

**JIFI2018**  
JORNADAS DE INVESTIGACIÓN  
ENCUENTRO ACADÉMICO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

## TRATABILIDAD DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE INDUSTRIAS DE COSMÉTICOS

María Virginia Najul<sup>1\*</sup>, Henry Blanco<sup>1</sup>, Alejandro Mata<sup>1</sup>, Rosario Alberdi<sup>1</sup>, Jimena Arcaya<sup>1</sup>,  
Reina Rivero<sup>1</sup>, Rebeca Sánchez<sup>1</sup>, Gladys Sucic<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Central de Venezuela

[\\*mvnajul@gmail.com](mailto:*mvnajul@gmail.com)

### RESUMEN

Se analiza la tratabilidad de los efluentes líquidos de una industria cosmética venezolana, mediante ensayos a escala laboratorio. Para ello, con base en la revisión de literatura especializada, se seleccionaron y diseñaron unidades de tratamiento físico-químico, en dos etapas: 1) coagulación-floculación / flotación con aire disuelto y 2) evaporación / condensación, considerando aspectos como facilidad de operación, existencia de reactivos y materiales en el mercado venezolano, peligrosidad del proceso, riesgos al personal y posibilidades de reúso del efluente tratado. En la primera etapa se obtuvieron buenos resultados aplicando coagulantes (sulfato de aluminio – 20 mg/l) y floculantes (polímeros aniónicos – 15 mg/l) bajo condiciones de agitación rápida y lenta, incremento del pH hasta valores superiores a 9 para romper la emulsión y promover la flotación con la inyección de aire disuelto, alcanzándose remociones de DQO entre 58% y 77%. En la segunda etapa, las remociones de DQO y aceites y grasas fueron superiores al 90%. Las concentraciones de DQO y aceites y grasas en el condensado resultaron inferiores a 580 mg/l y 55 mg/l, respectivamente. El residuo de la destilación fue menor al 10% del volumen de muestra procesado, fluía fácilmente, sin olores significativos, ni desagradables.

*Palabras Clave: Industria cosmética, tratabilidad de efluentes industriales, ensayos escala laboratorio, coagulación/floculación-flotación, evaporación/condensación*

### ABSTRACT

The treatability of the liquid effluents of a Venezuelan cosmetic industry is analyzed through laboratory scale tests. For this, based on the review of specialized literature, physical-chemical treatment units were selected and designed, in two stages: 1) coagulation-flocculation / flotation with dissolved air and 2) evaporation / condensation, considering aspects such as ease of operation, existence of reagents and materials in the Venezuelan market, danger of the process, risks to the personnel and possibilities of reuse of the treated effluent. In the first stage good results were obtained by applying coagulants (aluminum sulphate - 20 mg/l) and flocculants (anionic polymers - 15 mg/l) under conditions of rapid and slow agitation, increasing pH to values higher than 9 to break the emulsion and promote flotation with the injection of dissolved air, reaching COD removals between 58% and 77%. In the second stage, the removal of COD and oils and fats were greater than 90%. The concentrations of COD and oils and fats in the condensate were lower than 580 mg/l and 55 mg/l, respectively. The distillation residue was less than 10% of the processed sample volume, flowed easily, without significant or unpleasant odors.

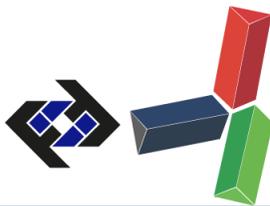
*Key words: Cosmetic industry, treatment of industrial effluents, laboratory scale tests, coagulation / flocculation-flotation, evaporation / condensation.*

#### SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>



## INTRODUCCIÓN

La industria cosmética latinoamericana mantiene un importante crecimiento a escala mundial, con ingresos anuales alrededor de 80 mil millones de dólares, considerándose anticíclica, ya que sus resultados mejoran, incluso con las crisis económicas. Brasil y Venezuela son los países de todo el mundo donde más ha crecido el negocio de la cosmética entre 2006 y 2012 (146% y 120%, respectivamente). [1]

Esta industria, donde se elaboran productos de belleza y de cuidado personal, que pueden agruparse en: cuidado de labios, cuidado de uñas, maquillaje, cuidado capilar, cuidado corporal y removedores de esmalte, se caracteriza por utilizar procesos por carga, muy variables, sometida a la demanda del mercado, existencia de materia prima, entre otros, lo que incide también en la variabilidad de las características de los efluentes industriales y la intermitencia de éstos.

La elaboración de productos para el cuidado de labios y uñas generan descargas sólidas y/o líquidas, con base solventes orgánicos, los cuales son generalmente recuperados por empresas especializadas. En otras áreas, maquillaje, cuidado capilar, cuidado corporal y removedores de esmalte, se generan efluentes líquidos industriales, con base agua, procedentes de las actividades de limpieza y lavado de los reactores de producción y de los equipos de llenado, los cuales se caracterizan por la presencia de una alta carga orgánica, que se traduce en una elevada demanda química de oxígeno (DQO), de la cual, una fracción importante corresponde a materia no biodegradable.

El estado del arte del tratamiento de los efluentes de industrias de cosméticos es pobre, evidenciado en el bajo número de publicaciones al respecto [2]. Si bien, algunas de las referencias consultadas [3] parten de que el más común y menos costoso método de tratamiento es el biológico, esto no es necesariamente cierto en los efluentes líquidos de la industria de cosméticos, ya que no todos sus constituyentes son biodegradables y los requerimientos de área pudieran ser una limitante. Wiliński y colaboradores [4] resumen que los tratamientos físico-químicos más comúnmente aplicados en las aguas residuales de cosméticos son: coagulación/sedimentación, procesos de membrana, coagulación/flotación con aire disuelto, electrocoagulación y procesos de oxidación avanzada como etapa de tratamiento adicional. Entre éstos, el proceso de oxidación Fenton, que utiliza  $H_2O_2$  y sales de  $Fe^{2+}$  en medio ácido para promover la descomposición catalítica del  $H_2O_2$  en radicales  $HO\cdot$ , es una alternativa eficaz [5], pero el tipo de sustancias químicas utilizadas es de uso restringido. Por su parte, la destilación, que separa los componentes de la mezcla a través de evaporación y condensación, generando dos corrientes: destilado y concentrado, a pesar de su costo, es atractiva en el caso de contaminantes difíciles de eliminar y/o donde la energía eléctrica es continua y económica [6].

Considerando la necesidad de reducción del impacto de los efluentes líquidos industriales de una industria cosmética venezolana, con limitaciones de espacio y restricciones el acceso a determinadas sustancias químicas, el objetivo del presente trabajo es analizar la tratabilidad de sus efluentes líquidos industriales mediante ensayos a escala laboratorio.

## METODOLOGÍA

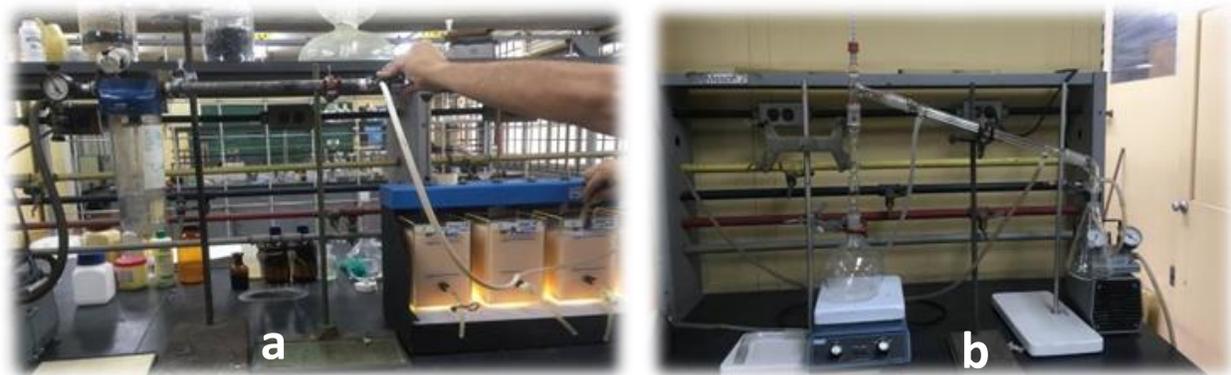
Para lograr el objetivo planteado, se realizaron las siguientes actividades:

a) Revisión de la literatura especializada, que permitió conocer las tendencias y orientar la selección hacia el tratamiento físico-químico, partiendo de las limitaciones de espacio, la

intermitencia de las descargas y las características de la industria de fabricación de cosméticos, que reflejan la afinidad de los operarios con los procesos físico-químicos.

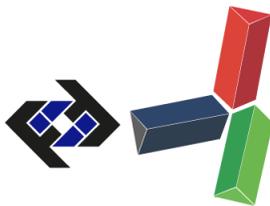
b) Selección de las unidades de tratamiento, en dos etapas, la primera de coagulación-floculación/flotación con aire disuelto (DAF) y la segunda, evaporación/condensación. Aspectos como facilidad de operación, existencia de reactivos y materiales en el mercado venezolano, peligrosidad del proceso, riesgos al personal y posibilidades de reúso, definieron su selección.

c) Diseño e instalación de las unidades a escala laboratorio. En la primera etapa se utilizó un equipo estándar de Prueba de Jarros marca Phipps & Bird modelo PB-700, para la preparación de los coagulantes y floculantes, su selección y dosis óptima a aplicar. Para la saturación del agua de reciclaje se utilizó una bomba de vacío y presión, marca Gast modelo DAA- E174-ES, 25 psi vacío y 60 psi presión positiva. La cámara de saturación fue un recipiente cerrado, capacidad 1 litro, con manómetro para control de presión. Se utilizó el recipiente acrílico rectangular de 2 litros de capacidad del equipo de Prueba de Jarros, abierto a la atmósfera, como cámara de flotación. Para la unidad de evaporación/condensación se utilizó una plancha de calentamiento PMC, serie 502, donde se colocó un balón de fondo plano de 500 ml de capacidad, unido a un condensador de vidrio pyrex, tubular. El condensado se recogía en un matraz de Erlenmeyer de 500 ml de capacidad. Para mejorar el rendimiento de la unidad y lograr la evaporación a menor temperatura, se incorporó una trampa de vidrio Dohrmann, conectada al balón de fondo plano y al condensador. Una bomba de vacío Millipore código 1295, presión máxima 22 psi. Para monitorear la temperatura de ebullición 58 °C, se usó un termómetro Precision de 0- 150°C, con lectura de 1°C y para evitar el arrastre de las grasas, se colocó lana de vidrio, antes del condensador. La figura 1 muestra las unidades de flotación por aire disuelto (a) y de evaporación/condensación (b), a escala laboratorio

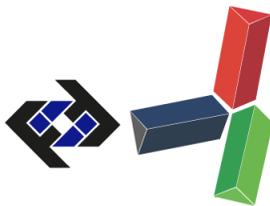


**Figura 1.** Unidad de flotación por aire disuelto – DAF (a) y de evaporación/condensación (b), escala laboratorio

d) Diseño y ejecución de ensayos de tratabilidad. *Selección de sustancias químicas:* Las sustancias químicas existentes para el momento en el mercado venezolano fueron los polímeros: L-1521, L-1538, L-1547, L-1563 y Cloruro de polialuminio (PACl) de la empresa Lipesa, así como Sulfato de aluminio de la empresa Ferralca. *Preparación de sustancias químicas:* Los floculantes se prepararon en soluciones al 0,1%. Para ello se pesó 1 g del floculante y se disolvió en 500 ml de agua destilada, agitando a 170 rpm, durante 15 minutos. Luego de un tiempo de



reposo de 15 minutos, se agitó nuevamente a 170 rpm durante 10 minutos. Finalmente se llevó a 1000 ml con agua destilada, aumentando la agitación a 275 rpm, durante 10 minutos. Se almacenaron en envases ámbar. Para el coagulante, se pesó 1 g de Sulfato de aluminio y disolvió en 1000 ml de agua destilada, para obtener una concentración de 1 mg/ml. *Caracterización y tipos de muestras utilizadas:* Se caracterizaron las descargas del lavado de los reactores de producción, del lavado de las líneas de llenado y el lavado de pisos e instrumentos de limpieza, realizando principalmente análisis de sólidos, materia orgánica, en términos de DBO<sub>5,20</sub> y DQO y aceites y grasas. Se prepararon muestras compuestas proporcionales a la descarga del lavado de los reactores de producción y del lavado de las líneas de llenado, simulando varios esquemas de producción, que incluían desde la mezcla de los efluentes generados en la elaboración de diferentes productos hasta la generación del efluente de uno solo, abarcando condiciones extremas. *Metodología para la selección de sustancias químicas:* Partiendo de la propuesta por El-Gohary y colaboradores [7], se siguieron los siguientes pasos, para los ensayos realizados en el equipo de prueba de jarros, utilizando volúmenes de 2 litros de muestra: a) sin ajuste de pH ni adición de coagulante: 1) Agitación de la muestra a 275 rpm, 2) Adición del floculante durante los primeros 60 s, 3) Disminución de la velocidad angular 50 rpm cada 60 s, 4) Agitación lenta a 25 rpm durante 20 min, 5) Reposo durante 1h; b) con ajuste de pH y con coagulante: 1) Agitación de la muestra a 275 rpm, 2) Ajuste del pH a un valor cercano a 7, 3) Adición del coagulante, 4) Disminución de la velocidad angular 50 rpm cada 60 s. 5) Ajuste del pH hasta un valor de 9, al alcanzar 175 rpm, 6) Adición del floculante durante 60 s, 7) Disminución de la velocidad angular 50 rpm cada 60 s, 8) Agitación lenta a 25 rpm durante 20 min, 9) Reposo durante 1h. *Selección de dosis de sustancias químicas:* Utilizando la metodología descrita, sin ajuste de pH, se aplicaron dosis de los floculantes L-1521, L-1538, L-1547, L-1563 y PACl a muestras sin combinar de bálsamo, loción y base de maquillaje, en el intervalo recomendado por el proveedor (5 – 30 mg/l), se observó el comportamiento durante la ejecución del ensayo y luego del tiempo de reposo, cuando se separaron las fases, se midieron las alturas de cada una de ellas, para definir de manera cualitativa la(s) dosis de floculante(s) que produjeran resultados positivos. Para el caso con ajuste de pH, considerando la premisa de la necesidad de incrementar el pH para promover la ruptura de la emulsión, inicialmente se realizaron ensayos para determinar el pH al cual se separaban las fases, utilizando hidróxido de sodio (NaOH) 1 M. Una vez conseguido el mejor valor, se realizaron ensayos similares a los señalados anteriormente, pero utilizando muestras compuestas, preparadas proporcionalmente a los volúmenes acumulados durante las actividades de lavado. En los casos en los cuales se observó separación de las fases, se determinaron los valores de demanda química de oxígeno – DQO, para determinar la eficiencia de remoción. Al no obtener resultados totalmente satisfactorios, se probó la adición de sulfato de aluminio en dosis comprendidas entre 5 y 30 mg/l. En este caso, la adición de NaOH para incrementar el pH se realizó en dos pasos, según se describió anteriormente. En algunos de los ensayos realizados con muestras representativas de condiciones extremas, no fue posible romper la emulsión con el uso de NaOH para incrementar el pH, por lo cual se probó la disminución del pH hasta un valor de 2, utilizando HCl, 4 M y PACl. *Ensayos en la unidad de flotación por aire disuelto DAF:* Posterior a la dosificación de sustancias químicas, se inyectó agua saturada, en una proporción del 10%, en la unidad de flotación por aire disuelto - DAF, escala laboratorio. En los casos donde se observó separación de fases, se determinó el valor de la DQO del líquido clarificado, así como de aceites y grasas totales AyG, como medida de la eficiencia del



tratamiento. *Ensayos en la unidad de destilación:* Se acumuló líquido clarificado cuya concentración de DQO estuviera entre 4.000 y 7.000 mg/l provenientes de los ensayos de flotación y se colocó en la unidad de destilación/condensación, escala laboratorio. Luego de un tiempo de destilación de 1 hora, se midió el volumen de destilado y del residuo concentrado. Al destilado se le realizaron ensayos de DQO y aceites y grasas para determinar su eficiencia. En algunos casos, en los cuales la muestra se observaba turbia debido al arrastre de muestra, se filtró a través de papel Whatman N° 4 (porosidad: 20-25  $\mu\text{m}$ ). En el caso del residuo concentrado se observaron características como su fluidez y olor, que facilitarían su manejo y no producirían olores desagradables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Características de las muestras ensayadas:** Las muestras procedentes del lavado de reactores de producción son altamente concentradas en sólidos (con predominio de la fracción suspendida y volátil), materia orgánica ( $\text{DBO}_{5,20}$  y DQO) y aceites y grasas, superando ampliamente los límites de descarga a redes cloacales de la normativa venezolana. Resalta la variabilidad de los valores entre las distintas muestras: sólidos totales (5.000 – 20.000 mg/l),  $\text{DBO}_{5,20}$  (10.000 a más de 14.000 mg/l), DQO (18.400 a más de 48.000 mg/l) y aceites y grasas (3.000 a más de 16.000 mg/l). Las muestras del lavado de las llenadoras, si bien menos concentradas que las correspondientes a los lavados de los tanques de mezcla, superan los límites de descarga a redes cloacales de la normativa venezolana, específicamente en cuanto al contenido de materia orgánica se refiere ( $\text{DBO}_{5,20}$  y DQO) y aceites y grasas.

**Ensayos de coagulación-floculación/flotación por aire disuelto-DAF a muestras individuales (Sin combinar):** En las muestras ensayadas individualmente: bálsamo, loción y base de maquillaje, utilizando los floculantes L-1521, L-1538, L-1547, L-1563 y PACl, sin ajuste de pH, no se observó separación significativa de fases, con alguna de las dosis aplicadas, excepto en el caso del bálsamo, en el que se formó una pequeña capa de sobrenadante, con una dosis de 15 mg/l, para todas las sustancias químicas utilizadas. A pesar de incrementarse el pH hasta valores de 10, no se observó mejora significativa.

**Ensayos de coagulación/floculación-DAF para muestras compuestas, con ajuste de pH:** Luego de varios intentos fallidos, con el uso de muestras individuales y los floculantes mencionados, lo que evidenció la dificultad para el tratamiento de este tipo de muestras, se realizaron los ensayos de coagulación/floculación para muestras compuestas. Para las distintas combinaciones ensayadas, se comprobó la necesidad de añadir el coagulante Sulfato de aluminio (dosis entre 5 y 20 mg/l), aplicación de los floculantes (dosis entre 10 y 20 mg/l) e incrementar el pH hasta valores superiores a 9 para romper la emulsión e inyección de agua saturada con aire en relación 10%. En la mayoría de los casos, los floculantes L-1538 y L-1563 presentaron el mejor comportamiento con remociones de DQO entre 58% y 77% y de aceites y grasas entre 77% y 95%. Como ejemplo se muestran los resultados de una de las muestras ensayadas, preparada a partir de la combinación de efluentes de la producción y llenado de bálsamo (45%), loción (15%), base de maquillaje (1%), agua de lavado de mopas (1%) y agua destilada, simulando los removedores de esmalte (39%). Se aplicaron las condiciones que habían producido los mejores resultados: dosis de alumbre de 20 mg/l y 15 mg/l de los floculantes L-1538 y L-1563. La figura

2 muestra una buena clarificación de las muestras, una vez inyectada el agua saturada con aire (relación 10%) y la tabla 1 los resultados de remoción de DQO y AyG.



**Figura 2.** Ensayo de coagulación/floculación-DAF. Concentración de alumbre 20 mg/l. Concentración de floculantes 15 mg/l. pH 9,3

**Tabla 1.** Resultados del ensayo\*, pH a 9,3, agua saturada 10%

Floculante	L-1538 (15 mg/l)	L- 1563 (15 mg/l)
Sulfato Aluminio (mg/l)	20	20
DQO clarificado (mg/l)	6.750	8.700
Remoción %	67	58
AyG clarificado (mg/l)		720
Remoción %		81

\*Condiciones iniciales de la muestra: DQO: 20.700 mg/l; AyG: 3.800 mg/l

En las muestras compuestas preparadas para simular condiciones extremas, donde se elaboraba un solo producto semanal o mayoritariamente uno o dos de ellos, se utilizaron las dosis que habían dado los mejores resultados: alumbre 20 mg/l y floculantes L-1538 y L-1563, 15 mg/l, incremento de pH hasta 9,3 e inyección de agua saturada en una relación del 10%, sólo se observó formación de flóculos en las muestras compuestas mayoritariamente estaban constituidas por bálsamo, para las cuales se obtuvieron remociones de DQO entre 67% y 80% y AyG entre 37 y 92%.

Se realizaron intentos adicionales con las muestras compuestas mayoritariamente por loción, utilizando PACl en dosis de 20 mg/l y el floculante catiónico L-1563 15 mg/l, ajustando el pH a un valor de 2, añadiendo ácido clorhídrico 3 M. Se sustituyó el alumbre por el PACl, por las conocidas limitaciones del alumbre bajo condiciones extremas y su requerimiento de alcalinidad. A pesar de ello, no se obtuvo algún resultado alentador.

**Ensayos en la unidad de destilación/condensación:** Para todas las pruebas, se utilizó un

volumen de muestra de 500 ml, procedente del efluente clarificado de la unidad de flotación escala laboratorio. La destilación se llevó a cabo a una presión de vacío de 22 psi, de manera de obtener una temperatura de ebullición inferior a 60°C. La tabla 2 muestra los resultados de la destilación/condensación.

**Tabla 2.** Resultados del ensayo de destilación/condensación de las muestras clarificadas\*

	Floculante L-1538 (15 mg/l)	L- 1563 (15 mg/l)
Sulfato de aluminio (mg/l)	20	20
Volumen de destilado (ml)	288	282
Volumen de Residuo (ml)	12	18
% Residuo	4	6
DQO del clarificado (mg/l)	6.750	8.700
DQO del destilado filtrado** (mg/l)	420	390
Remoción %	94	96
AyG del clarificado (mg/l)		720
AyG del destilado (mg/l)		55
Remoción %		92

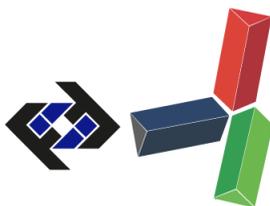
\*Volumen de muestra 300 ml. \*\*Se utilizó papel Whatman N°4 (porosidad 20-25 µm)

Las muestras compuestas preparadas mayoritariamente con efluentes de bálsamo, que resultaron satisfactorias en la primera etapa, fueron sometidas al ensayo de destilación/condensación, obteniéndose un residuo entre 5 y 7% del volumen original. Los valores de DQO residual estuvieron entre 400 y 1.000 mg/l (porcentajes de remoción entre 76% y 90%) y los de aceites y grasas entre 20 y 50 mg/l (porcentajes de remoción entre 90 y 95%).

Con respecto a las características del residuo, para todos los ensayos realizados se observó que representaba menos del 10% del volumen de muestra procesado, fluía fácilmente y no producía olores significativos, ni desagradables. Eso se traduce en condiciones adecuadas para su manejo, pudiendo ser descargado y trasladado para su tratamiento y/o disposición final por una empresa especializada. En el destilado producido en los ensayos de las muestras compuestas preparadas proporcionalmente a las condiciones de operación promedio o más frecuentes se obtuvieron remociones de DQO, así como aceites y grasas, superiores al 90%. Las concentraciones de DQO del condensado resultaron inferiores a 580 mg/l y las de aceites y grasas menores a 55 mg/l, inferiores a los valores límites de la normativa de descarga a redes cloacales venezolana.

## CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos de simulación del proceso de coagulación/floculación-flotación con aire disuelto realizados con muestras compuestas, representativas de las condiciones promedio o más frecuentes de descarga, produjeron resultados positivos al aplicar sulfato de aluminio (alumbre) como coagulante en dosis de 20 mg/l, los floculantes L-1538 y L-1563 en dosis de 15



mg/l e incremento del pH hasta valores superiores a 9, alcanzando remociones de DQO entre 58% y 77%, bajo condiciones de laboratorio.

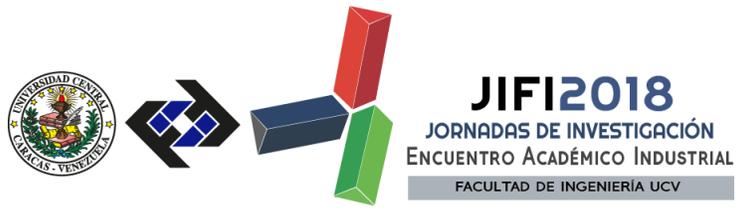
La correcta ejecución del proceso previo de coagulación-floculación, que incluye la selección de las dosis adecuadas de sustancias químicas y las condiciones de agitación rápida y lenta, incidieron fundamentalmente en el buen desempeño del tratamiento de flotación por aire disuelto. La adición de NaOH debe realizarse en dos etapas, la primera, antes de dosificar el sulfato de aluminio, para garantizar la existencia de alcalinidad, hasta alcanzar pH alrededor de 7 y la segunda, para elevar el pH a valores superiores a 9 y lograr la ruptura de la emulsión.

Para las muestras representativas de las condiciones promedio o más frecuentes, el proceso destilación/condensación resultó altamente eficiente, observándose remociones de DQO, así como aceites y grasas, superiores al 90%. Las concentraciones de DQO del condensado resultaron inferiores a 580 mg/l y las de aceites y grasas menores a 55 mg/l.

El residuo de la destilación, para todos los ensayos realizados representó menos del 10% del volumen de muestra procesado, fluía fácilmente y no producía olores significativos, ni desagradables. Eso se traduce en condiciones adecuadas para su manejo, pudiendo ser descargado y trasladado para su tratamiento y/o disposición final por una empresa especializada. Esto también aplica para las condiciones bajo las cuales no se alcanzaron resultados positivos en los ensayos de tratabilidad.

## REFERENCIAS

- [1] Entorno Empresarial, enero 2014. Documento en línea, marzo de 2018 en <https://entorno-empresarial.com/cifras-de-la-industria-cosmetica-latinoamericana>.
- [2] Bogacki, J., Naumczyk, J., Marcinowski, P., Kucharska, M. (2011): Treatment of cosmetic wastewater using physicochemical and chemical methods. Science • technique. CHEMIK 2011, 65, 2, 94-97. Documento en línea, marzo de 2018 en: <https://goo.gl/weLnj8>
- [3] Bogacki, J.P., Marcinowski, P., Naumczyk, J. y Wiliński, P. (2017): Cosmetic wastewater treatment using dissolved air flotation. Archives of Environmental Protection Vol. 43 no. 2 pp. 65–73. Documento en línea, marzo de 2018 en: <https://goo.gl/Egnin6>
- [4] Wiliński, P. R., Paweł Marcinowski, P. P., Naumczyk, J. y Bogacki, J. (2017): Pretreatment of cosmetic wastewater by dissolved ozone flotation (DOF). Desalination and Water Treatment. 71 (2017) 95–106 April. Documento en línea, marzo de 2018 en: <https://goo.gl/QMmiVu>
- [5] Bautista, P. (2008) Tesis Doctoral: Tratamiento de aguas residuales de la industria cosmética mediante el proceso Fenton y con el sistema Fe/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Universidad Autónoma de Madrid. Documento en línea, marzo de 2018 en: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1602/14625\\_bautista\\_carmona\\_patricia.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1602/14625_bautista_carmona_patricia.pdf?sequence=1)
- [6] WSP Canada Inc (2014). Effectiveness of Conventional and Advanced In Situ Leachate Treatment Report prepared for Environment Canada. Documento en línea, marzo de 2018 en: <https://goo.gl/Ph8KYZ>
- [7] El-Gohary, F., A. Tawfik, A. y Mahmoud, U. (2010): Comparative study between chemical coagulation/precipitation (C/P) versus coagulation/dissolved air flotation (C/DAF) for pre-treatment of personal care products (PCPs) wastewater. Desalination 106–112. Documento en línea, marzo de 2018 en: <https://goo.gl/vNhUhr>



**SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.**

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.  
Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053  
Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>