



V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

- Como medio de lavado se decidió utilizar agua a diferentes grados de dureza. La dureza deseada se obtenía mezclando agua potable de suministro con agua suavizada por una pequeña torre de intercambio iónico, que más adelante se describe.
 - Como sustrato se utilizaron latas para alimentos proporcionadas por Empacadora San Marcos S. A. de C. V. Estos recipientes están elaborados con hojalata, que es un material heterogéneo de estructura estratificada, cuya base está constituida por una lámina de acero dulce de bajo carbono, recubierta por ambas caras con una capa de estaño.
 - La suciedad a retirar fue aceite de girasol marca Capullo.
 - Se utilizó ácido dodecil bencen sulfónico 97% puro proporcionado por Industrias Singemex S. A. De C. V, el cual se neutralizó con una solución 6 N de hidróxido de sodio para formar el dodecil bencen sulfonato de sodio. Se decidió utilizar este surfactante debido a que este surfactante se encuentra presente en la mayoría de las formulaciones de detergentes comerciales. Por otro lado, es un surfactante aniónico que tiene un efecto antibacteriano irrelevante, por lo que no causaría ningún problema en los procesos microbiológicos de depuración de agua residual.
 - Los agentes suavizadores utilizados fueron los siguientes: carbonato de sodio, metasilicato de sodio, silicato de sodio y TPFS. Todos de grado industrial.
-



- Se utilizó una torre de intercambio iónico de 4 cm. de diámetro y 33 cm. de altura, rellena con una resina marca Dowex 50W-X8 Na⁺ 20-50 Mesh, con una capacidad de 1.9 meq /mL en base húmeda, producida por J.T. Baker Chemicals.
- Se utilizó una balanza de precisión marca Ohaus modelo Explorer para pesar las latas antes y después del proceso de limpieza.
- Se utilizó una cámara digital Sony Cyber-Shot para capturar las imágenes en base a las cuales se realizó el estudio de corrosión y se dejó evidencia de la inspección visual de la limpieza de la lata.

Es importante señalar que el dispositivo utilizado para el lavado de latas fue un equipo utilizado originalmente para la realización de pruebas de sedimentación, al cuál se le construyeron recipientes de acrílico, que cuentan con una resistencia eléctrica (tipo cafetera) para controlar la temperatura. Este dispositivo fue adaptado durante el trabajo de tesis de Martínez (2003) y retomado en este estudio. Las imágenes del aparato adaptado se encuentran en el apéndice A

5.2 Métodos

5.2.1 Preparación del agua de lavado

Se suavizaba agua mediante una pequeña torre de intercambio iónico, obteniendo agua de entre 0 y 5 ppm. Posteriormente se mezclaba esta agua con agua directamente tomada de la red de abastecimiento, mediante un sencillo balance de materia insertado en una hoja de cálculo, para agilizar los cálculos. El balance de materia para saber las fracciones de agua “blanda” y “dura” a la hora de preparar la mezcla es el de la ecuación 1, que se desarrolla hasta llegar a la ecuación 4, dándonos como resultado la fracción de agua blanda, que se ve mezclada con la fracción de agua dura, descrita como su complementaria en la ecuación 5.



$$DRD = FAB(DAB) + FAD(DAD) \quad (1)$$

$$DRD = DAD (1 - FAB) + DAB (FAB) \quad (2)$$

$$DRD = DAD - DAD(FAB) + DAB(FAB) \quad (3)$$

$$FAB = \frac{(DRD - DAD)}{(DAB - DAD)} \quad (4)$$

$$FAD = 1 - FAB \quad (5)$$

Donde:

FAB = Fracción de agua blanda

FAD = Fracción de agua dura

DRD = Dureza resultante deseada

DAD = Dureza del agua dura

DAB = Dureza del agua blanda

Las mezclas de agua de la red y agua suavizada se realizaba en garrafones de 19 L. de capacidad, con el objetivo de tener agua disponible hasta para 12 pruebas con la misma dureza, después de una mezcla.

5.2.2 Preparación del sistema sustrato-suciedad

Se pesaban las latas limpias. Registrado ese peso, se les colocaba una capa de aceite de 0.1039 gramos, buscando que fuera uniformemente distribuida, con ayuda de un pincel. Si se pesaba posteriormente y la cantidad añadida no era la ya especificada, se ponía el faltante o se retiraba el exceso con el mismo pincel.



5.2.3 Preparación del medio de lavado

Los pasos para preparar el medio de lavado son los siguientes:

- 1) Se pesaba la cantidad necesaria de ácido dodecil bencen sulfónico en un vaso de precipitados.
- 2) Posteriormente se le adicionaban aproximadamente 50 ml. de agua destilada y se calentaba lentamente hasta disolverlo, teniendo una solución acuosa, a la cuál se le añadía la cantidad necesaria de hidróxido de sodio en gotas de una solución 6 N. La neutralidad de la solución se comprobaba con tiras medidoras de pH. Es necesario señalar que, al trabajar la disolución del ácido con agua destilada, se aseguraba la formación de dodecil bencen sulfonato de sodio, evitando la formación de la sal de calcio al utilizar agua de la red.
- 3) Se pesaban los aditivos suavizadores (metasilicato de sodio, silicato de sodio, carbonato de sodio y TPFS) en un recipiente de plástico de 250 ml. para cada experimento, preparando los aditivos para la mayor cantidad de corridas en una sola sesión de pesaje. Los recipientes de plástico se rotulaban con el número indicado de acuerdo al experimento que se realizaría con ese recipiente, para realizar las pruebas exactamente a las condiciones dictadas por la matriz obtenida con DESIGN EXPERT. Posteriormente se vaciaban los aditivos de cada experimento en el recipiente de lavado correspondiente (el cuál ya tenía la cantidad de surfactante necesaria), buscando la disolución de todos los materiales por medio de agua caliente (de la dureza correspondiente al experimento), evitando así pérdida de aditivos en las paredes de los recipientes.
- 4) Una vez vaciados el surfactante y los aditivos, se llenaba el recipiente con el agua de la dureza especificada por el diseño de experimentos.



5) Finalmente se conectaba el recipiente de acrílico a la corriente eléctrica para llegar a la temperatura necesaria para esa prueba. Inmediatamente que se alcanzaba dicha temperatura, se iniciaba el proceso de lavado.

5.2.4 Proceso de lavado

Se colocaba la lata en el soporte, manejado la lata con cuidado para no retirar la grasa colocada. Se introducía en el recipiente de lavado, ajustando la velocidad de agitación a las revoluciones por minuto necesarias de acuerdo al experimento. Una vez hecho esto se iniciaba el conteo del tiempo de lavado, el cuál tuvo variación conforme se llevaron acabo diferentes series de experimentos planeadas dentro en el programa de experimentación. Durante el tiempo de lavado se daba una revisión constante del factor temperatura, para mantenerlo en el mismo nivel. Una vez terminado el proceso de lavado, se ponía a secar la lata a temperatura ambiente, registrando su peso al día siguiente.