



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

ESTUDIO DEL CONTROL DE BACTERIAS EN EL PROCESO DE PINTADO DE CARROCERÍAS POR ELECTRODEPOSICIÓN.

AUTOR: GERMÁN CHIVA LÓPEZ

TUTOR: ESPERANZA MARÍA GARCÍA CASTELLÓ

COTUTOR: MANUEL ARRONIZ PALOMINO

**Curso Académico:
2016-17**

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría empezar agradeciendo a mi tutora Esperanza García Castelló por la ayuda y los consejos durante la elaboración de este proyecto. Todos ellos me han sido útiles para realizar un documento completo y conciso.

Por otro lado, agradecer al Sistema Integrado de Empleo (SIE) de la Universidad Politécnica de Valencia por ofrecernos esta oportunidad de tener contacto con empresas de una manera más sencilla para poder continuar nuestro desarrollo académico y adquirir experiencia profesional.

Por último, mostrar mi agradecimiento hacia mi tutor Manuel Arroniz y, en general, a Ford Almussafes por haber contado conmigo para desempeñar este trabajo con ellos.

ÍNDICE GENERAL

Documento 1: Memoria

1.	OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO.....	10
1.1.	Objeto del Trabajo de Fin de Grado.....	10
1.2.	Justificación del Trabajo de Fin de Grado	10
2.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.1.	Antecedentes	11
2.2.	Sector de automoción	11
2.3.	La empresa: Ford Motor Company en Almussafes	12
3.	LEAN MANUFACTURING	15
3.1.	Definición del término.....	15
4.	LOCALIZACIÓN Y ALCANCE	17
4.1.	Organización de la planta de pinturas.....	17
4.2.	Proceso de Pintura	19
4.3.	Flujos en la planta de Pintura.....	25
5.	PROCESO DE PINTADO Y DESARROLLO BACTERIANO.....	28
6.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	29
6.1.	Determinaciones analíticas.....	29
6.2.	Sistemas de control bacteriano.....	30
6.3.	Materiales y métodos.....	32
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
7.1.	Filtro de cartucho electrostático.....	34
7.2.	Ultrasonido y ultravioleta.....	36
8.	CONCLUSIONES	39
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	40

Documento 2: Presupuesto

1.	CAPÍTULO 1: COSTE DE EQUIPOS	42
2.	CAPÍTULO 2: COSTE DE MATERIALES	43
3.	CAPÍTULO 3: COSTE DE INGENIERÍA.....	44
4.	COSTES TOTALES	45

RESUMEN

El presente Trabajo de Final de Grado (TFG) se ha realizado en la empresa Ford España, en la planta de Pinturas de la factoría de Ford en Almussafes (Valencia), concretamente en la zona de oficinas, donde se encuentran los departamentos de ingeniería y mantenimiento interactuando con los procesos de producción a través de mejoras para la calidad, rendimiento, tiempo de ciclo, etc.

Con este TFG, se ha estudiado la viabilidad técnica de implantación de un tratamiento físico, químico o una combinación de ambos con el fin de disminuir el crecimiento de la población bacteriana en la piscina de inmersión de fosfatación, reduciendo los defectos que pueden aparecer durante el posterior tratamiento de electrodeposición por cataforesis. Consiste en comparar varios métodos, de manera práctica a través de la recogida de muestras para la evaluación de la efectividad de eliminación de bacterias del equipo y su efecto en la piscina de inmersión y en la cuba de cataforesis. Actualmente se dispone de un equipo de filtrado por cartuchos y un equipo de eliminación de bacterias por ultravioleta y ultrasonido.

Palabras Clave: bacterias, cataforesis, piscina inmersión, fosfatación, tratamiento.

RESUM

El present Treball de Final de Grau (TFG) s'ha realitzat en la empresa Ford Espanya, en la planta de Pintures de la factoria de Ford en Almussafes (València), concretament en la zona d'oficines, on es poden encontrar el departaments d'enginyeria i manteniment interactuant amb processos de producció a través de millores per la qualitat, rendiment, temps de cicle, etc.

Amb aquest TFG, s'ha estudiat la viabilitat tècnica d'implantació d'un tractament físic, químic o una combinació dels dos amb la fi de reduir el creixement de la població bacteriana a la piscina d'immersió de fosfatació, reduint els defectes que puguen aparèixer durant el posterior tractament d'electrodeposició per cataforesi. Consisteix en comparar diversos mètodes, de manera pràctica a través de la recollida de mostres per l'avaluació de l'efectivitat d'eliminació de bactèries de l'equip i el seu efecte a la piscina d'immersió i a la cubà de cataforesi. Actualment es disposa d'un equip de filtrat per cartutxos i d'un equip d'eliminació de bactèries però radiació ultraviolada i d'ultrasò.

Paraules Clau: bactèries, cataforesi, piscina immersió, fosfatació, tractament.

ABSTRACT

This Final Grade Work (FGW) has been done in Ford Spain Company, in Paint shop of the factory of Ford Almussafes (Valencia), on the office, where engineer and maintenance departments interact with production process by upgrades in quality, performance, cycle time, etc.

With this FGW, it has been studied the viability of implement a physical treatment, chemical treatment or a combination due to reduce the bacterial growth in phosphating immersion pool, reducing defects that can appear during later electroplating by cataphoresis. Consists on compare some methods, practically by sample collection to evaluate the bacterial elimination effectivity of the device and the effect in immersion pool and cataphoresis tank. Nowadays are available a cartridge filtration and an elimination device by ultraviolet and ultrasound.

Key Words: bacterial, cataphoresis, immersion pool, phosphating, treatment.

Documento 1:

MEMORIA

Índice de la memoria

1.	OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO.....	10
1.1.	Objeto del Trabajo de Fin de Grado.....	10
1.2.	Justificación del Trabajo de Fin de Grado	10
2.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.1.	Antecedentes	11
2.2.	Sector de automoción	11
2.3.	La empresa: Ford Motor Company en Almussafes	12
3.	LEAN MANUFACTURING	15
3.1.	Definición del término.....	15
4.	LOCALIZACIÓN Y ALCANCE	17
4.1.	Organización de la planta de pinturas.....	17
4.2.	Proceso de Pintura	19
4.3.	Flujos en la planta de Pintura.....	25
5.	PROCESO DE PINTADO Y DESARROLLO BACTERIANO.....	28
6.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	29
6.1.	Determinaciones analíticas	29
6.2.	Sistemas de control bacteriano.....	30
6.3.	Materiales y métodos.....	32
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
7.1.	Filtro de cartucho electrostático	34
7.2.	Ultrasonido y ultravioleta.....	36
8.	CONCLUSIONES	39
9.	BIBLIOGRAFÍA	40

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

1.1. Objeto del Trabajo de Fin de Grado

El objeto del presente Trabajo de Fin de Grado (TFG), con título “Estudio del control de bacterias en el proceso de pintado de carrocerías por electrodeposición”, es la evaluación de métodos de control de crecimiento de bacterias en procesos continuos en la línea de pintado de una empresa automovilística.

En este TFG se han tomado diferentes muestras en distintos puntos del proceso productivo con el fin de evaluar los métodos de control bacteriano en términos de efectividad para la reducción de su población

Este trabajo ha sido realizado en el contexto de unas prácticas extracurriculares realizadas en la Planta de Pinturas de la factoría Ford Almussafes, desde Diciembre de 2016 hasta Junio de 2017.

1.2. Justificación del Trabajo de Fin de Grado

1.2.1. Justificación Técnica

En el sector automovilístico, cualquier pequeño cambio en el proceso de pintado puede provocar la aparición de defectos sobre la carrocería del coche, suponiendo una gran pérdida de tiempo y dinero ya que se tienen que volver a pintar. Así pues, la idea de este TFG surge debido a la necesidad de mantener las propiedades de los baños de fosfatación y cataforesis para que la calidad de la carrocería sea la óptima, asegurando el acabado deseado de la pintura.

1.2.2. Justificación Académica

En este TFG, realizado en el contexto de las prácticas en empresa extracurriculares, he podido profundizar en el campo de la microbiología y su relación con la Ingeniería Química. Además de la ampliación de conocimientos, habilidades y establecimiento de un primer contacto con la industria, este TFG me permitirá la obtención del título de Grado en Ingeniería Química.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Antecedentes

En la planta de pinturas objeto de estudio, se había instalado previamente una lámpara de ultravioleta, limpiezas a alta presión y limpiezas a alta temperatura en distintos puntos del proceso. Sin embargo, estas etapas del tratamiento no ofrecieron los resultados esperados en el control de la cantidad de bacterias. Por lo tanto, se hace necesario la implementación de otros equipos de tratamiento físico y/o químico que prevenga el crecimiento bacteriano desmesurado.

2.2. Sector de automoción

El sector industrial de la automoción es fundamental en la industria a nivel mundial, mostrando el mercado del automóvil un crecimiento ascendente a pesar de la crisis económica en 2008 (Figura 1). Tras volver a la estabilidad en 2010, el sector ha seguido aumentando hasta superar los 70 millones en 2014.

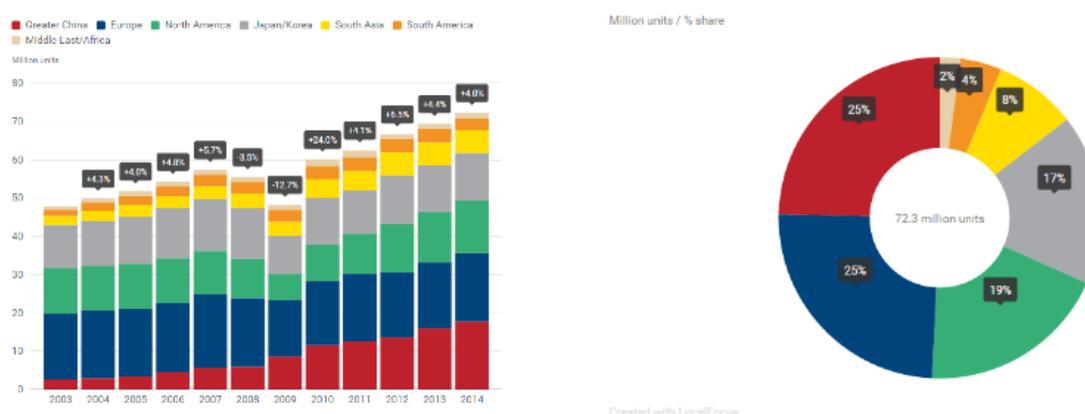


Figura 1. Producción mundial de turismos. (ACEA, 2014).

En lo referente a la industria española, fue durante la segunda mitad de 2013 cuando se consiguió salir de esta situación de crisis. Aun así, las ventas estaban enfocadas a la exportación de las mercancías, llegando a exportarse el 90% de la producción. Gracias a planes de ayuda de compra como el PREVER, el RENOVE y, más recientemente, el PIVE se consiguió aumentar en el primer semestre de 2014 un 17% las matriculaciones a nivel nacional, lo que ha permitido retirar los automóviles envejecidos (El País, 2014).

El sector de automoción en España representa 10% del PIB y el 19% de las exportaciones. Genera 300.000 empleos y 2 millones de puestos de trabajo ligados al sector. La industria española está dispuesta a promover un plan para impulsar los

vehículos con energías alternativas maximizando el desarrollo e industrialización de los vehículos y componentes en plantas españolas y facilitando infraestructuras para dar cumplimiento a la normativa europea en materia energética, medioambiental y de transporte sostenible (El Economista, 2015).

La compra-venta de turismos españoles siguen siendo un motor de crecimiento del mercado europeo: las matriculaciones en turismos de la UE han crecido un 8,2%. España se ha mantenido a la cabeza con un incremento del 22% y un total de 555.222 unidades matriculadas (El Economista, 2015).

Esta dinámica de crecimiento la han seguido también otros países: Italia obtuvo un incremento del 15,2% (872.951 matriculaciones), el mercado inglés subió hasta un 7% (1.376.889 matriculaciones) y Alemania llegó a incrementar un 5,2% (1.538.268 matriculaciones), todo esto en el primer semestre de 2015 (El Economista, 2015).

2.3. La empresa: Ford Motor Company en Almussafes

Ford Motor Company fue fundada el 16 de junio del año 1903 (s. XX). El Ford T en 1908 fue el primer coche en reunir las cualidades suficientes para convertirle en un automóvil de éxito (Página oficial de Ford).

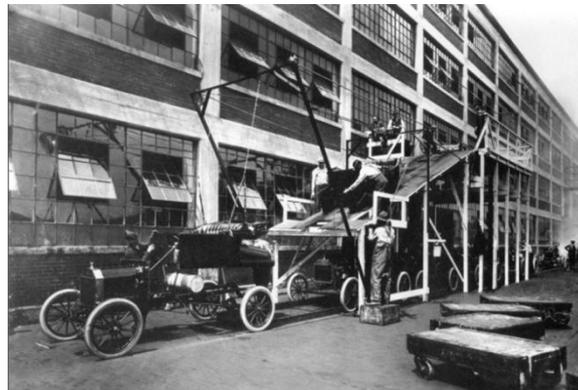


Figura 2. Ensayos de ensamble con el modelo T (1913).

Ante el aumento de la demanda de pedidos del Ford T, se pasó a trabajar siguiendo el sistema de producción en cadena *fordismo* con el fin de eliminar los movimientos del operario que no añaden valor al producto y establecer tiempos para realizar tareas específicas, lo que permite tener mano de obra más especializada y sobre todo, disminuir el coste (ABC, 2011).

La planta de Ford Almussafes, en Valencia, se inauguró el 18 de octubre de 1976 con la salida del primer Ford Fiesta. Se adquirieron 636 huertos, que ocupaban una extensión de 270 hectáreas de superficie para construir la factoría. (Las Provincias, 2015)

La zona de Almussafes era llana, cercana a la autopista, al puerto y a una planta de producción de acero como los Altos Hornos de Sagunto, con una población agraria deseosa de oportunidades fuera del campo.

Una de las mejoras más destacadas fue la ubicación en 1995 de un polígono adyacente, el Parque Industrial Juan Carlos I, donde se encuentran los proveedores que suministran los componentes.

En Almussafes se han producido más de 11 millones de vehículos desde 1976, con un incremento del 40% desde 2013. Se fabrican 6 modelos que se exportan a 75 países (80% de la producción): Ford Galaxy, Ford S-Max, Ford Mondeo, Ford Mondeo Wagon, Ford Transit Connect, Ford Kuga. (Valenciacars)



Figura 3. a) Zona de Almussafes 1976. b) Factoría Ford Almussafes 2016. (Valenciacars).

Desde 2011 se han añadido a las líneas de producción más de 900 robots que garantizan acabados con mayor precisión y seguridad, y 50 nuevos robots en montaje que garantizan los estándares de calidad. También se ha construido unas cabinas en la planta de pinturas que elimina el secado entre capas de pinturas y detectan posibles imperfecciones, lo que supone una mejora de calidad y ahorro de energía y productividad. Todo esto se resume en una cantidad de 8.000 empleados directos repartidos en tres turnos de producción que mantiene la planta en funcionamiento las 24 horas del día y otros 20.000 empleados de forma indirecta (Valenciacars, 2016).

Los nuevos procesos de la línea de montaje hacen que la de Valencia se una de las instalaciones más eficientes de Ford. También alberga desde 2015 el nuevo Centro Vignale, creado para garantizar los más altos niveles de calidad y cumplir las expectativas del cliente.

La factoría cuenta con diferentes plantas comunicadas que permiten el flujo de los vehículos:

- **Planta de Recambios:** Almacén con piezas de repuesto para la cadena y abastecimiento a los concesionarios.
- **Planta de Motores:** Mecanizado y fabricación de los motores. Parte de estos motores son exportados para otras marcas de automoción.
- **Planta de Carrocería:** una gran bobina de acero es moldeada a través de los robots de los diferentes procesos hasta alcanzar la forma deseada.
- **Planta de Pinturas:** Aplicación de distintas capas de pintura sobre la carrocería proporcionándole propiedades anticorrosivas y acabados brillantes.
- **Planta de Montaje:** se realiza el ensamblaje del chasis con el resto de componentes del vehículo (motor, transmisión, salpicadero...)

Además, existen otras instalaciones que no intervienen en la fabricación del vehículo pero sirven como zonas de prueba, tratamiento de residuos y ocio para los empleados (pista de pruebas, depuradoras de agua, tratamiento de residuos, centros de formación, instalaciones deportivas, centro médico, etc.).

3. LEAN MANUFACTURING

3.1. Definición del término

El “*Lean Manufacturing*” es un sistema de gestión sobre cómo operar un negocio. Permite eliminar residuos, reduciendo el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo costes.

Tiene sus raíces en los sistemas de producción “*Just In Time*”, desarrollados en Japón por Toyota sobre los años 50 del s. XX. Se plantea como un conjunto de herramientas o técnicas que hagan posible que los materiales y componentes llegaran al sitio justo, en el momento indicado y con garantía de ausencia de no conformidades. Para ello, se implementa un conjunto de técnicas de manera sistematizada que reduzca o elimine todo tipo de procesos o actividades que usan más recursos de los necesarios. (*Lean Solutions*)

Se diferencia de otras estrategias por la filosofía de analizar, pensar y actuar, apoyada por la experiencia de los trabajadores que están en contacto directo con la línea de producción, con el objetivo de resolver problemas en base a la simplificación de operaciones y reducción de costes.

En el *lean manufacturing* se conoce como desperdicio a aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, movimientos innecesarios...). (Proyecta Innovación, 2015)

Como en cualquier sistema de calidad, el punto de partida para optimizar recursos y evitar estos residuos es reconocer la necesidad.

Las mejoras en la productividad que promueve el “*Lean Manufacturing*” son en resumen:

- Ayudan a eliminar las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos.
- Aumentan el valor de cada actividad realizada.
- Reducen desperdicios y mejoran operaciones, basándose en el respeto al trabajador.
- Obtienen mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad.

Por otra parte, los pilares fundamentales que guían el “*Lean Manufacturing*” son:

- Calidad perfecta a la primera: detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del desperdicio: eliminación de las actividades que no sean de valor añadido y optimización de los recursos.
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de calidad... Es lo que se conoce como "*kaizen*" (método de gestión de calidad a través de la mejora continua).
- Procesos "*Pull*": los productos son solicitados por el cliente final (no son "empujados" por la producción).
- Flexibilidad: producir gran variedad de productos, sin sacrificar eficacia por los volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, costes e información.

4. LOCALIZACIÓN Y ALCANCE

4.1. Organización de la planta de pinturas.

La planta de Pintura cuenta aproximadamente con 700 trabajadores que se reparten entre producción y organización e ingeniería. Los trabajadores de producción (operarios, encargados...) realizan jornadas laborales de 8 horas y cuenta con tres turnos: un turno C de noche y dos turnos A y B que se turnan cada dos semanas mañana y tarde. Los trabajadores de organización e ingeniería cuentan con un único turno central.

La distribución de los recursos humanos se muestra en el organigrama de la figura 4.

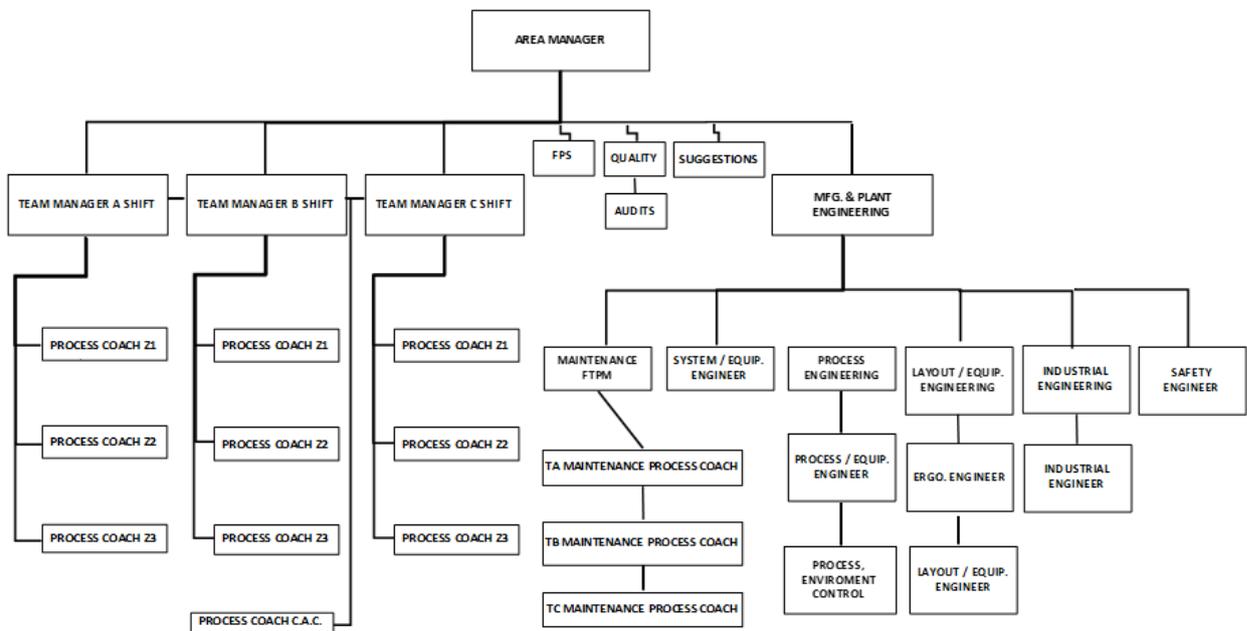


Figura 4. Organigrama de la planta de pinturas de Ford Almussafes.

Hay un jefe de planta, *Area Manager*, responsable de coordinar y gestionar su correcto funcionamiento de tres ramas subordinadas (administrativa, productiva y técnica).

- Rama administrativa (Organización): Personal técnico y administrativo (parte central del organigrama):
 - FPS: Coordina el despliegue y seguimiento de los objetivos del Sistema de Producción, los cuales se verán en detalle más adelante en la tabla.

- Calidad: Coordina y asegura el cumplimiento de los estándares.
 - Sugerencias: Departamento responsable de fomentar e investigar las sugerencias de todos los empleados. Es parte importante de la mejora continua.
- Rama productiva (Producción): Personal directo a pie de línea (lateral izquierdo del organigrama). Cada turno cuenta con un responsable (*Team Manager*) que se encarga de dar soporte y coordinar a los Encargados del Proceso (*Process Coach*) que, a su vez, dirigen a los líderes de grupos (*Team Leaders*) iniciando la cadena de mando. Tanto los *Team Manager* como los *Process Coach* son ingenieros mientras que el *Team Leader* es otro operario.
- Rama técnica (Ingeniería): Personal indirecto y de soporte a producción (lateral derecha del organigrama)
- Mantenimiento
 - Ingeniería de sistemas
 - Ingeniería de procesos
 - Lay-Out & Equipment/Ergonomía
 - Ingeniería industrial: kaizen
 - Ingeniero de seguridad

Estas tres ramas organizativas están sometidas a constantes auditorias (seguridad ISO 9001, calidad ISO 14001, medio ambiente, GAO) tanto de manera interna como por empresas externas de auditoria.

Este trabajo se centra en la zona de distribución y equipamiento del organigrama de pinturas, siendo supervisado por el gerente de ingeniería y por el *Area Manager* de la planta de pinturas (figura 5).

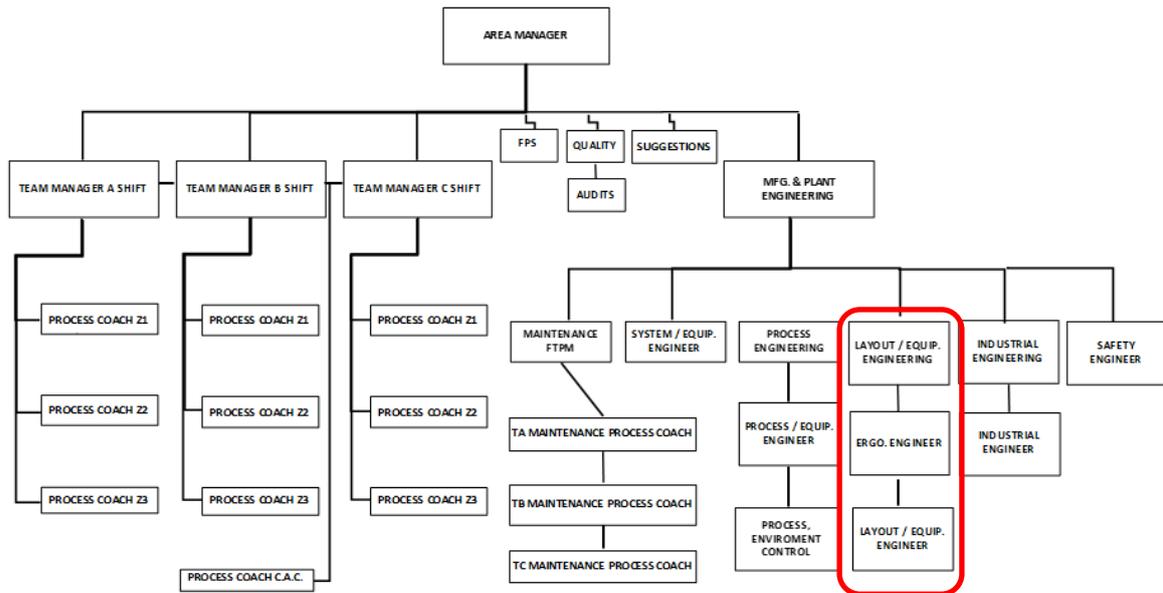


Figura 5. Organigrama de la planta de pinturas de Ford Almussafes.

4.2. Proceso de Pintura

La planta de pinturas está constituida por 2 naves diáfanas. Por una de las plantas circulan las carrocerías de los modelos Mondeo, Galaxy, S-Max y Kuga. La otra planta, está destinada a las Transit y los Kuga. En la planta nueva (planta implementada a partir del lanzamiento de las Transit), las carrocerías sufren los procesos de fosfatación, cataforesis y sellado y, posteriormente, se enlazan con la otra planta para continuar el proceso.

El proceso de pintado de una carrocería tiene gran complejidad por la cantidad de elementos implicados y el aporte de productos químicos que deben estar muy controlados, no sólo por las normativas de emisión y vertido medio ambiental, sino por la proximidad que tiene la planta con el parque natural L'Albufera.

A cada carrocería se le asigna un número identificativo donde están predeterminadas sus características, desde el modelo del coche hasta el color, número de ventanas, etc. Este código es el llamado CAR-IN (*Car Identification Number*), al cual va asociado un VIN (*Vehicle Identification Number*). Estos códigos identifican a la carrocería a lo largo de las sucesivas plantas de la factoría.

En la figura 6 se presenta un esquema de la distribución y secuencia de las etapas implicadas en el proceso de pintura y que se agrupan en 3 fases.

- **Primera fase:** la carrocería recibe un tratamiento previo al pintado que consta de unos baños y duchas de productos químicos y agua desmineralizada. Primero, atraviesa unos túneles de desengrase y “deluge” que eliminan los aceites y restos de soldadura que se puedan haber producido en la planta de Carrocerías. A

continuación, se somete al fosfatado que consiste en un baño donde la superficie sufre una modificación que le confiere porosidad para mejorar la adherencia de las capas posteriores y también propiedades anticorrosivas.

Seguidamente, mediante el proceso de cataforesis se cubre la carrocería con resinas y pigmentos. Esto se hace mediante electrodeposición catódica debido a una diferencia de potencial. Después, se introduce la carrocería en un horno para secar la capa de pintura añadida y asegurar su uniformidad durante el resto de procesos. Para finalizar, se aplica una masa de PVC y NVH (*Noise Vibration Harshness*) que confiere propiedades anticorrosivas, insonorizantes e impermeables en zonas concretas de la carrocería. Para fijar los cordones de sellado, se introduce en un horno que endurecer la pasta.

- **Segunda fase:** antes de las cabinas de pintado, la carrocería atraviesa una línea donde los operarios buscan imperfecciones que se pueden haber producido. Tras detectar y corregir estos errores, se introduce en las cabinas de pintado donde se le aplicaran diferentes capas, las cuales ofrecen una mejora visual del vehículo y aumentan la protección ante la corrosión con cada capa aplicada. La técnica utilizada en esta zona se denomina “3 wet” y consiste en la aplicación de las capas de pinturas sin un secado intermedio.

Las capas de pinturas aplicadas son:

1. Imprimación (Primer): capa inicial cuyo color (blanco, negro y gris) sirve de base para el color final del vehículo.
2. Color base (Base Coat): Capa de pintura que da el color al coche. Añade algo de protección pues impide, junto con el resto de capas, que el agua, el oxígeno y otros efectos ambientales que puedan degradar el aspecto del chasis, puedan alcanzar el acero. Es la capa que ven los clientes y por la cual se juzgará su calidad. Puede ser de pintura sólida, metálica o con algún efecto especial.
3. Lacado (Clear Coat): Capa transparente que cubre al color base y le proporciona brillo y protege la capa base de lluvia, piedras... A veces se utilizan capas transparentes tintadas que contienen pigmentos para realizar efectos especiales en la capa base.

Tras la aplicación de las diferentes capas, se introduce el chasis en un horno para asentar la pintura.

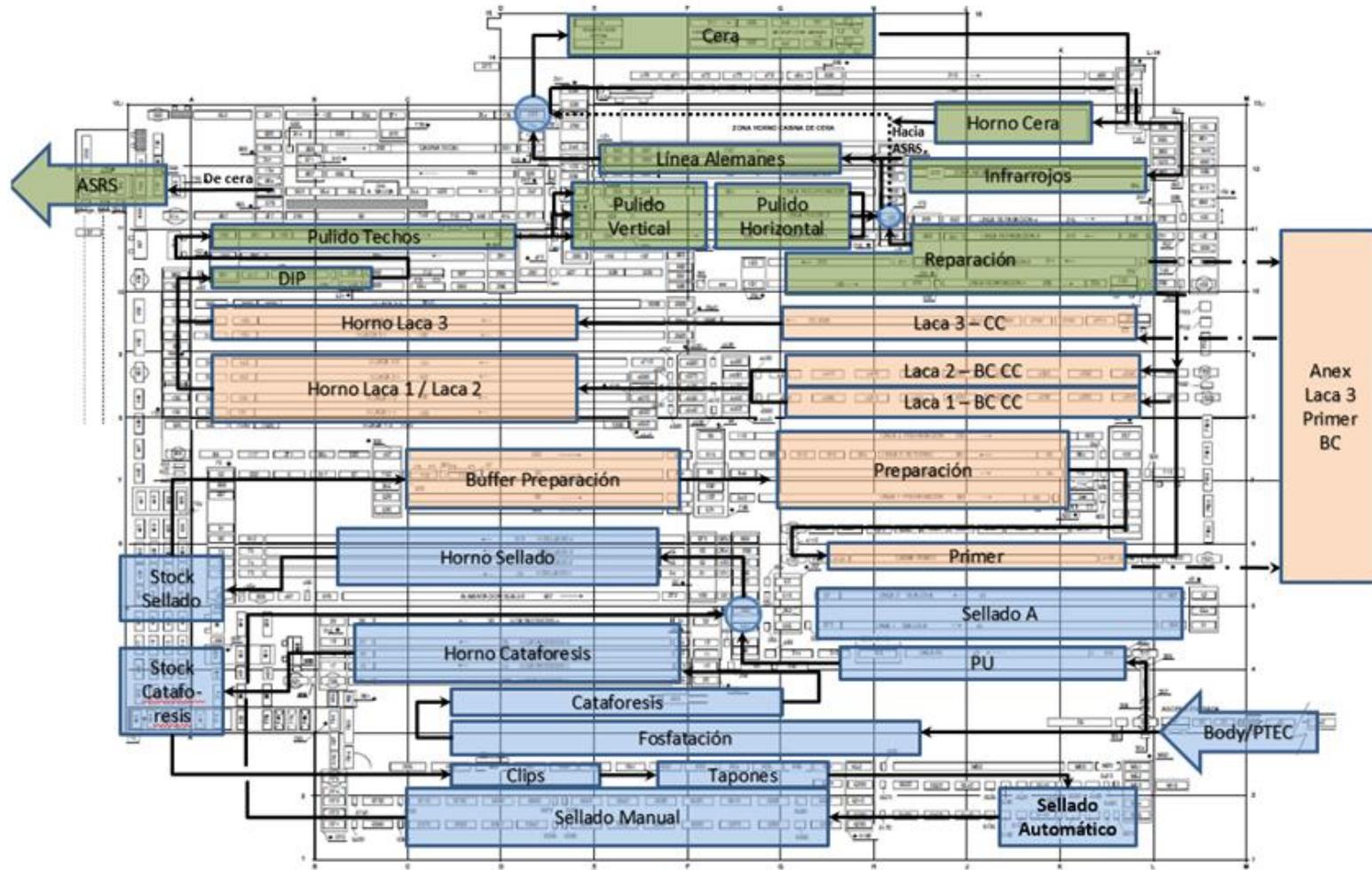


Figura 6. Planta de pinturas en 3 zonas. (Elaboración propia adaptada de documentación interna).

- **Tercera fase:** En esta última etapa se revisa la superficie de la carrocería para garantizar un acabado de calidad. Para ello, el chasis pasa por el DIP (*Dirt In Paint*) que consiste en un túnel con luces y sensores fotosensibles que captan la refracción de la luz desde diferentes ángulos. Cuando hay algún defecto la luz desvía, esta desviación se recoge en una base de datos y se plasma en imágenes, diferenciando los defectos en puntos verdes y rojos, dependiendo de la magnitud del fallo.

Posteriormente, se encuentran las líneas de Pulido, Reparación y Alemanes (línea de cuidado especial), donde se corrigen manualmente los defectos monitorizados del DIP mediante lijadoras y pulidoras neumáticas. Dependiendo del tiempo que se debe invertir para corregir las imperfecciones, los vehículos se desvían, recirculan o retienen por las diferentes líneas. Finalmente, se aplica una cera que dota de propiedades anticorrosivas en las secciones del bastidor de la carrocería.

Tras la salida del horno de cera se envía al ASRS, un gran almacén que organiza la correcta entrada de los vehículos a la planta de Montaje, donde se le incorporará a la carrocería el resto de elementos que completarán el coche.

4.2.1. Baños de fosfatación

Consiste en la adición sobre una superficie metálica de una capa no metálica de fosfatos metálicos de naturalezas diversas. (Dalmar, 2015)

El baño de fosfatación está compuesto de un fosfato biácido complejo de algún metal soluble que, por reacción con el metal, y favorecido por unas condiciones de temperatura, concentración y catalizadores, neutraliza los hidrógenos hasta ser un fosfato neutro insoluble en agua. Este metal tiene estructura porosa, absorbente y fuertemente anclado al metal con propiedades anticorrosivas, que hacen de la fosfatación un tratamiento importante.

El acero está formado por infinidad de pilas galvánicas que se activan al entrar en un medio electroquímico que haga efectivas las diferencias de potencial existentes.

Las áreas anódicas están constituidas por el metal, mientras que las catódicas son impurezas de metales nobles. En comparación, las áreas anódicas son mucho mayores que las catódicas, por lo que la densidad de corrosión por unidad de superficie es suficientemente elevada para permitir la descarga de los iones hidrógeno.

En el fosfatado, la acidez que proviene del fosfórico produce ataque y disolución del metal en las zonas anódicas y la descarga de iones hidrógeno en las zonas catódicas. El desprendimiento de hidrógeno en las áreas catódicas produce su polarización de estas áreas

y una pasivación de las anódicas. Al estar polarizadas las áreas catódicas, se interrumpe la reacción electroquímica, por lo que se paraliza el proceso de fosfatado. La adición o presencia de productos oxidantes en el baño produce la despolarización, permitiendo que el tratamiento de la pieza metálica por fosfatado continúe. (Dalmar, 2015)

Los productos oxidantes del baño provocan en los ánodos la oxidación de los iones ferrosos a férricos que precipitan en forma de fosfato férrico (lodos). El efecto despolarizante en los cátodos produce una elevación del pH hasta alcanzar el punto de solubilidad del fosfato, que precipita y anida en forma de cristal donde se ha producido una descarga de ion hidrógeno.

Según el oxidante, la formulación del baño de fosfatación y la actuación de catalizadores o afinadores de grano, habrá más o menos presencia de fosfatos de hierro en la capa obtenida y se obtendrá una cristalización más fina o más gruesa.

En el proceso de fosfatación se llega a un equilibrio de disolución y nueva cristalización, que se produce por la disolución de los cristales en el medio ácido del baño, saturación en la capa límite y nueva cristalización, cerrando la porosidad y favoreciendo la inter-cristalización.

El equilibrio viene dado por la relación ácido fosfórico combinado (acidez total) y el fosfórico libre (acidez libre), que se debe mantener en unos límites según la especificidad del baño.

4.2.2. Proceso de Cataforesis

En general, la electrodeposición es un proceso donde se realiza un recubrimiento a una pieza con un sistema de ánodo y cátodo, sumergiendo dicha pieza en un baño químico y aplicando cargas eléctricas para cubrir o depositar una capa protectora o decorativa en la pieza. (EcuRed, 2017)

La pieza se pone en contacto con una fuente de corriente continua y con un electrodo que cumple la función de ánodo, cediendo electrones para que los iones metálicos en solución se reduzcan y se depositen sobre la pieza, que hace de cátodo.

El ánodo está compuesto del metal con que se quiere recubrir la pieza para que pueda aportar iones a la disolución a medida que los iones presentes en la disolución se reducen y se van depositando sobre la pieza a recubrir, que funciona como cátodo.

Las propiedades de la capa de recubrimiento dependen directamente de la corriente aplicada.

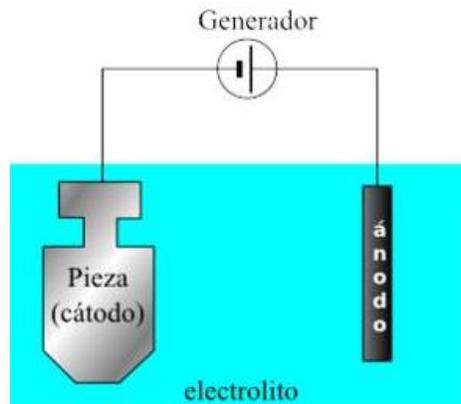


Figura 7. Esquema de electrodeposición (La Guía Química, 2010).

Este procedimiento es utilizado para otorgar resistencia a la corrosión a una determinada pieza. También para aumentar su resistencia a la abrasión, para mejorar su estética...

La electrodeposición es uno de los procesos electroquímicos aplicado a nivel industrial, ya que tiene mucha importancia en cuanto a volumen de producción, y es también uno de los que causan mayor impacto económico, ya que se logran piezas constituidas por material barato, tenga excelentes características de resistencia a la corrosión, gracias a la capa metálica depositada. (La Guía Química, 2010)

La cataforesis es un proceso implicado durante el pintado de la carrocería de un vehículo. La pintura aplicada debe realizar las funciones de protección de la carrocería frente a la corrosión; proporcionar aspecto atractivo estético final, aportando color y brillo; soportar el paso del tiempo, así como limitar la degradación al exponerse a las condiciones climatológicas.

Para cumplir estas funciones, durante el pintado se aplican de forma sucesiva distintos productos y capas, cada uno con sus funciones específicas.

La figura 8 muestra los diferentes tratamientos recibidos por la carrocería y los diferentes espesores que debe tener cada capa. Como se ha comentado anteriormente, durante la cataforesis se aplica la pintura mediante un proceso de electrodeposición. La carrocería completa se sumerge en un baño de agua desionizada con resinas o pigmentos de resina catafórica. La resina proporciona la resistencia a la corrosión mientras que los pigmentos se encargan del brillo y el color.

La idea principal de este proceso es la atracción de los polos opuestos. La cuba de la piscina está conectada al polo positivo y la carrocería sumergida está conectada al negativo,

esto provoca que las partículas de pintura presentes en suspensión en el baño sean atraídas a ésta. Una vez obtenido el espesor de pintura deseado, la capa de pintura aísla la pieza y la atracción cesa terminando el proceso catafórico. (Revista motor)

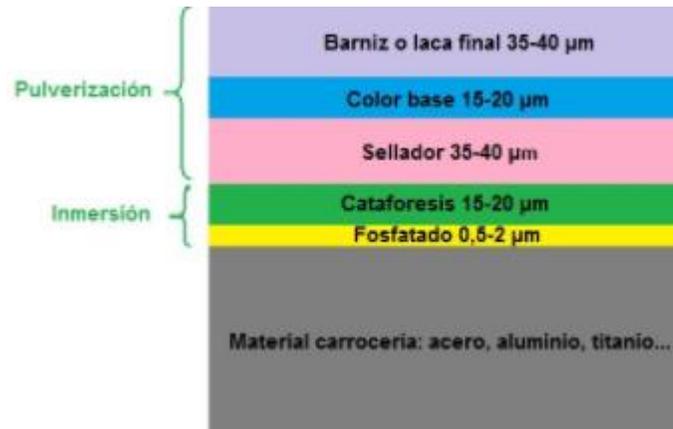


Figura 8. Capas aplicadas en el pintado del coche. (Revista motor).

4.3. Flujos en la planta de Pintura

En la figura 9, se muestra como los procesos de pretratamiento y cataforesis están conectados directamente por el sistema en continuo. Esto provoca que los problemas en ambos estén ligados. En relación con el tema objeto del TFG, se ha podido observar que controlando el nivel de bacterias en la piscina de inmersión (Lavado 4), disminuyen los problemas que aparecen en cataforesis y que se observan, posteriormente, en las capas de pintura.

Para llevar el seguimiento de las bacterias se toman muestras en la piscina de inmersión y en el escurrido del agua que arrastra la carrocería. El dato determinante son las RLU (explicadas en el apartado 6) que indica de manera cuantitativa la cantidad de bacterias del sistema. Si la RLU del escurrido es inferior a 100 RLU, no se observan imperfecciones en la pintura.

En el diagrama de bloques de la figura 9, se indica de manera esquemática todos los procesos por los que pasa la carrocería cuando llega a la planta de pinturas desde la planta de carrocerías. Los procesos principales son el fosfatado y la cataforesis, mientras que el resto son lavados para retirar restos de fosfatado o de cataforesis que no se hayan adherido a la carrocería. Los restos de fosfatado van a un filtro prensa para tratar el fosfato como

residuo y el agua utilizada se recircula a los lavados. Por otro lado, la cataforesis se retira con agua desmineralizada, la cual se recircula a los ultrafiltrados (UF) mientras que la cataforesis se devuelve a su tanque.

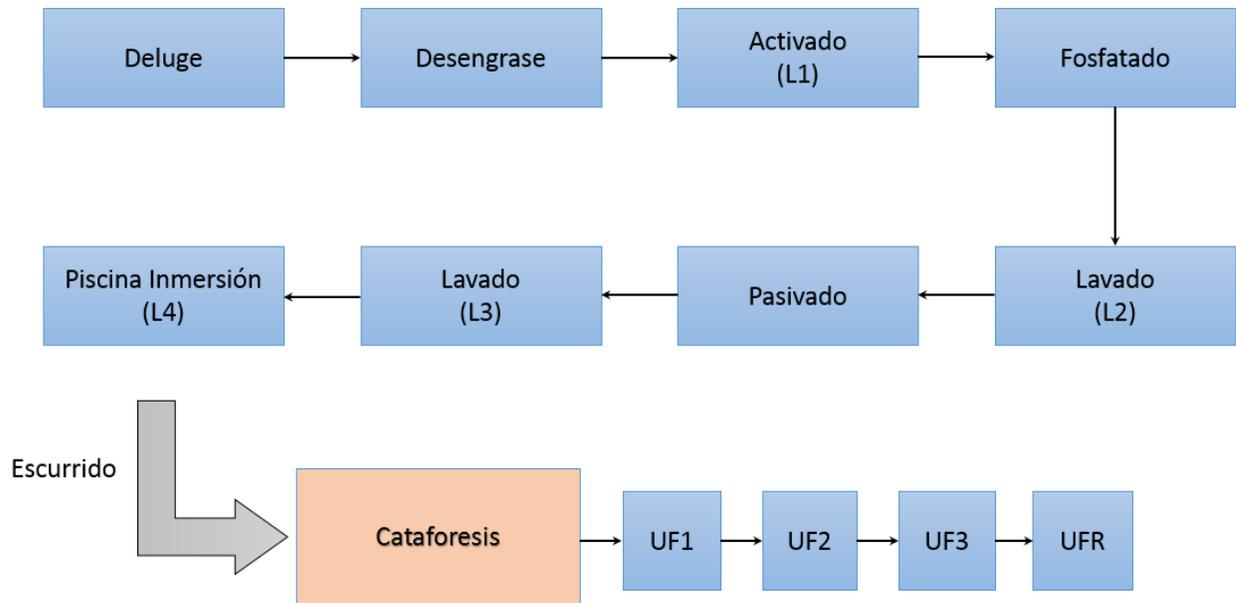


Figura 9. Diagrama de bloques de pretratamiento y cataforesis. (Documentación propia).

4.3.1. Pretratamiento.

Como indica la Figura 10, durante el proceso de pretratamiento hay diferentes aportes de agua que pueden ser fuentes de introducción de bacterias en el sistema. El problema real de las bacterias es su acumulación debido a la cantidad de recirculaciones que, están presentes en todas las etapas.

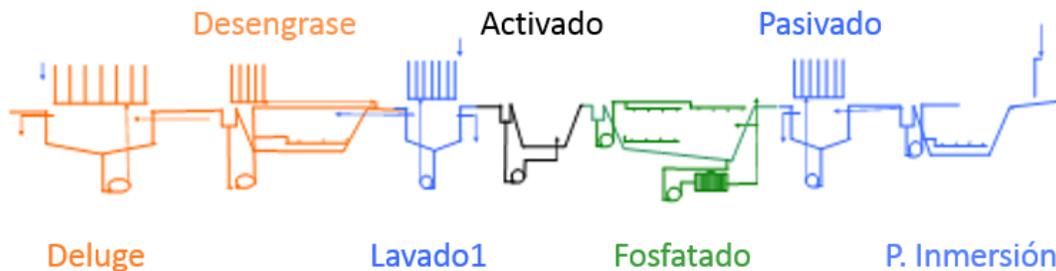


Figura 10. Esquema del proceso de pretratamiento (Henkel).

Tras cada etapa hay un filtro, el tipo de cada uno de ellos depende del proceso que se ha realizado (filtro ciclónico, filtro prensa...). El filtro se coloca para poder volver a utilizar la

disolución. Al ir variando las propiedades de la misma cada 2 semanas se tengan que descartar la disolución usada y formularlas de nuevo.

El sistema también cuenta con cascadas entre las etapas, permitiendo que, si hay algún problema en la recirculación, la etapa continúe teniendo aporte de agua a partir de una etapa anterior o posterior.

4.3.2. Pretratamiento.

En la Figura 11 se observa todo el proceso de cataforesis, con sus respectivas ultrafiltraciones (UF) que sirven para retirar la pintura que no se ha adherido a la superficie de la carrocería. La pintura sobrante llega a los ultrafiltrados diluida en agua desionizada y, en las membranas de UF, se separan recirculando la pintura a la cuba de cataforesis y el agua desionizada a la misma cuba de la cual se ha extraído.

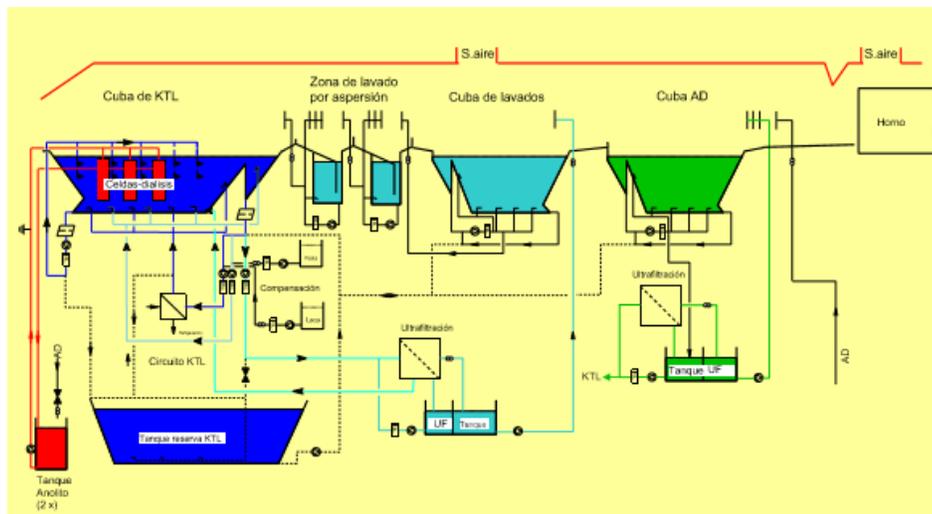


Figura 11. Esquema del proceso de cataforesis (proveedor de pinturas).

Tanto en el proceso de la Figura 10 como en el de la Figura 11, se encuentran recirculaciones que provocan la generación de biofilm en el interior de tanques y tuberías (documentación interna de BASF). En el biofilm las bacterias están protegidas contra los efectos del ambiente, pudiendo desprenderse y contaminar las diferentes zonas.

5. PROCESO DE PINTADO Y DESARROLLO BACTERIANO

El hecho de emplear baños libres de plomo y cromo, más respetuosos para el medio ambiente en las cubas de cataforesis, han permitido la aparición de las bacterias en su interior (BASF, documentación interna).

Actualmente las bacterias forman parte de los problemas más comunes en los procesos de pintado.

La experiencia indica que las bacterias aparecen al principio, normalmente en los primeros lavados. Aunque, en algunos casos, también se han detectado en los baños. La presencia de bacterias supone varias complicaciones:

- **Calidad:**

El baño de cataforesis tiene unas condiciones específicas para mantener el estándar de calidad marcado por el proveedor de pinturas. La aparición de bacterias produce variaciones en el espesor de la capa de cataforesis y la aparición de rugosidades.

- **Costes:**

Cuando el nivel de bacterias supera la cantidad propuesta por el proveedor de pinturas, se añade al baño una dosis de bactericida y se deja recirculando durante un par de horas. Este producto se usa como tratamiento de choque para disminuir el nivel de bacterias de manera brusca. Además, con cada adición de bactericida, es necesario el cambio de los filtros del proceso.

- **Medio ambiente:**

Los residuos de cataforesis son enviados a planta motriz donde se depuran para verterlos al medio ambiente. La presencia de bacterias puede limitar estos tratamientos impidiendo la pureza que se deseaba obtener.

Por estos motivos, se debe mantener el nivel de población de bacterias bajo. Para ello, se controlan ciertos parámetros del sistema que sirven de indicativos sobre la presencia de bacterias y las medidas a tomar en función de la desviación de estos parámetros respecto al estándar establecido por el proveedor de pinturas de la factoría.

6. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para llevar el seguimiento de las bacterias se toman muestras en distintos puntos del proceso (piscina de inmersión, escurrido del agua que arrastra la carrocería y en cataforesis) y se hace un análisis de bioluminiscencia en el que se detecta ATP (Adenosin Trifosfato), molécula presente en cualquier ser vivo. Las unidades de este análisis se expresan en RLU (*Relative Light Units*).

Por observaciones y determinaciones previas a este trabajo, se ha llegado a la conclusión que, si en el escurrido se mantiene un nivel máximo de 100 RLU, en cataforesis no se observan problemas significativos de bacterias. Por lo tanto ese será el máximo valor que se permitirá.

6.1. Determinaciones analíticas

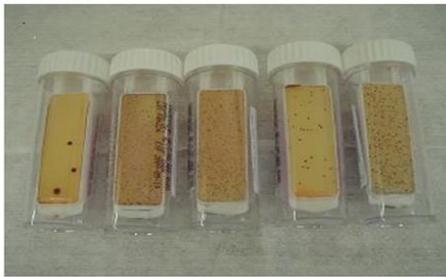
Diariamente se lleva un control de diferentes variables que son medidas en varios puntos del sistema para saber si se mantiene en los límites. Los parámetros críticos son el pH y la cantidad de bacterias.

Cuando la cantidad de bacterias es elevada, se aprecia una subida de pH en la cuba de cataforesis. En conjunto con la subida de pH, se producen cambios en el espesor, daños superficiales en forma de pústulas, formación de CO₂ que provoca la precipitación de PbCO₃ y débil adherencia de la película.

La cantidad de bacterias se mide mediante dos tests diferentes:

- **Dip-slide:** determina la presencia de bacterias aerobias formadoras de películas en medios líquidos. Consiste en un medio sólido que contiene un medio de cultivo estéril que se sumerge en el líquido muestra. El cultivo es entonces introducido en una estufa de incubación a 30 °C durante 48 h desarrollándose tantas colonias como bacterias vivas haya. Posteriormente se hace un recuento de células de colonia y se expresa el resultado en UFC (unidades formadora de colonia) (figura 12(a))
- **Hy-Lite:** es un sistema comercial que se emplea para controlar el contenido bacteriano por bioluminiscencia debido, como se ha comentado antes, a la presencia de ATP en la muestra. Las unidades de medida son RLU (figura 12(b)).

La ventaja que tiene el hy-lite respecto al dip-slide es que se obtienen los datos de manera inmediata, mientras que el dip-slide necesita un margen de 48 h. La toma de datos se realiza 2 veces por semana con el hy-lite y 1 vez a la semana se toman muestras de dip-slide, de esta manera se pueden contrastar ambos métodos para determinar la presencia de bacterias y, en función de estas muestras, realizar los tratamientos pertinentes. Cabe destacar que el Hy-Lite permite obtener una mayor resolución en los datos para valores menores a 10^3 UFC.



a)



b)

Figura 12. Sistemas de control bacteriano. a) Dip-slide b) Hy-Lite.

La diferencia entre las RLU y las UFC es que las UFC sí que miden el nivel de bacterias en el medio mientras que el RLU mide el ATP que cualquier fuente biológica, es decir, las UFC sirven para saber la cantidad de bacterias y las RLU para observar la limpieza del medio (3M Clean-Trace, Hygiene Management System).

6.2. Sistemas de control bacteriano

Para prevenir el crecimiento de la población bacteriana, se utilizan diferentes tratamientos. Como tratamiento preventivo se realiza la adición de H_2O_2 en la zona de pretratamiento cada fin de semana y se hace que circule por el sistema para realizar una limpieza completa de los tanques y las tuberías. De este modo se reduce el nivel de bacterias en el arranque de producción.

Cada 3 ó 4 semanas, el nivel de acumulación de bacterias es elevado, esto se observa a través de los datos de RLU y conductividad. En esta situación se realiza un tratamiento correctivo, donde se adiciona una cantidad de biocida (Parmetol K-40) que, aunque reduce el número de bacterias eficazmente, tiene un coste elevado.

El objetivo de este proyecto consiste en evaluar diferentes métodos que se complementen entre sí para disminuir la frecuencia de adición de este bactericida, como son filtros de cartuchos electrostáticos y combinación de ultrasonidos y ultravioleta.

- **Filtro de cartucho electrostático:**

Este sistema retiene las bacterias por diferencia de carga.

El equipo consiste en una bolsa de prefiltrado de 1 μm que retira las sustancias en suspensión de mayor tamaño, impidiendo que se sature el cartucho en un tiempo menor del debido. Seguidamente del prefiltrado, se sitúa el cartucho que retiene las bacterias (figura 13).

Este tipo de equipo requiere una medida añadida al sistema. Se debe medir la diferencia de presión que ejerce la bolsa de 1 μm para que ésta no supere un diferencial de presión de 1,5 bar. Esta presión indica que la bolsa se ha colmatado y debe ser reemplazada.



(a)



(b)

Figura 13. Control por filtración. (a) cartuchos Ultipor GF Plus (PALL); Equipo de pruebas PALL de filtración por cartuchos (Imagen propia).

- **Equipo de ultrasonidos y ultravioleta:**

El ultrasonido estresa las bacterias impidiendo su reproducción mientras que el UV las elimina.

El equipo Sonoxide, cuenta con un desaierador que evita la formación de burbujas en su interior que puedan interferir en la limpieza. Es un equipo totalmente autónomo que contiene 4 lámparas UV y una cámara de ultrasonido para la eliminación de las bacterias (figura 14).



Figura 14. Equipo Sonoxide para la eliminación de bacterias por ultravioleta y ultrasonido (Imagen propia).

Estos equipos se encuentran instalados en la recirculación de la piscina de inmersión de forma paralela para poder evaluarlos individualmente.

6.3. Materiales y métodos

Al estar los equipos situados en bypass con la recirculación del sistema, la toma de muestras se realiza con el proceso en funcionamiento.

La recogida de las muestras se hace en la piscina de inmersión y en el escurrido. A parte, también se cogen muestras de la entrada y la salida de los dispositivos de filtrado a través de las purgas que tienen.

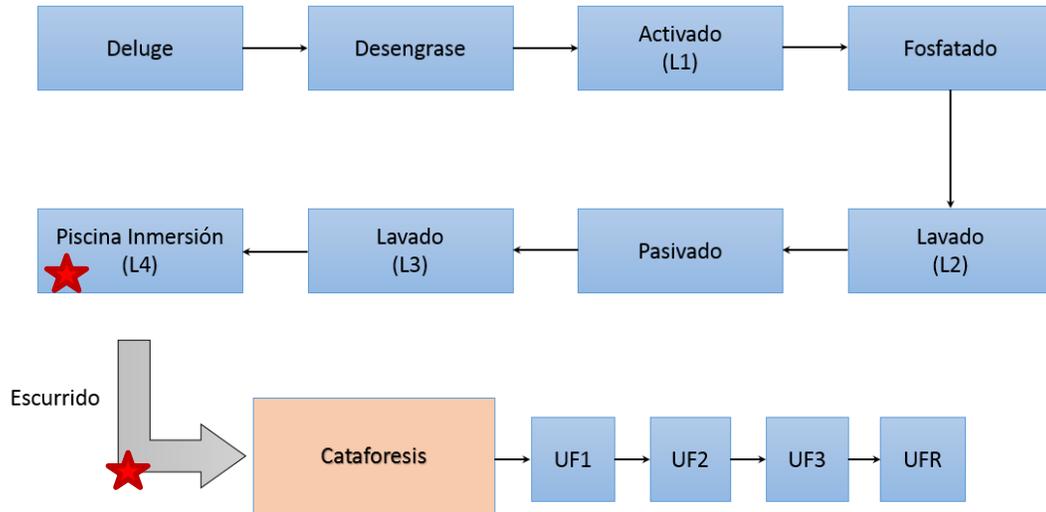


Figura 15. Diagrama de bloques marcando los puntos de recogida de muestras (Elaboración propia).

Para recoger los datos de las muestras en Hy-Lite se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Abrir válvula de la acometida del sistema.
- 2) Dejar purgar para no recoger agua que pueda estar estancada.
- 3) Llenar el recipiente de muestras (Figura 15)
- 4) Sumergir Hisopos Hy-Lite en la muestra durante 30 – 35 segundos.
- 5) Introducir Hisopos en el Hy-Lite.
- 6) Leer el dato en RLU que proporciona el Hy-Lite

En el caso de realizar la prueba con el método dip-slide, las acciones a seguir son:

- 1) Realizar los mismos pasos que con el Hy-Lite desde el punto 1) hasta el 3) para la recogida de la muestra.
- 2) Sumergir el laminocultivo en la muestra. Eliminar el sobrenadante sacudiendo suavemente o eliminar el líquido existente sobre el plástico con papel absorbente.
- 3) Introducir el laminocultivo en su tubo original y enroscarlo sin cerrar totalmente para asegurar la entrada de aire.
- 4) Incubar a 37 °C durante 48 h.
- 5) Extraer laminocultivo y contar la cantidad de UFC

La recogida de muestras en Hy-Lite se realiza los lunes por la mañana y los jueves por la tarde, mientras que los datos de los laminocultivos se realizan los lunes (obteniendo los datos el miércoles).

de limpieza y mantenimiento para alargar la vida útil de los prefiltros, impidiendo que estos se colmataran con tanta frecuencia.

En la siguiente gráfica (figura 17), se indican los valores de contenido bacteriano a la entrada del cartucho y los valores tomados a la salida. De esta manera se puede observar que el filtro realmente sí que retiene bacterias. Se observan en la figura 17 valores dispares de contenido bacteriano inicial, hecho posiblemente debido a protocolos de limpieza, ya que cada semana se limpia la piscina con peróxido de hidrógeno (H₂O₂), y cada dos semanas se vacía y se limpia con H₂O₂ en mayor cantidad. Se observa además valores de RLU de salida muy reducidos. El rendimiento del proceso de filtrado se muestra en la figura 18.

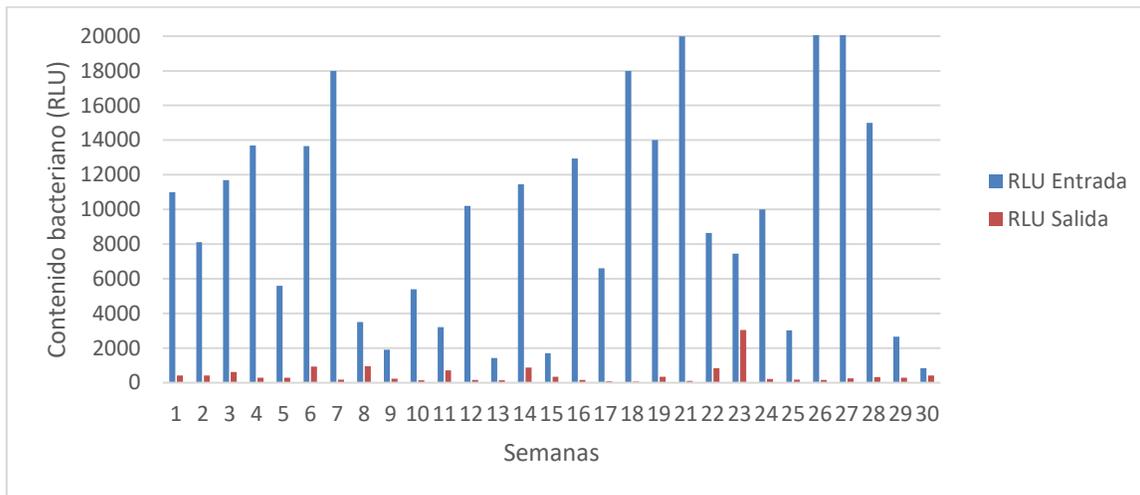


Figura 17. Datos de RLU del cartucho PALL.

En este caso, las RLU de la piscina de inmersión se tuvieron en cuenta para observar las RLU en la entrada del cartucho. Debido a que está conectada a ésta, ambas medidas deberían ser similares. La recirculación tomada es de 7 L/min, ya que es un cartucho de pruebas con el que se pretende valorar su efectividad. Esto implica que no se ve un efecto directo en la piscina de inmersión.

En la figura 18 se ve reflejado el rendimiento de eliminación del cartucho a partir de las RLU de la figura 17 mediante la fórmula:

$$Rendimiento = \frac{RLU_{Entrada} - RLU_{Salida}}{RLU_{Entrada}} \quad (1)$$

En la siguiente gráfica (figura 18) se han sacado dos rendimientos. El primer rendimiento hace referencia al rendimiento real del equipo utilizado, ya que es un promedio

del rendimiento que se obtiene con más frecuencia. El segundo rendimiento se ha calculado descartando los valores anómalos producidos durante la toma de medidas.

El eje de ordenadas de la figura 18 se muestran las semanas, como se toman 2 valores por cada semana, aquellos datos que son inferiores al 85 % reflejan que uno de los días de la semana se estaba produciendo cambios en el proceso y, por ello, ese valor es muy pequeño y esto reduce la media del rendimiento de esa semana.

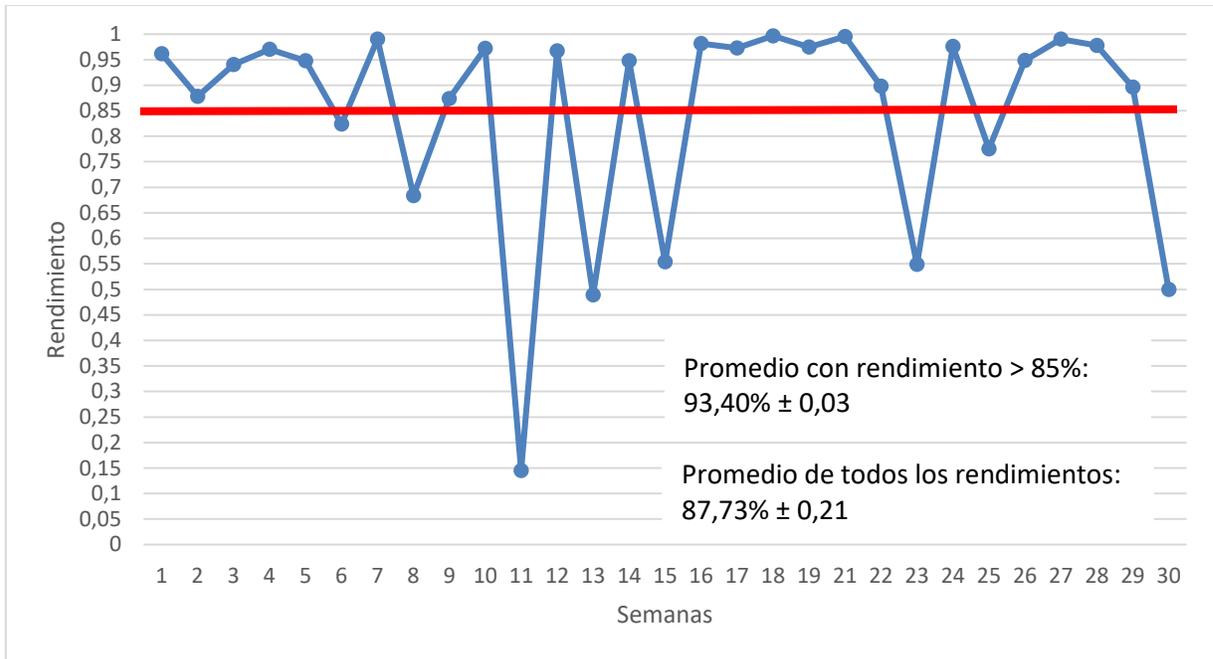


Figura 18. Rendimiento de eliminación del cartucho PALL

Concretamente, en la semana 11 se dio un cambio de filtros para su limpieza, lo que explica el valor fuera de lo normal, ya que uno de los días en que se toma la medida el filtro no está en funcionamiento. Por tanto, se calcula el promedio de los rendimientos obtenidos, resultando este significativamente mayor del límite mínimo establecido para la viabilidad del proceso (87,73% > 85,00%).

7.2. Ultrasonido y ultravioleta

Atendiendo a los datos de la figura 19 se observa como los valores a la entrada y a la salida de RLU no son coherentes, dando lugar a rendimientos negativos que indican un incremento de bacterias entre la entrada y la salida del dispositivo. Esto se puede deber a

que este tipo de sistema elimina las bacterias, pero no las retiene, sino que se recirculan al sistema tanto las bacterias vivas como las muertas pudiendo dar errores en la medida con Hy-Lite.

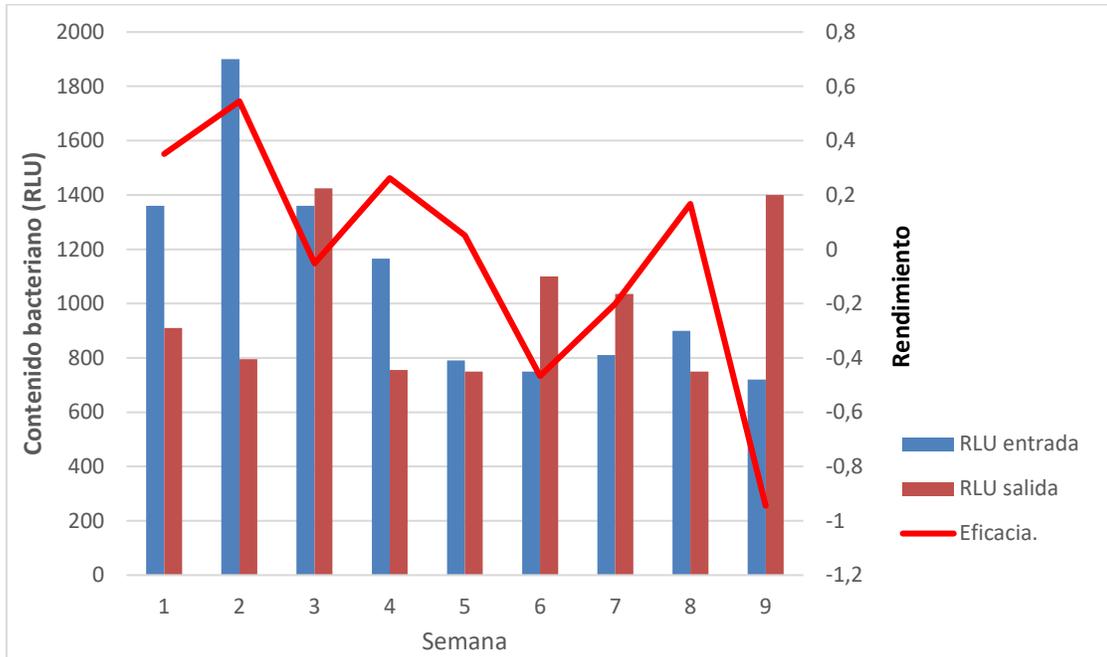


Figura 19. Datos de RLU de la entrada y la salida del equipo Sonoxide

Por contraste con los datos de la figura 19, en la figura 20 podemos apreciar cómo el equipo de ultravioleta y ultrasonido sí que tiene un efecto positivo en la reducción de la población de bacterias.

En la figura 20 se ha representado de color azul el contenido en bacterias que se encuentran en la piscina de inmersión y de color rojo las que se recogen en la medida del escurrido. Se puede observar como en las semanas previas a la instalación del equipo, los valores de la piscina de inmersión tienen una media de 5.400 RLU y de 1.424 RLU en el escurrido, aproximadamente, llegando a picos de 17.600 en la semana 7 y de 7.000 cada 2 semanas.

Tras la instalación del equipo de ultrasonido y UV la semana 21, se observa que la tendencia oscilatoria se mantiene porque las bacterias continúan con su crecimiento habitual, pero se encuentra en unos niveles de 1.300 RLU de media en la piscina de inmersión y de 350 RLU en el escurrido.

Estos valores obtenidos durante la prueba del equipo ultrasonido y UV indican que funciona en la reducción y control de bacterias a niveles inferiores de los que se tenían anteriormente, ya que se observa un cambio de la tendencia en la distribución de los datos obtenidos por Hy-Lite tras la instalación del Sonoxide.

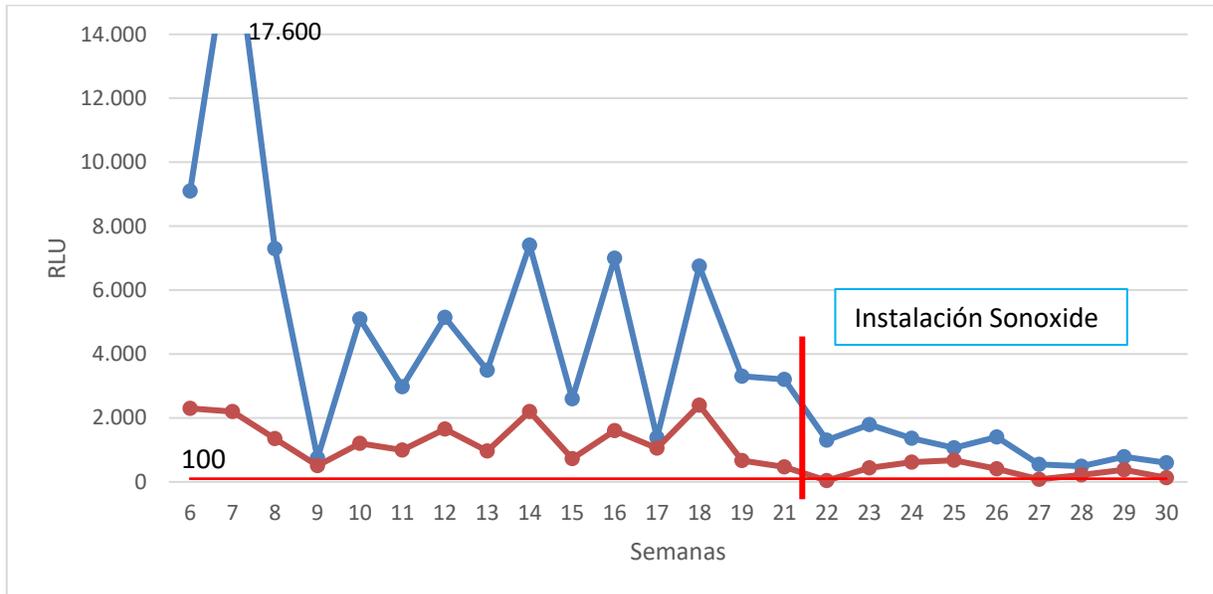


Figura 20. Diferencia de RLU entre Piscina de Inmersión y Ecurrido.

Este efecto se puede observar gracias al caudal de recirculación que es tratado por el equipo. El Sonoxide trata entre 10 y 35 m³/h, por ello, el descenso de RLU en la piscina de inmersión se ve reflejado. La media en el contenido microbiano tras la instalación del Sonoxide es superior a la mínima establecida para la viabilidad del proceso. Sin embargo, estos datos se obtienen tras la inmediata instalación del nuevo sistema, por lo que se recomienda el estudio de las fuentes de bacterias, así como la optimización de los parámetros del proceso, asegurando un contenido de bacterias viable para la instalación en los procesos de producción.

8. CONCLUSIONES

- La eliminación de las bacterias en un sistema de este tipo es muy compleja debido a la elevada cantidad de fuentes bacterianas a controlar. Por ello, es necesario mantener los niveles estables en el proceso mediante el control del aporte de agua y del crecimiento de la población de bacterias en los lavados del pretratamiento y en cataforesis.
- El cartucho de prefiltrado retiene de manera efectiva las bacterias, registrando un rendimiento promedio del 88%, aceptable según los límites establecidos.
- El Sonoxide muestra niveles de rendimiento no coherentes respecto del sistema de medida en cuanto a la entrada y la salida del Sonoxide, debido posiblemente a la incompatibilidad de este método bactericida con el método de medida utilizado.
- Los valores de RLU obtenidos en la piscina de inmersión y en el escurrido, sin embargo, muestran descensos significativos en el contenido bacteriano tras la instalación del Sonoxide, aun viéndose valores por encima de los límites establecidos.
- Se puede concluir de este estudio que la efectividad del sistema inicial de filtrado tiene mayor efectividad que el sistema Sonoxide. Sin embargo, se recomienda adaptar los sistemas de medida y los protocolos de limpieza y toma de muestra y optimizar los parámetros del proceso para obtener resultados representativos y fiables de los procesos en vías de implantación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) <http://www.mcautomocion.es/sector-automocion-nivel-mundial/>
- (2) http://economia.elpais.com/economia/2014/08/21/actualidad/1408642347_846697.html?rel=mas
- (3) <http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/6876443/07/15/El-sector-del-automovil-se-situa-como-el-segundo-exportador-de-Espana.html>
- (4) <http://www.ford.es/AcercadeFord/NuestraCompania>
- (5) <http://www.autobild.es/coches/ford/historia>
- (6) <https://www.pruebaderuta.com/historia-de-ford.php>
- (7) <http://www.definicionabc.com/historia/fordismo.php>
- (8) <https://es.slideshare.net/veronicaalejandraramos/taylorismo-y-fordismo-veronica-ferreira-6-economia-liceo-n5>
- (9) <http://www.lasprovincias.es/comarcas/201503/28/ford-cambio-historia-almussafes-20150328001723-v.html>
- (10) <http://valenciacars.blogspot.de/2016/10/40-anos-factoria-ford-almussafes.html#!/2016/10/40-anos-factoria-ford-almussafes.html>
- (11) <https://www.proyectainnovacion.com/2015/01/08/aclarando-conceptos-sobre-lean-manufacturing/>
- (12) <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>
- (13) FPS Standard Guide (Documentación interna de Ford)
- (14) <http://www.quimicadni.es/tratamiento-piezasmetalicas-introduccion.html>
- (15) <https://www.ecured.cu/Electrodeposici%C3%B3n>
- (16) <http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/electrodeposicion>
- (17) <https://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/4456-sabes-que-es-la-cataforesis>
- (18) Curso de cataforesis de BASF en Ford Almussafes

Documento 2:
PRESUPUESTO

1. CAPÍTULO 1: COSTE DE EQUIPOS

1.1.1. CARTUCHO ELECTROSTÁTICO.

Tabla 1. Costes del equipo de filtrado por cartuchos PALL

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
E1	Ud.	Portador prefiltro	1.680,00	1	1.680,00
E1	Ud.	Trípode	99,00	1	99,00
E1	Ud.	Portador filtro	3.440,00	2	6.880,00
E1	Ud.	Bolsas polipropileno	6,50	50	325,00
E1	Ud.	Cartucho Ultipor GF Plus	389,00	16	6.224,00
				Total	15.208,00

1.1.2. ULTRASONIDO Y ULTRAVIOLETA

Tabla 2. Costes del equipo de limpieza por ultrasonidos y ultravioleta (Sonoxide)

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
E2	mes	Equipo Sonoxide	1.075,00	6	6.450,00
E2	kWh	Potencia	95,04	6	570,24
				Total	7.020,24

2. CAPÍTULO 2: COSTE DE MATERIALES

Tabla 3. Coste de los materiales.

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
M	Ud.	Hisopos Hy-Lite	2,03	50	101,50
M	Ud.	Laminocultivos Cultimed	58,00	20	1.160,00
				Total:	1.261,50

3. CAPÍTULO 3: COSTE DE INGENIERÍA

Tabla 4. Costes del capítulo de ingeniería.

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
I	h	Experimentación analítica	30	150	4.500,00
I	h	Desarrollo TFG	30	125	3.750,00
I	h	Búsqueda Bibliográfica	30	25	750,00
				Total:	9000,00

4. COSTES TOTALES

Tabla 5. Costes totales.

Ref.	Capítulo	Descripción	Importe (€)
E1	1	Equipo PALL	15.208,00
E2	1	Equipo Sonoxide	7.020,24
M	2	Material de medida	1.261,00
I	3	Trabajo de ingeniería	9.000,00
Total:			32.489,24