán dosis de ozono y pH.</p> <p>Posteriormente, se realizará el tratamiento en los reactores biológicos anaerobio en el primer caso y aerobio en el segundo caso. Finalmente, se diseñará el sistema de tratamiento que presente los mejores resultados de remoción y considere el cumplimiento de la normativa ambiental.</p>
	<p>Palabras clave: Foto-fenton, ferrioxalato, tratamiento biológico anaerobio, ozonificación, tratamiento biológico aerobio, colorantes azoicos.</p>

2	Datos personales y académicos del Director del Proyecto	
Apellidos:	Férez Guamanzara	Dirección particular: Manuela Sáenz E7-118 y Tacuri, Nayón
Nombres:	Jady Paulina	Teléfono casa: 3820472
Lugar y fecha de nacimiento:	Quito, 23 de mayo de 1970	Teléfono celular: 0984259377
Cargo actual en la EPN:	Profesor Titular auxiliar	Teléfono oficina: 3938780/2976300
Fecha nombramiento definitivo:	02/05/2014	

Horas de dedicación al proyecto: 200		Ext. EPN: 2102 Correo electrónico: jady.perez@epn.edu.ec
Formación de pregrado y postgrado		
Títulos	Fecha	Institución / Universidad/País
Ingeniera Química	14 de mayo de 1999	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
Magister en Seguridad, Salud y Ambiente	21 de julio de 2004	Universidad Central del Ecuador / Ecuador

3 Datos personales y académicos del Profesor colaborador		
Apellidos: Muñoz Bisesti		Dirección particular: El Rosario, Quitumbe No. N59-176
Nombres: Florinella		Teléfono casa: 2530896
Cédula de Identidad: 1704582020		Teléfono celular: 0984170819
Cargo actual en la EPN: Jefe del Departamento de Ciencias Nucleares		Teléfono oficina: 2976300 Ext. EPN: 4202 Correo electrónico: florinella.munoz@epn.edu.ec
Fecha nombramiento definitivo: 01/06/2004		
Formación de pregrado y posgrado		
Títulos	Fecha	Institución / Universidad/País
Ingeniería Química	17-12-1993	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
Doctora en Ciencias Naturales	24-10-1999	Instituto Max-Planck für Strahlenchemie/ Ruhr - Universität Bochum/ Alemania

4 Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación	
<p>- Objetivos</p> <p>1. Objetivo General</p> <p>Estudiar la degradación de los colorantes azoicos AZUL DRIMAREN HF-RL, AMARILLO DRIMAREN CL-2R, ROJO DIRECTO 4BS y un efluente textil mediante la combinación de un proceso foto-fenton, asistido con ferrioxalato, con un proceso biológico anaerobio y la combinación de un proceso de ozonificación con un proceso biológico aerobio</p> <p>2. Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar las concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrógeno, ácido oxálico dihidratado y pH del proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato, que permitan la mayor remoción de la concentración de color de las soluciones sintéticas de los colorantes azoicos. Determinar la dosis de ozono y pH del proceso de ozonificación, que permitan la mayor remoción de la concentración de color de las soluciones sintéticas de los colorantes azoicos. Caracterizar física y químicamente el efluente de una empresa textil. Establecer los tiempos de residencia de los procesos foto-fenton y ozonificación, en modalidad "batch", con las condiciones de operación resultantes de cada proceso para tratar un efluente textil. Establecer las condiciones de operación del reactor biológico anaerobio para que el efluente pretratado con el proceso foto-fenton cumpla con la normativa ambiental. Establecer las condiciones de operación del reactor biológico aerobio para que el efluente pretratado con el proceso de ozonificación cumpla con la normativa ambiental. Diseñar una planta de tratamiento para la mejor alternativa de depuración, determinada sobre la base de las mayores remociones de color y DQO en el menor tiempo. Analizar los costos preliminares de la implementación, puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales. 	

	<p>- Hipótesis</p> <p>Es posible seleccionar un tratamiento que permita la remoción de color y DQO así como el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, entre un sistema foto-fenton asistido con ferrioxalato combinado con el proceso biológico anaerobio y un sistema de ozonificación combinado con un biológico aerobio.</p>
	<p>- Resultados esperados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrógeno y ácido oxálico dihidratado, y pH del proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato, para la disminución de la concentración de color en las soluciones sintéticas de colorantes azoicos en modalidad "batch". 2. Dosis de ozono y pH del proceso de ozonificación para la disminución de la concentración de color en las soluciones sintéticas de colorantes azoicos en modalidad "batch". 3. Gráficas de control de DQO, color real y sólidos totales de muestras compuestas de un efluente textil y caracterización físico-química de tres posteriores muestras representativas de un efluente textil, mediante los parámetros: caudal, pH, temperatura, DQO, DBO₅, COT, color real, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos y tensoactivos. 4. Tiempos de residencia de los procesos foto-fenton asistido con ferrioxalato y del proceso de ozonificación, en modalidad "batch", para obtener una relación de DBO₅/DQO mínima de 0.4. 5. Flujo de alimentación del efluente pretratado por foto-fenton asistido con ferrioxalato al reactor biológico anaerobio para remoción de DQO. 6. Flujo de alimentación del efluente pretratado por ozonificación al reactor biológico aerobio para remoción de DQO. 7. Diseño de una planta de tratamiento para la mejor alternativa de depuración, determinada sobre la base de las mayores remociones de color y DQO en el menor tiempo. 8. Estudio preliminar de costos de implementación, puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales seleccionada. <p>- Potenciales Usuarios</p> <p>Empresa Textil Ecuador, empresas textiles y de tinción del Ecuador, grupos de investigación en la línea de procesos de oxidación avanzada.</p>

<p>5</p>	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</p> <p>La industria textil consume grandes cantidades de agua, alrededor de 125 a 170 L/kg de producto, principalmente en los procesos de tinturado y acabado, además de agentes químicos como tensoactivos, sustancias quelantes, reguladores de pH y colorantes orgánicos, de los cuales se asume que el 60-70% son azo-colorantes. Por tanto, las aguas residuales resultantes tienen una gran cantidad de contaminantes, cuyo tratamiento es complicado debido a la poca biodegradabilidad que poseen (Chacón, Leal, Sánchez y Bandala, 2002, p. 1; Riaza, Manzano y Quiroga, 2007, p. 148).</p> <p>La presencia de estos contaminantes en las aguas residuales produce un aumento en la coloración del medio receptor y disminuye la penetración de radiación solar, consecuentemente afecta la fotosíntesis y el crecimiento de plantas acuáticas, al igual que limita el crecimiento de invertebrados y otras formas de vida acuática (Riaza et al, 2007, p. 148; Kiran, Ali y Ashger, 2013, 208).</p> <p>Dado que los colorantes azoicos son compuestos difícilmente biodegradables por su compleja estructura, los procesos biológicos por sí mismos no permiten su completa eliminación (Megoza-Aleman y Buitrón, 2005, p. 1). Se han propuesto procesos avanzados de oxidación de las aguas de la industria textil, los cuales implican la generación de radicales •OH que son considerados los más poderosos agentes oxidantes en fase acuosa. En muchos de los casos, la aplicación de algunas de estas metodologías ha resultado en la exitosa disminución</p>
-----------------	--

de la concentración de colorantes en los efluentes tratados (Chacón et al., 2002, p. 2; Vedrenne, Vazquez-Medrano, Prato-García, Frontana-Urbe, Hernández-Esparza y Andrés, 2012, p. 293).

El proceso fenton es uno de los sistemas más importantes para generar radicales $\cdot\text{OH}$, mediante una reacción sencilla entre las sales de hierro y el peróxido de hidrógeno. El proceso foto-fenton es otro efectivo método para disminuir los contaminantes, debido a que la decoloración puede ser acelerada por la combinación de luz ultravioleta sobre los reactivos que intervienen en el proceso fenton. Los procesos fenton y foto-fenton se ejecutan en condiciones ácidas (pH entre 2,8 - 3) lo cual es considerado un inconveniente al tratar con efluentes textiles que tienen un pH entre 6 y 10 (Vedrenne et al., 2012, p. 293; Zheng, Pan y Xian, 2006, p. 2).

Los sistemas de oxidación asistidos con ligandos orgánicos son más rápidos y más eficientes que los sistemas fenton convencionales y el uso de oxalato ferroso es una de las mejores opciones junto con el uso de citratos y EDTA (Vedrenne et al., 2012, p. 293).

En el sistema foto-fenton asistido con ferrioxalato, la complejación hierro-oxalato es altamente estable, lo que ocasiona que se amplíe el rango de trabajo en cuanto al pH (próximo a la neutralidad) y el uso de la radiación hacia longitudes dentro de la región visible hasta los 450 nm. Además aumenta la eficiencia de oxidación del proceso foto-fenton, ya que el peróxido de hidrógeno absorbe fotones hasta los 320 nm. El proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato puede ser hasta tres veces más rápido que el proceso fotocatalítico (Li, Li, Liu, Li y Liu, 2007, p. 784-785; Monteagudo, Durán, San Martín y Aguirre, 2010, p. 120; Rao, Senthilkumar, Byrne y Feroz, 2012, p. 73-74; Zheng y Xian, 2006, p. 458)

Aunque una fuente económica de radiación es la solar, la variabilidad de las condiciones climáticas no benefician el proceso, así en días nublados o en la noche, la reducción de contaminantes es menor, por lo tanto es más recomendable la utilización de una lámpara que emita radiación ultravioleta o visible para tratar efluentes continuos (Tokumura, Znad y Kawase, 2008, p. 4 665 - 4 666; Zheng et al, 2006, p. 459).

En el proceso de ozonización para el tratamiento de efluentes textiles se tienen reacciones de oxidación rápidas, que no generan lodos y permiten purificar grandes caudales. Se pueden tener dos vías de reacción: la primera directa, a través del ozono molecular, cuando se tiene un medio ácido, y la segunda por vía indirecta mediante radicales $\cdot\text{OH}$, que se forman de la descomposición del ozono a valores de pH básicos. El poder oxidativo de los radicales hidroxilos es mayor que el del ozono molecular, lo que hace que se tenga una mayor mineralización de la materia al trabajar en medios básicos. (López, Moreira, Feijoo y Lema, 2006, p. 564; Rodríguez, 2003, pp.19-20; Soares, Órfao, Portela, Vieira y Pereira, 2006, p.1 668).

Los radicales $\cdot\text{OH}$, al no ser selectivos han hecho que la ozonificación sea un proceso efectivo sobre efluentes textiles, ya que actúan sobre las estructuras complejas de los colorantes, y en otros contaminantes provenientes de los diferentes procesos de una planta textil, lo que permite obtener compuestos más simples, y la disminución de color y DQO de dichas aguas residuales. (Sevilmi y Sarikaya, 2002, p. 843)

La adecuada transferencia de masa de ozono por ejemplo a través del uso de difusores de burbuja fina y dosis altas de ozono en el sistema, favorecen la degradación de los contaminantes en tiempos cortos de reacción, lo que aumenta el rendimiento del proceso. (Rodríguez, 2003, p. 19; Sevilmi y Sarikaya, 2002, pp. 844-845)

Los procesos de oxidación avanzada se utilizan como una etapa de pre-tratamiento, en la cual se da una oxidación parcial de la materia orgánica para aumentar su biodegradabilidad. De este modo, los efluentes que contienen materiales recalcitrantes pueden ser posteriormente degradados por microorganismos en una planta de tratamiento biológico (Kiran et al. 2013, 208; Rodríguez, 2003, p 34; Tunay, Kabdasi, Arslan-Alaton, y Olmez-Hanci, 2010, p. 217).

Este proyecto se relaciona con la línea de investigación del Departamento de Ciencias Nucleares: "Procesos de Oxidación Avanzada", dentro del área: "Química de Radicales".

Como resultado del estudio se espera definir una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa Textil Ecuador, ya sea mediante la combinación de los procesos foto-fenton asistido con ferrioxalato y tratamiento biológico anaerobio, o mediante ozonificación combinado con un tratamiento biológico aerobio, con el objeto de disminuir la carga contaminante de un efluente y que la empresa pueda descargar sus efluentes con el cumplimiento de la normativa ambiental vigente emitida nacional y local.

6	Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido
	<p>- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se prepararán soluciones sintéticas de los colorantes AZUL DRIMAREN HF-RL, AMARILLO DRIMAREN CL-2R y ROJO DIRECTO 4BS y se realizarán curvas de calibración de cada una de ellas. 2. Se llevará a cabo un proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato, en modalidad "batch" con las soluciones sintéticas de colorantes, y diferentes concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrógeno y ácido oxálico dihidratado. Después se ensayarán diferentes valores de pH en el proceso. Al finalizar cada experimentación se determinará la disminución en la concentración de cada uno de los colorantes y las mejores condiciones de operación. 3. Se aplicará el proceso de ozonificación en modalidad "batch" con las soluciones sintéticas de colorantes, y diferentes dosis de ozono y valores de pH. Después de cada experimentación se determinará la disminución en la concentración de cada uno de los colorantes y las mejores condiciones de operación para ello. 4. Para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa Textil Ecuador, se realizará el análisis de DQO, color real y sólidos totales en 8 muestras compuestas, recogidas según la norma técnica del Distrito Metropolitano de Quito para flujo continuo, para elaborar cartas de control que muestren la representatividad de las muestras que se emplearán posteriormente en el estudio. 5. Se realizarán tres muestreos compuestos durante tres días de operación de la empresa y se realizará la caracterización fisico-química del efluente textil. 6. Se llevará a cabo el proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato, en modalidad "batch", con el efluente de la empresa Textil Ecuador. Se utilizarán las variables de operación que logren una mayor remoción de colorantes en las soluciones sintéticas y se determinará el tiempo de residencia en modalidad "batch" y con ello el flujo de operación en modalidad continua. 7. Se efectuará el proceso de ozonificación en modalidad "batch", con el efluente textil. Se utilizarán las variables de operación que permitan obtener una mayor remoción de colorantes en las soluciones sintéticas y se determinará el tiempo de residencia en modalidad "batch" y con ello el flujo de operación en modalidad continua. 8. Para el tratamiento biológico anaerobio, se utilizará el inóculo del río Machángara y el agua pretratada mediante foto-fenton asistido con ferrioxalato. Se fijará el pH entre 6,5 y 8,0 y se establecerá el flujo de alimentación al reactor que permita la mejor remoción de DQO. 9. Para el tratamiento biológico aerobio, se utilizará el inóculo del río Machángara y el agua pretratada mediante ozonificación. Se fijará el pH entre 6,5 y 8,0 y se establecerá el flujo de alimentación al reactor que permita la mejor remoción de DQO. 10. Se diseñarán un sistema de tratamiento de aguas residuales para el caudal del efluente sujeto a estudio para la mejor alternativa de depuración. 11. Se realizará el cálculo de costos de implementación, puesta en marcha y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto. <p>- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)</p> <p>Se prepararán soluciones sintéticas de los colorantes AZUL DRIMAREN HF-RL, AMARILLO DRIMAREN CL-2R y ROJO DIRECTO 4BS con concentraciones de 5 a 250 ppm para realizar curvas de calibración de cada una de ellas mediante espectrofotometría UV-Vis.</p> <p>Para el tratamiento fotocatalítico de las soluciones sintéticas de los colorantes azoicos mediante un proceso "batch" foto-fenton asistido con ferrioxalato, se prepararán soluciones con una concentración de 250 ppm de</p>

cada colorante. Se utilizará una lámpara de xenón de 100 W y el pH se ajustará a 4. Se realizará un diseño factorial 2^3 para determinar las concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrogeno y ácido oxálico dihidratado que logren la mayor disminución de concentración de color de cada solución. Se probarán dos valores de cada reactivo: concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado de 0,54 y 1,35 mM, concentraciones de peróxido de hidrogeno de 0,023 y 0,058 M y concentraciones de ácido oxálico dihidratado de 0,18 y 1,35 mM (Rodrigues, Madeira, y Boaventura, 2013, p. 13 314-13 316).

Una vez determinadas las mejores concentraciones de sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrogeno y ácido oxálico dihidratado, se realizarán ensayos a tres valores de pH: 4, 5 y 6 en un diseño experimental completamente al azar. La variable de respuesta en todos los ensayos será la disminución de concentración de cada uno de los colorantes (Yao-Hui, Shu-Ting, Yi-Fong, y Chuh-Yung, 2006, p. 385).

Para el tratamiento de las soluciones sintéticas de los colorantes azoicos en un proceso "batch", mediante ozonificación se prepararán soluciones con una concentración de 250 ppm de cada colorante. Se realizará un diseño factorial 3×3 para determinar la dosis de ozono y pH que logren la mayor disminución de concentración de color de cada solución. Se probarán tres dosis de ozono: 196, 245 y 294 mg/L y tres valores de pH: 6, 8 y 10 (Soares, et al, pp. 1 667-1 668).

La medición de la dosis de ozono se realizará mediante el método yodométrico según APHA, AWWA, WEF, 2005.

Una vez definidas las condiciones de operación del proceso fotocatalítico y el de ozonificación que logren la mayor remoción de concentración de color, se determinará la cinética de degradación de cada uno de los colorantes sintéticos en cada proceso (Zheng et al, 2006, p. 462-463).

Se recogerán 8 muestras compuestas del agua residual textil, provenientes de los procesos de tintorería y estampación de la empresa Textil Ecuador, según la norma NTE INEN 2176:2013 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Los criterios para la frecuencia de muestreo serán los descritos en la Resolución No. 002-SA-2014, que contiene la norma técnica para el Distrito Metropolitano de Quito. El transporte de las mismas se realizará de acuerdo con las indicaciones de la norma NTE INEN 2169:2013 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

De dichas muestras se realizarán análisis de DQO, color real y sólidos totales para realizar cartas de control que indiquen la variabilidad de los contaminantes en el efluente. Con base en las mismas, se planificará la toma de 3 muestras compuestas representativas del efluente textil, para la aplicación de los sistemas de tratamiento propuestos.

Se realizarán mediciones "in situ" de caudal, pH y temperatura. Los análisis físico-químicos de las muestras de agua residual se efectuarán en el Laboratorio del Acelerador de Electrones de la Escuela Politécnica Nacional. Se medirá DQO, DBO₅, COT, color real, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, y tensoactivos. Los métodos utilizados en cada caso seguirán la normativa APHA, AWWA, WEF (2005).

Una vez caracterizado el efluente de la empresa Textil Ecuador, se aplicarán las condiciones del proceso fotocatalítico en modalidad "batch" determinadas para las soluciones sintéticas y se establecerá el tiempo de residencia necesario para obtener una relación mínima de DQO/DBO₅ de 0,4 (Domènech y Peral, 2006, p.192). Simultáneamente se analizará color real y COT bajo las mismas condiciones. Consecuentemente se fijará el flujo de alimentación del efluente al proceso en modalidad continua (Zheng et al, 2006, p. 462-463).

Por otro lado, se pondrá en marcha el proceso de ozonificación en modalidad "batch" con el efluente textil y las condiciones de operación determinadas para las soluciones sintéticas. Se establecerá el tiempo de residencia necesario para obtener una relación mínima de DQO/DBO₅ de 0,4 (Domènech y Peral, 2006, p.192). Simultáneamente se analizará color real y COT bajo las mismas condiciones. Además se fijará el flujo de alimentación del efluente al proceso en modalidad continua (Ileri y Karaer, 2013, p. 4).

Se realizarán análisis de DQO, DBO₅, COT, color real, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos y tensoactivos del efluente tratado bajo las mejores condiciones en cada proceso de oxidación avanzada con el propósito de conocer los porcentajes de remoción y la relación de biodegradabilidad alcanzada en la primera etapa del tratamiento.

Para los tratamientos biológicos, se utilizará el inóculo del río Machángara. Se efectuará la adaptación del inóculo con el efluente de la empresa Textil Ecuador en los reactores anaerobio y aerobio, posteriormente se determinarán sus respectivas constantes cinéticas (Flores, 2013, p. 60-70).

El efluente pretratado mediante foto-fenton asistido con ferrioxalato se tratará complementariamente con un tratamiento biológico anaerobio. Se realizará un diseño experimental completamente al azar para variar el flujo de alimentación al reactor con valores entre 10 y 30 mL/min. La variable de respuesta será la disminución de DQO del efluente. Luego de definir el flujo de alimentación para el proceso, se medirán DQO, DBO₅, TOC, color real, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos y tensoactivos del efluente tratado, y se compararán los valores con la norma ambiental vigente (Flores, 2013, p. 60-70).

Se utilizará el efluente pretratado con ozonificación para poner en marcha el reactor aerobio. Se manejará el diseño experimental completamente al azar, la variable de estudio será el flujo de alimentación al reactor con valores entre 3 y 40 mL/min. Se analizará la DQO como variable de respuesta. Una vez determinado el flujo de alimentación para el proceso biológico se medirán DQO, DBO₅, TOC, color real, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos y tensoactivos del efluente (Castro, Avellaneda y Marco, 2013, p. 884).

Para los dos tratamientos biológicos se acondicionará el valor del pH entre 6,5 y 8,0 (Menéndez y Pérez, 2007, p. 104).

Se diseñará una planta de tratamiento de aguas residuales para la mejor alternativa de depuración del efluente textil, sujeto a estudio, sobre la base de las mayores remociones de color y DQO en el menor tiempo. Para lo cual se realizará el dimensionamiento de equipos, disposición en planta y diagramas PID. Finalmente se realizará un análisis preliminar de costos de implementación, puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Referencias Bibliográficas:

1. APHA, AWWA, WEF. (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington D.C., Estados Unidos de América: American Public Health Association.
2. Castro, E., Avellaneda, A. y Marco, P. Combination of Advanced Oxidation Processes and Biological Treatment for the Removal of Benzidine-Derived Dyes. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 33(3). 873-885. doi: 10.1002/ep.11865.
3. Chacón, M. Leal, M. y Bandala, E. (2002). Tratamiento de agua residual proveniente de la Industria Textil mediante Fotocatálisis Solar. *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Cancún, México. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/ii-009.pdf>. (Julio, 2015)
4. Dirección Metropolitana Ambiental. (2008). *Resolución N° 0002-SA-2014*. Recuperado de: http://www.ecuadorambiental.com/doc/normas_tecnicas.pdf
5. Domènech, X. y Peral, J. (2006). *Química Ambiental de Sistemas Terrestres*. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA190&dq=RELACION+DE+BIO+DEGRADABILIDAD+IGUAL++A+0,4&hl=es419&sa=X&ved=0CCIQ6AEwAWoVChMIgNP+OzoKBxwIVyff0eCh3_bgQY#v=onepage&q=RELACION%20DE%20BIODEGRADABILIDAD%20IGUAL%20%20A%20%20C4192&f=false (Julio, 2015)
6. Flores, C. (2013). *Dimensionamiento de un Sistema anaerobio para el tratamiento de aguas residuales domésticas rurales*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniería Química. Escuela Politécnica Nacional.
7. Ileri, S. y Karaer, F. (2013). Removal of Acute Toxicity with Ozonation in Textile Plant Waste Water. *J. BIOL. ENVIRON. SCL.*, 7(19), 1-8. Recuperado de http://jbes.uludag.edu.tr/PDFDOSYALAR/19/ma_k01.pdf (Julio, 2015).

8. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN). (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras*. Recuperado de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2169-1.pdf> (Julio, 2015)
9. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN). (2013). *Agua. Calidad del agua Técnicas de muestreo*. Recuperado de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2176-1.pdf> (Julio, 2015)
10. Kiran, S. Ali, S. y Ashger, M. (2013). Degradation and Mineralization of Azo Dye Reactive Blue 222 by Sequential Photo-Fenton's Oxidation Followed by Aerobic Biological Treatment Using White Rot Fungi. *Bull Environ Contam Toxicol*. 90. 208-215. doi: 10.1007/s00128-012-0888-0
11. Li, F. B. Li, X. Z. Liu, C.S. Li, X.M. y Liu, T. X. (2007). Effect of Oxalate on Photodegradation of Bisphenol A at the Interface of Different Iron Oxides. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 46(3). 781-787. doi: 10.1021/ie0612820
12. López, C., Moreira, T., Feijoo, G. y Lema, J. (2006). Tecnologías para el tratamiento de efluentes de la industria textil. *Revista de Química Teórica y Aplicada*. 64(531), 561-573. Recuperado de [file:///C:/Users/USER/Downloads/Afirmidad07%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Afirmidad07%20(2).pdf) (Julio,2015)
13. Melgoza-Aleman, R. y Buitron, G. (2005). Biodegradación de Colorante Azul Disperso 79 en un Reactor Discontinuo Secuencial Bajo Ambientes Anaerobios/Aerobios. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 36. 1-6. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220525100> (Julio,2015)
14. Menéndez, C. y Pérez, J. (2007). *Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales*. (3ra.ed.). La Habana, Cuba: Editorial Universitaria
15. Monteagudo, J. M. Duran, A. San Martín, A. y Aguirre, M. (2010). Catalytic degradation of Orange II in a ferrioxalate-assisted photo-fenton process using a combined UV-A/C-solar pilot-plant system. *Applied Catalysis B: Environmental*. 95. 120-129. doi: 10.1016/j.apcatb.2009.12.018
16. Rao, D. Senthilkumar, R. Byrne, J. y Feroz S. (2012). *Wastewater Treatment: Advanced Processes and Technologies*. (1era. Ed.). Londres, Reino Unido: CRC Press.
17. Riaza, F. Manzano, M. y Quiroga J. (2007). Oxidación de azo-colorantes via reacción foto-Fenton. Recuperado de: <http://www.inese.es/html/files/pdf/amb/ig/444/IQfeb12.pdf> (Julio, 2015)
18. Rodriguez, C. Madeira, L. y Boaventura, R. (2013). Optimization and Economic Analysis of Textile Wastewater. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 52. 13 313-13 324. doi: 10.1021/ie401301h
19. Rodríguez, F. (2003). *Procesos de Potabilización del Agua e Influencia del Tratamiento de Ozonización*. Madrid, España: Diaz de Santos
20. Sevimle, M. y Sarikaya, H. (2003). Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration. *Chem Technol Biotechnol*. 77 (7). 842-850. doi: 10.1002/jctb.644
21. Soares, O., Órfao, J., Portela, D., Vieira, A. y Pereira, M. (2006). Ozonation of textile effluents and dye solutions under continuous operation: Influence of operating parameters. *Elsevier*. 137(3). 1664-1673. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.05.006.
22. Tokumura, M. Znad, H. y Kawase, Y. (2008). Decolorization of dark Brown colored coffee effluent by solar photo-Fenton reaction: Effect of solar light dose on decolorization kinetics. *Water Research*. 42. 4 665-4 673. doi: 10.1016/j.waters.2008.08.007.
23. Tunay, O. Kabdashi, I. Arslan-Alaton, I. y Olmez-Hanci, T. (2010). *Chemical Oxidation Applications for Industrial Wastewaters*. Londres, Reino Unido: IWA Publishing.
24. Vedrenne, M. Vázquez-Medrano, R. Prato-García, D. Frontana-Urbe, B. Hernández-Esparza, M. y Andrés, J. (2012). A ferrous oxalate mediated photo-Fenton system: Toward an increased

biodegradability of indigo dyed wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*. 243. 292-301. doi:10.1016/j.jhazmat.2012.10.032

25. Yao-Hui, H. Shu-Ting, T. Yi-Fong, H. y Chuh-Yung, C. (2006). Degradation of commercial azo dye reactive Black B in photo/ferrioxalate system. *Journal of Hazardous Materials*. 140. 382-388. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.10.083

26. Zheng, H. Pan, Y. y Xiang, X. (2006). Oxidation of acidic dye Eosin Y by the solar photo-Fenton processes. *Journal of Hazardous Materials*. 141. 457-464. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.12.018

Cronograma de trabajo anual

No.	Actividad	Meses					
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1	Revisión bibliográfica						
2	Adquisición de materiales y equipos						
3	Puesta en marcha del sistema de tratamiento foto-fenton asistido con ferrioxalato con soluciones sintéticas de colorantes en modalidad batch y determinación de cinética de degradación de colorantes						
4	Puesta en marcha del sistema de ozonificación con soluciones sintéticas de colorantes en modalidad batch y determinación de cinética de degradación de colorantes						
5	Muestreo de las aguas residuales de la empresa Textil Ecuador						
6	Análisis físico-químico de las muestras del efluente textil.						
7	Determinación de tiempo de residencia del proceso foto-fenton asistido con ferrioxalato con el efluente textil, en modalidad "batch"						
8	Determinación de tiempo de residencia del proceso de ozonificación con el efluente textil, en modalidad "batch"						
9	Obtención del inóculo para los tratamientos biológicos y adaptación del mismo con las aguas residuales de la empresa						
10	Puesta en marcha del reactor biológico anaerobio con el efluente pretratado con foto-fenton asistido con ferrioxalato.						
11	Puesta en marcha del reactor biológico aerobio con el efluente pretratado con ozonificación						
12	Diseño de la planta, y estudio preliminar de costos						


- Justificación del equipo requerido

Son necesario todos los equipos para análisis de las aguas residuales, además de los que se utilizarán para la ejecución del proyecto como el reactor anaerobio y el generador de ozono.

7	Fecha de inicio	
	01 de septiembre de 2015	

8	<p>Tiempo de dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiempos de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. <ul style="list-style-type: none"> Director: 100 horas por semestre Tesista: 40 horas por semana - Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto <ul style="list-style-type: none"> Lámpara de xenón de 100 W Generador de Ozono, PHILAQUA Bomba peristáltica, FISHER Cronómetro Reactor anaerobio de lecho fijo multicámara de dos fases Equipo y materiales de laboratorio para análisis de agua: <ul style="list-style-type: none"> - PHmetro, JENWAY - Espectofotómetro, HACH - Balanza analítica, KERN - Estufa, QUINCY LAB - Sensor de DBO₅, AQUALYTIC - Bomba de vacío, MILLIPORE - Cámara de termostato, AQUALYTIC - Reactor de DQO, PALINTESTM - Medidor de TOC, SHIMADZU 	
----------	--	--

9	<p>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</p> <p>Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <u>estén sustentados con proformas actuales</u></p>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Equipos:	
	- pH metro digital de mesa	894,88
	- Micropipeta de volumen variable de 100 a 1000 µL	667,50
	Subtotal	1562,38
	2. Reactivos y materiales de laboratorio:	
	- Sulfato ferroso heptahidratado, 500 g	152,48
	- Hidrógeno peróxido 30 %, p/p, 2 L	201,60
	- Ácido oxálico, 1 kg	145,60
	- Viales para DQO rango alto	1203,78
	- Viales para DQO rango bajo	481,51
	- Celdas HACH 25 mL	423,09
	- Parafilm	168,00
	- Membranas de filtración. PTFE	476,00

	- Puntas para micropipeta - Agitadores magnéticos - Oxígeno	30,24 48,38 21,50
	Subtotal	3352,10
	TOTAL Todos los precios, han sido reportados incluido el IVA.	4914,56
10	Firma del aplicante	Lugar y Fecha
	 Nombre: Ing. Jady Pérez CC: 171110131-9	Quito, 11 de agosto del 2015

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Ciencias Nucleares, en sesión ordinaria del 14 de abril de 2014 mediante Resolución No. 11-14 y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.



JEFE DEL DEPARTAMENTO
 Nombre: Dra. Florinella Muñoz B.
 CC: 170458202-0

Quito, 11 de agosto de 2015