

---

## REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE TRATADO DEL PROCESO DE LAVADO DE PRENDAS TEXTILES DE LONA PARA MITIGAR LA HUELLA AMBIENTAL EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN EN GUATEMALA.

---

**Diego Silva Linares**

Mtro. en Energía y Ambiente  
diego.silva.linares@gmail.com

**Marco Antonio García**

Asesor  
Magíster en Negocios y Administración  
marcogarciad@yahoo.com

### Resumen

El ambiente es un conjunto de procesos naturales y antrópicos que se interrelacionan; como resultado se generan subproductos y desperdicios que pueden ser dañinos para el medio según la industria de donde proceden.

En el caso de la industria textil, la operación de lavado es uno de los procesos de alta contaminación. El presente proyecto estableció las características fisicoquímicas mínimas para reutilizar el efluente tratado que provenía del lavado de piezas en una planta textil para mitigar la huella ambiental producida por la descarga directa del efluente.

El principal objetivo fue definir el valor de la huella ambiental hídrica, reducida debido a la reutilización del efluente cumpliendo parámetros fisicoquímicos de proceso de la planta de tratamiento. Utilizando controles estadísticos, se concluyó que el sistema de tratamiento permite reutilizar un volumen de efluente tratado de 158 m<sup>3</sup> diarios y así reducir en un 24.99 % el valor de la huella ambiental hídrica del proceso.

### Palabras clave

Efluente, huella ambiental hídrica, reutilización, conductividad eléctrica.

### Abstract

*Our environment is a mixture of natural and anthropic process that interrelates. As a result of this, byproducts are generated and also wastes are produced that can be harmful for our environment according to the type of industry which generates them. In the case of textile industry, the laundry process operations are of high pollution discharges. This project established the minimum characteristics of a treated effluent to be reuse in a laundry process of a textile industry to minimize the environmental hydric footprint produced by the direct discharge of the effluent to the sewers. The main objective was to define the value of this reduced environmental hydric footprint due to the different physicochemical parameters established for the effluent in the process for its reuse. Using statistical control, it was concluded that the treatment system can allow a reuse flow of effluent of approximately 158 m<sup>3</sup> in a daily basis and with this reduce in a 24.99 % the value of the original environmental hydric footprint of the laundry process.*

### Keywords

*Effluent, environmental hydric footprint, reuse, electric conductivity*

## Desarrollo del estudio

La industria textil presenta hoy en día estilos de ropa que marcan tendencia en la industria de la moda. Para llegar a producir estos diferentes estilos, fueron necesarios varios procesos de adecuación de las prendas para lograr la calidad esperada. Los procesos necesitan materiales y productos químicos que en algunas circunstancias pueden ser dañinos para la salud y el ambiente. Tal es el caso de las aguas residuales producidas por el lavado de las prendas.

Las aguas residuales generadas por cualquier industria se refieren a aguas que han pasado por un proceso productivo, en el cual su calidad inicial se ha visto alterada por un cambio físico y/o químico de sus propiedades (Monroy Mahecha, 2010).

Estos procesos generan una alteración de la calidad del agua e impactan como una huella ambiental hídrica en el medio donde se desarrolla la empresa. Esta huella ambiental debe ser establecida dentro de un sistema integral de gestión ambiental para garantizar que sea controlada y reducida (Gas Natural Fenosa, 2013).

Los sistemas de gestión ambiental permiten establecer criterios de control que ayuden a reducir los impactos generados por los procesos operativos y a la vez reducir la huella ambiental que estos generan (ISO 14046, 2014).

Este proyecto establece la mitigación de la huella ambiental hídrica generada por la descarga de un flujo de agua tratada, proponiendo un esquema de reutilización del mismo en el proceso de lavado de prendas y obteniendo como resultado una reducción porcentual significativa de la huella ambiental hídrica generada por el proceso de lavado de prendas textiles.

En la industria textil, el flujo de agua utilizado en los procesos de lavandería tiene frecuencia de consumo variada, para fines investigativos, se tomó un periodo de operación de bajo consumo, establecido para las fechas de febrero a abril de 2014.

El sistema utilizado para la evaluación de las características del efluente consistió de tres variables importantes: el agua de proceso que ingresaba a la lavandería directamente de la fuente sin alteración, el agua residual generada y tratada por la empresa en su sistema de tratamiento interno y el flujo propuesto y evaluado de la mezcla de ambas aguas en cuestión.

En el caso de Guatemala, la herramienta nacional utilizada es el Acuerdo Gubernativo 236-2006 para el control de emisión de las aguas residuales de la industria. En este proyecto de investigación, los parámetros más importantes evaluados son el valor de color, pH, turbidez y temperatura del efluente. El parámetro de conductividad no está normalizado como parte del control del acuerdo; sin embargo, como punto tomado de la experiencia interna del personal de las áreas evaluadas, éste se debió analizar en el proceso de reutilización.

La metodología de evaluación fue una comparación de los parámetros en conjunto para el agua de proceso, el agua tratada y la mezcla de la misma, realizada a partir de concentraciones volumétricas del efluente en el agua de proceso. A partir de la observación de su comportamiento en el resultado de los parámetros, de forma cualitativa, se estableció la forma de reutilización.

Algunos de los materiales y equipos utilizados consistieron en el flujo de agua de proceso y agua tratada, los equipos de análisis de laboratorio que estimaron los valores evaluados (pH, turbidez, color, temperatura, entre otros), el recurso humano interno y las instalaciones físicas para la determinación de los parámetros de control en la reutilización del efluente en el proceso de lavandería y reducción de la huella ambiental hídrica.

## Resultados obtenidos

El agua de proceso utilizada en la operación de lavandería posee características fisicoquímicas invariables a partir de la fuente de donde procede, como un pozo propio en la empresa y/o la distribución municipal que se le provee a toda empresa.

Los parámetros de control se muestran a continuación:

Tabla I. *Valores promedio de características de agua de proceso.*

Parámetros de control	Valor
pH (u.e.)	6.64
Temperatura	23.66
Color (U. PtCo)	4.76
Turbidez (FAU)	0.78
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	491.94

Fuente: elaboración propia.

Para el agua tratada, los resultados obtenidos de los parámetros de control fueron los siguientes:

Tabla II. *Valores promedio de características del efluente de la planta.*

Parámetros de control	Valor
pH (u.e.)	7.00
Temperatura	24.70
Color (U. PtCo)	131.80
Turbidez (FAU)	11.70
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1892.13

Fuente: elaboración propia.

Los resultados para la reutilización del flujo de efluente hacia la lavandería se obtuvo con la mezcla volumétrica entre flujo de agua de proceso y flujo de agua tratada en laboratorio, a partir de un consumo promedio aproximado de 650 m<sup>3</sup> diarios.

Los porcentajes de mezcla del efluente de 10 % al 25 % en agua de proceso son significativos para el control y reutilización en la operación de la planta:

Tabla III. *Valores promedio de las características de las mezclas de agua (efluente y procesos).*

Parámetros	Porcentajes de mezcla		
	25.0 %	12.5 %	10.0 %
pH (u.e.)	7.00	6.00	6.60
Temperatura	24.70	30.00	23.60
Color (U. PtCo)	131.80	2.60	2.40
Turbidez (FAU)	11.70	26.20	26.14
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1892.13	758.00	711.40

Fuente: elaboración propia.

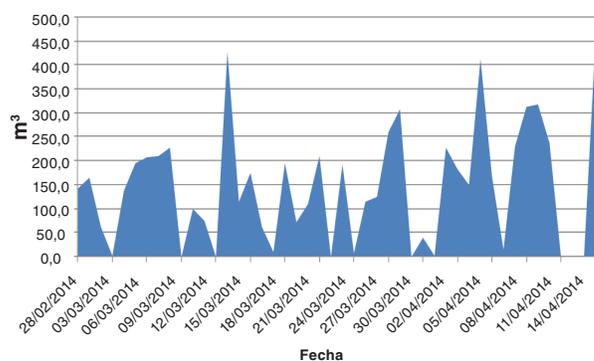


Figura 1. Volumen estimado de reutilización para año 2014 en m<sup>3</sup>.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 1, el volumen de reutilización puede ascender hasta valores de 450 m<sup>3</sup>.

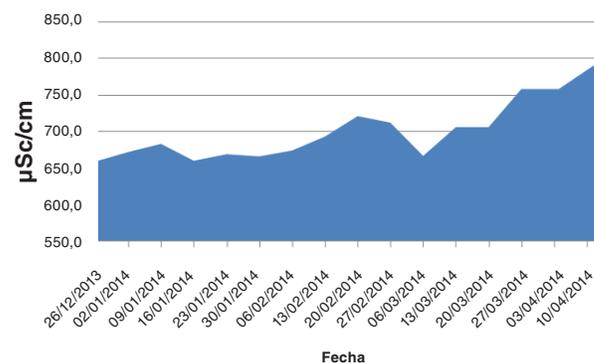


Figura 2. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de una mezcla de efluente con agua de proceso al 12.5%.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 2, la conductividad de un efluente al 12.5 % en volumen de mezcla con agua de proceso, produce resultados de conductividad eléctrica por debajo de los 800 microS/cm.

Los valores máximos permitidos aproximados para el control de la reutilización en el sistema fueron:

Tabla IV. *Valores promedio mezclas de agua.*

Parámetros Máximos	Valor
Color (U. PtCo)	57
Turbidez (FAU)	5
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	1048
Volumen (% efluente)	25 %

Fuente: elaboración propia.

Los valores de la huella hídrica ambiental son de 11.74 L/U de pieza textil producida en el área de lavandería, dando una reducción de 24.99 % en la huella emitida por el proceso, a un valor de 158 m<sup>3</sup> de agua reutilizada (25 % en volumen de reutilización).

### Discusión de resultados

Los parámetros fisicoquímicos del efluente se caracterizaron a partir del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Esto dio como resultado un control del efluente para la oportunidad de reutilización y de reducción de la huella ambiental.

A partir de estos resultados obtenidos se lograron establecer las principales variables a evaluar en campo, como lo son la conductividad, el color y la turbidez. Estas variables de control permiten definir la calidad esperada de un flujo de agua, por lo que el resultado obtenido permitió definir las concentraciones a mantener en el proceso de reutilización, lo cual concuerda con lo reportado por Roja & Jamillete (2004).

La valoración volumétrica demostró que los controles de conductividad, turbidez y color establecidos para el agua tratada pueden variar. Esto de acuerdo, a lo descrito por Monroy Mahecha (2010).

Complementado con el mismo control de descarga apropiado y establecer una operación de reúso oportuna y objetiva

La determinación del valor volumétrico del efluente a utilizar para la reutilización del agua en el sistema, permitió establecer el control de reducción de la huella ambiental por consumo de agua potable. Esta gestión ambiental permite también identificar y cuantificar la capacidad de la empresa de mitigar los impactos generados por sus procesos internos.

### Conclusiones

1. Se estableció un caudal de efluente tratado de 158 m<sup>3</sup>/día aproximado, para la reutilización, el cual permite mitigar la huella ambiental del proceso de lavado de prendas textiles a un 24.99 % de reducción de la huella hídrica.
2. Las características fisicoquímicas para reutilizar el efluente para mitigar la huella ambiental son la conductividad eléctrica, la turbidez y el color.
3. La cantidad en volumen de efluente a reutilizar para el proceso de reducción de la huella hídrica ambiental debe ser entre 12.5 % a 25 % del caudal total de descarga del efluente tratado.
4. Los valores fisicoquímicos de control para la reutilización del agua son: conductividad eléctrica = 1048.32  $\mu\text{S/cm}$ ; turbidez = 5.15 FAU; y color = 58.67 U. PtCo.
5. El valor volumétrico de caudal de efluente tratado a reutilizar generará un ahorro mensual de US\$. 4,066.51 aproximadamente, en un periodo de consumo de agua en la planta en los meses de febrero a abril.

### Recomendaciones

1. Para la industria textil, establecer sistemas de control ambiental que garanticen que exista una identificación plena de los recursos disponibles y cómo estos pueden ser aprovechados de forma más eficiente.
2. Realizar un estudio de seguimiento para la re-

utilización y reducción de la huella ambiental al incluir la huella de carbono como parte del estudio de reducción del consumo de recursos disponibles en la industria textil.

3. Las entidades gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) puedan evaluar y ampliar la capacidad técnica de la sección de control y monitoreo de las industrias de manufactura.

### Referencias bibliográficas

Rojas, K., & Jamilette, P. (2004). *Uso, reúso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Monroy Mahecha, K. M. (2010). *Evaluación de la eficiencia de las técnicas aeróbicas (burbuja fina, burbuja gruesa y aireador venturi jet) a utilizar en el tratamiento de agua residual domicial para el sistema de lodos activados en modalidad aireación extendida*. (Tesis de Ingeniería Química) Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006, (5 de mayo de 2006). Recuperado de: <http://vestex.com.gt/wp-content/uploads/2015/04/Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf>

Prado, P.; Hernández, V.; Coj, M.I.; Pineda, I. (2010) Informe: Programa sobre Competitividad y Desarrollo Sostenible. El sector textil y confección y el desarrollo sostenible en Guatemala. Ginebra, Suiza. El Centro Internacional para el Comercio y Desarrollo Sostenible.

Torres, P. (2001). Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Ciudad Universitaria Meléndez. Santiago de Cali, Colombia.: Universidad del Valle.