



## II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

### ESTRATEGIAS DE REVALORIZACIÓN DE CORRIENTES DE AGUA DENTRO DE LA INDUSTRIA DEL GALVANIZADO

CRISTINA ALEJANDRA VILLAMAR AYALA<sup>1</sup>  
KATHERINE SALAZAR<sup>2</sup>

#### RESUMEN EXTENDIDO

##### Introducción

La galvanoplastia es un proceso electroquímico, que deposita capas de un metal (ánodo) sobre la superficie de una pieza metálica (cátodo) (Chávez *et al.*, 2009). El proceso más común es la inmersión en caliente con Zn a 450 °C (Morales y Acosta, 2010). Efluentes alcanzan volúmenes superiores a 400 L/t acero galvanizado caracterizados por el contenido de sólidos suspendidos (120 - 2000 mg/L) y metales (70 – 33800 mg Zn/L) (Silva *et al.*, 2000; Kong y White, 2010; Berradi *et al.*, 2014). Las medidas de mitigación generalmente son correctivas (*end of pipe*). *Sindex* y *Water Pinch* son estrategias de planificación que optimizarían el uso de recursos mediante la segregación, reúso y reciclaje de las corrientes de agua. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue establecer estrategias de segregación, reúso y reciclaje de las corrientes de agua dentro de la industria del galvanizado.

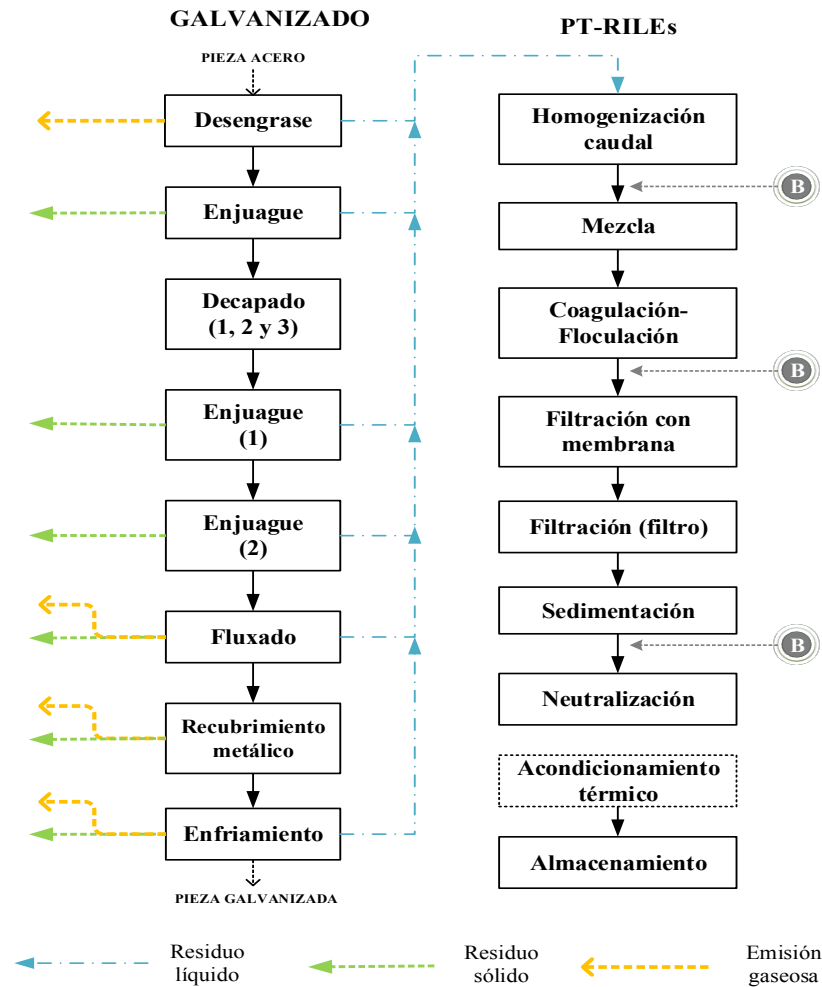
##### Metodología

*Descripción del área de estudio:* La planta de galvanizado en caliente *batch* estudiada, se localiza en Quito, Ecuador. La Figura 1 describe el diagrama de la planta y la Planta de Tratamiento de Residuos Líquidos (PT-RILEs).

---

<sup>1</sup> Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Av. Ecuador 3659, Estación Central, Santiago, cristina.villamar@usach.cl

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Departamento de Ingeniería Ambiental, Ladrón de Guevara E11-253, Quito,



**Figura 1.** Esquema del proceso de galvanizado de la planta de este estudio

*Caracterización ambiental:* El balance de masa (1 t a.g) del proceso productivo usó inventarios de materia prima e insumos y mediciones de agua/sólidos (muestreo/monitoreo compuesto). La caracterización de las corrientes de agua consideró: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales Disueltos (STD), zinc (Zn), hierro (Fe), sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y aceites y grasas (A-G) descritas por el APHA-AWWA-WPCF (2005).

*Índice de Segregación:* se determinó mediante la metodología de Soto et al. (1990) agrupando parámetros (orgánicos, inorgánicos e híbridos). Las corrientes se clasificaron en alta (*Sindex* <0) y baja carga (*Sindex* >0) (Villamar et al., 2013).

*Water Pinch:* se determinó mediante el método gráfico descrito por Wang and Smith (1994), obteniéndose curvas compuestas de concentración para STD, DQO y Zn. La configuración de redes se determinó mediante el modelo descrito por Kuo and Smith (1998).

## Resultados y Conclusiones

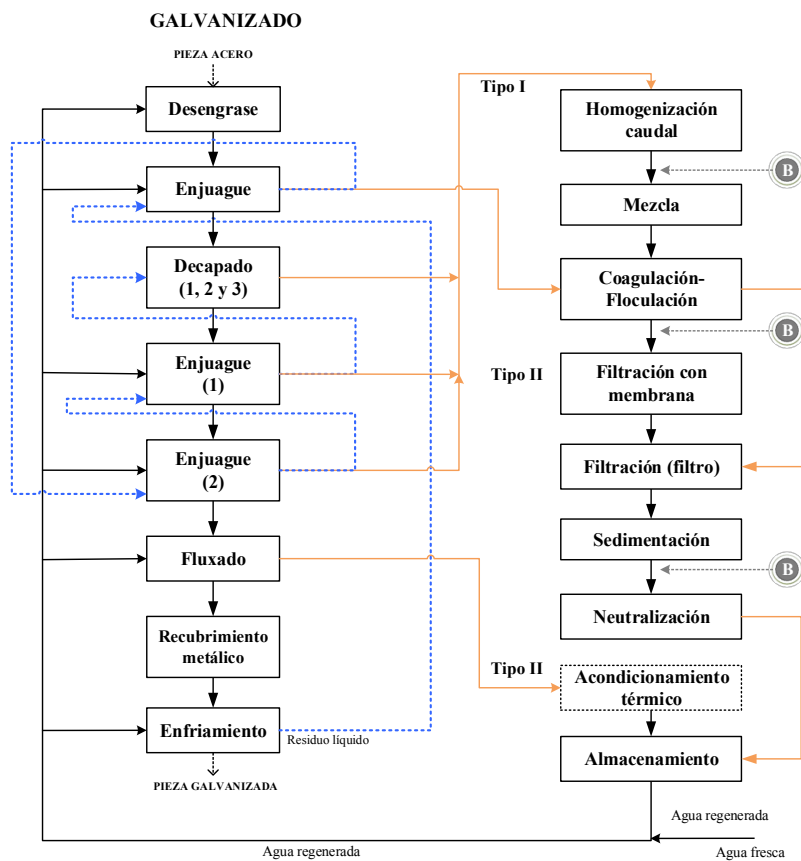


*Caracterización ambiental:* La planta usó 36 kg de insumos químicos, 68 kg de Zn y 2474 L agua, generando 14 kg de residuos sólidos/lodos y 2273 L de residuos líquidos/t a.g.

*Índice de Segregación:* Este indicador determinó alta carga ( $Sindex > 0$ ) de contaminantes orgánicos (DQO, A-G) e inorgánicos (Zn) para las fases de decapado y enjuague. Esta condición que determinó acorde a lineamientos normativos la obligatoriedad de tratamiento total (decapado) e intermedio (enjuague).

*Water Pinch:* STD fue el parámetro limitante de disminución de agua del proceso (*Pinch point*: 1808 L/h, 38%).

La combinación de *Sindex* + *Water Pinch* generó un escenario óptimo de segregación, reúso y reciclaje de agua. La demanda de agua disminuyó 37%, reúso 90% y reciclaje 94%. El tratamiento disminuiría en un 41%, uso de insumos 61% y energía 38%. La Figura 2 describe la estrategia de segregación, reúso y reciclaje propuesto.



**Figura 4.** Red de agua de proceso propuesta

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la empresa de galvanizado, por las facilidades prestadas a la realización de este trabajo.



Referencias



- APHA-AWWA-WPCF. (2005). Standard Methods for examination of water and wastewater. 21st edition. Washington DC: American Public Health Association American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.
- Berradi, M., Chabab, Z., Arroub, H., Nounah, H., El Harfi, A. (2014). Optimization of the coagulation/flocculation process for the treatment of industrial wastewater from the hot dip galvanizing of steel. *J. Mater. Environ. Sci*, **5**(2), pp. 360-365.
- Chávez Porras, Á., Cristancho Montenegro, D. L., and Ospina Granados, É. A. (2009). Una alternativa limpia para el tratamiento de las aguas residuales galvánicas: revisión bibliográfica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, **8** (14), pp. 39-50.
- Kong, G., y White, R. (2010). Toward cleaner production of hot dip galvanizing industry in China. *Journal of Cleaner Production*, **18** (10-11), pp. 1092-1099.
- Kuo, W., y Smith, R. (1998). Designing for the interactions between Water-Use and Effluent Treatment. *Chemical Engineering Research and Design*, **76**(3), pp 287-301.
- Morales, N., y Acosta, G. (2010). Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, **20** (1), pp. 33-44.
- Silva, T., Campos, E., and Olgún, M. (2015). Remoción de níquel, cadmio y zinc del agua, utilizando clinoptilolita heulandita. *CIENCIA ergo-sum*, **7** (3), pp. 251-258.
- Soto M., Méndez R. and Lema J.M. (1990). Efluentes industriales en la industria de procesado de productos marinos. Caracterización, gestión de efluentes y alternativas de tratamiento. *Ingeniería Química*, **22**, pp. 203-209
- Villamar, C. A., Rodríguez, C., López, D., Peñuelas, and Vidal, G. (2013). Effect of the generation and physical-chemical characterization of swine and dairy cattle slurries on treatment technologies. *Waste Management & Research* **31** (8), pp. 820-828.