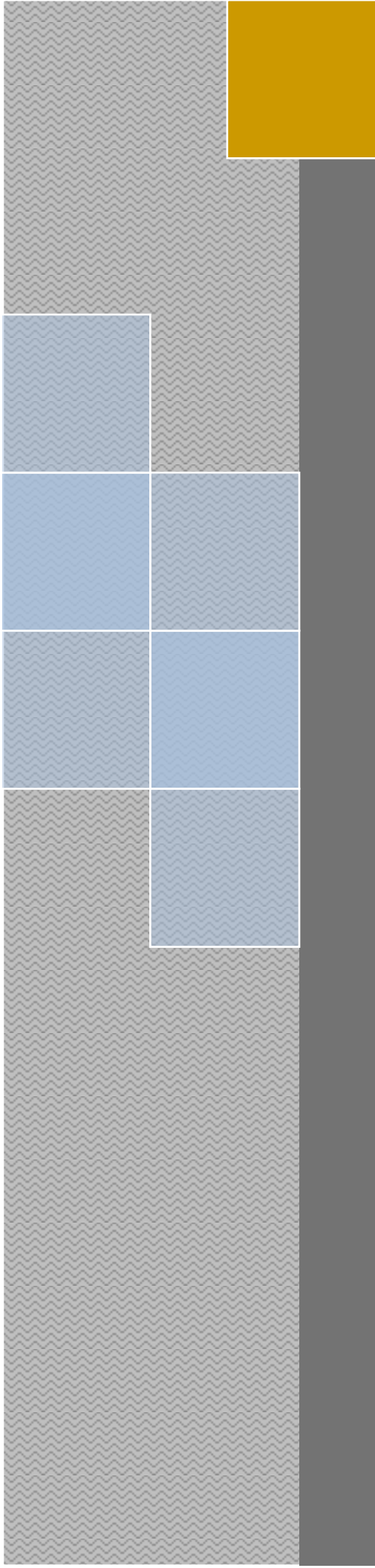




INDIMED

Incorporación del factor de sostenibilidad ambiental a través de la industria 4.0 en las empresas del sector de recubrimientos metálicos

Programa: Líneas de I+D independiente del Plan de Actividades de carácter no económico de AIDIMME

Entregable E.1: Resumen de resultados

Breve descripción.

En el presente documento se incluye una recopilación de las principales tareas llevadas a cabo durante la ejecución del proyecto INDIMED, con el objetivo de difundir sus resultados.

Realizado por:
AIDIMME



GENERALITAT
VALENCIANA

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

INDICE

1	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	4
2	Actividades realizadas	4
3	Alcance	5
4	Introducción	5
4.1	Sector de recubrimientos metálicos	5
4.1.1	Generalidades.....	5
4.1.2	Operaciones unitarias.....	7
4.1.3	Aspectos ambientales.....	10
4.2	Indicadores.....	12
4.3	Parámetros y variables.....	14
4.4	Programa de seguimiento	15
4.5	Sensores / Electrodo selectivos	16
4.5.1	Sensores Ion selectivo	16
4.5.2	Puente de Wheatstone.....	16
4.6	Sistemas de control de datos	18
5	Desarrollo del trabajo.....	20
5.1	Identificación de procesos unitarios del sector de recubrimientos metálicos	20
5.2	Identificación de aspectos ambientales por cada proceso unitario	20
5.3	Identificación de parámetros descriptivos y variables de cada aspecto considerado	21
5.3.1	Vertidos	21
5.3.2	Residuos.....	21
5.3.3	Emisiones.....	22
5.4	Identificación de sensores / electrodos selectivos	22
5.4.1	Vertidos	22
5.4.2	Emisiones.....	22
5.4.3	Medición de los residuos.....	23
6	Resumen. Conclusiones.....	24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PIEZA OXIDADA.....	6
FIGURA 2. ESQUEMA DE CELDA ELECTROQUÍMICA	7
FIGURA 3. DISTINTOS RECUBRIMIENTOS APLICADOS A PIEZAS	8
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DE ARRASTRE A LA SALIDA DE UN BAÑO	8
FIGURA 5. REPRESENTACIÓN DE UNA LÍNEA DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS	8
FIGURA 6. ESQUEMA DE UN PROCESO GENÉRICO DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS	9
FIGURA 7. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE ASPECTOS AMBIENTALES DE UN PROCESO GENÉRICO DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS	11
FIGURA 8. PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL DE TOMA DE DATOS.....	14
FIGURA 9. TOMA DE DATOS AUTOMÁTICA	15
FIGURA 10: BIG BAG UTILIZADO PARA CONTENER RESIDUOS.....	17
FIGURA 11. ESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN. FUENTE: INDUCTIVE AUTOMATION	19
FIGURA 12: POSICIÓN SENSORIZACIÓN DE LAS EMISIONES.	23
FIGURA 13: MEDICIÓN DE LOS RESIDUOS POR VOLUMEN.....	24

1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

El objetivo general del proyecto es posibilitar el control y la planificación de la mejora continua de la sostenibilidad ambiental en los procesos de recubrimientos metálicos a través de la industria 4.0, contribuyendo así a la economía circular del tejido productivo.

Dicho objetivo general se logrará a través de los siguientes objetivos específicos:

- Estudio de procesos unitarios de las empresas del sector de recubrimientos metálicos.
- Identificar los aspectos ambientales generados por las empresas del sector de recubrimientos metálicos que tengan incidencia en la sostenibilidad ambiental.
- Identificar variables ambientales generadoras de los indicadores de desempeño operacional.
- Selección de variables potencialmente controlables y monitorizables con las soluciones tecnológicas existentes actualmente en el mercado.
- Definir indicadores de desempeño operacional que aseguren un adecuado seguimiento de la actividad ambiental de las empresas de recubrimientos metálicos.

2 Actividades realizadas

En este proyecto se han realizado las siguientes actividades:

- Actividad 1. Identificar procesos unitarios del sector de tratamiento de superficies
- Actividad 2. Identificar por cada proceso unitario los aspectos ambientales, tanto a la entrada del proceso (consumo de recursos) como a la salida (corrientes residuales: emisiones, vertidos, residuos, etc).
- Actividad 3. Identificar parámetros descriptivos y variables de cada aspecto considerado
- Actividad 4. Identificar sondas y/o sensores para cada parámetro/variable.
- Actividad 5. Seleccionar sondas y sensores adecuados para realizar la medición de los parámetros/variables.
- Actividad 6. Seleccionar dispositivo de adquisición y visualización.

En las siguientes anualidades además se realizarán las siguientes actividades:

- Actividad 7. Diseño sistemas de adquisición y visualización de datos.
- Actividad 8. Programación de los dispositivos de adquisición y visualización para poder
- Actividad 9. Realizar una prueba piloto para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

3 Alcance

Se considera como recubrimientos metálicos las capas metálicas depositadas de forma electroquímica sobre un sustrato metálico, siguiendo las directrices marcadas en el Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para el tratamiento de superficies metálicas y plásticas (Comisión Europea, 2006a) no se incluirían los procesos siguientes:

- El endurecimiento
- Otros tratamientos de superficie físicos como la deposición de metales en fase de vapor,
- La galvanización por inmersión en caliente
- La aplicación de pintura

El presente proyecto tampoco contempla el recubrimiento metálico sobre superficies no metálicas (plástico).

4 Introducción

4.1 SECTOR DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

4.1.1 GENERALIDADES

Los metales, generalmente, al exponerse a la acción del ambiente, sufren alteraciones tanto físicas como químicas que los deterioran, reduciendo su utilidad produciendo incluso su degradación física. La mayoría de alteraciones se engloban bajo el concepto de corrosión.

Para evitar la corrosión, entre otras soluciones, se suelen emplear capas metálicas protectoras que aíslan el metal base del oxígeno ambiental. Aunque dichas capas también sirven para obtener otro tipo de propiedades tanto protectoras como decorativas. La aplicación de dichas capas se engloba en el término genérico de “recubrimientos metálicos”.

El sector de recubrimientos metálicos se define como un sector que incluye actividades productivas que modifican una superficie metálica utilizando diversos métodos para obtener recubrimientos especiales o acabados dependiendo del uso posterior del material (Valero & Tucker, 2012).



Figura 1. Pieza oxidada

Este sector engloba una amplia variedad de procesos mediante los cuales se proporcionan nuevas propiedades a la superficie metálica (Comisión Europea, 2006b), con el fin de mejorar su estética y brillo, mejorar su dureza y resistencia al desgaste, prevenir la corrosión y como base para mejorar la adhesión de otros tratamientos.

Es necesario aclarar que, el sector de recubrimientos metálicos no forma en sí un sector vertical diferenciado (Comisión Europea, 2006a) pero proporciona servicio a un amplio rango de industrias como automoción, electrodomésticos, ordenadores, etc.

La estructura del mercado se puede dividir en los siguientes grupos: automoción 22%, construcción 9%, envases de alimentos y bebidas 8%, industria eléctrica 7%, electrónica 7%, semiproductos de acero (componentes para conjuntos) 7%, equipos industriales 5 %, sector aeroespacial 5%, otros 30%. (Comisión Europea, 2006a).

Como se puede observar, los componentes recubiertos varían en un amplio rango en el que se pueden encontrar desde tornillos y tuercas hasta rollos de acero para fabricar carrocerías de coches.

El sector de recubrimientos metálicos utiliza una gran variedad y cantidad de sustancias peligrosas, que en muchos casos no forman parte del producto final, sino que se transforman en corrientes residuales (vertidos, emisiones, residuos, etc) y que finalmente son liberadas al medio ambiente. (Telukdarie, Buckley, & Koefoed, 2006)(Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2010)

Generalmente el recubrimiento metálico se realiza sobre piezas ya fabricadas después de haber realizado operaciones de conformado, mecanizado, etc. Por tanto, el dicho proceso se puede definir como la operación final aplicada a la superficie de una pieza metálica.

El sector de recubrimientos metálicos en Europa, está formado mayoritariamente por PYMES que generan unos 30 billones de euros anuales, y suponen unos 330.000 puestos de trabajo en 22.000 empresas a lo largo de los países de la unión europea (Alkaya & Demirer, 2014). En España este sector está caracterizado por su elevada atomización (Ministerio de Medio

Ambiente Medio Rural y Marino, 2009) con una estructura empresarial dominada claramente por la presencia de pequeñas y medianas empresas, con un tamaño medio de 6,9 empleados.

4.1.2 OPERACIONES UNITARIAS

Los procesos de recubrimientos metálicos están basados en procesos electroquímicos, donde la corriente eléctrica (US EPA, 1996) se utiliza para oxidar o reducir iones metálicos dando lugar a un recubrimiento superficial, tal y como se muestra en la celda electroquímica.

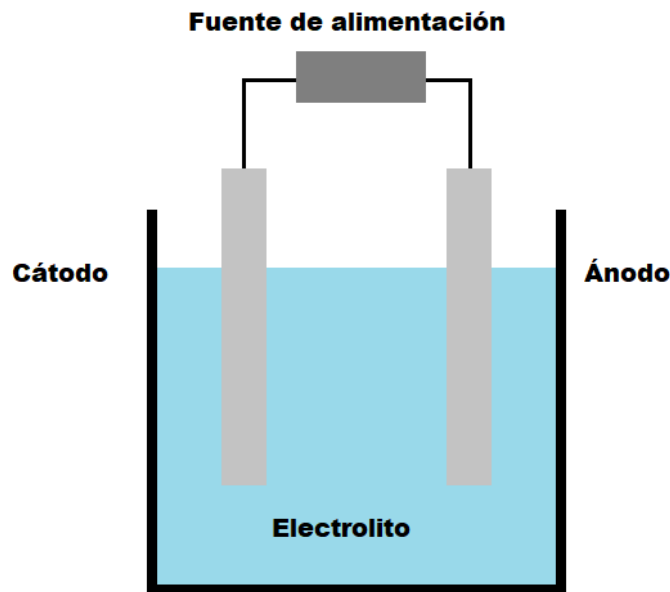


Figura 2. Esquema de celda electroquímica

Los recubrimientos metálicos por electrodeposición se consiguen pasando una corriente eléctrica a través de una disolución de sal que contiene el ion del metal a depositar.

El objeto metálico a recubrir suele servir como cátodo de la celda electroquímica atrayendo a los iones de la disolución. De esta forma, cuando el objeto metálico se sumerge en un baño acuoso que contiene diversos reactivos, la corriente eléctrica reacciona con las sales disueltas, depositándolas sobre la superficie metálica, para lograr el acabado superficial deseado. El proceso puede ser manual o automático en función del nivel de sofisticación y la modernización de la instalación.

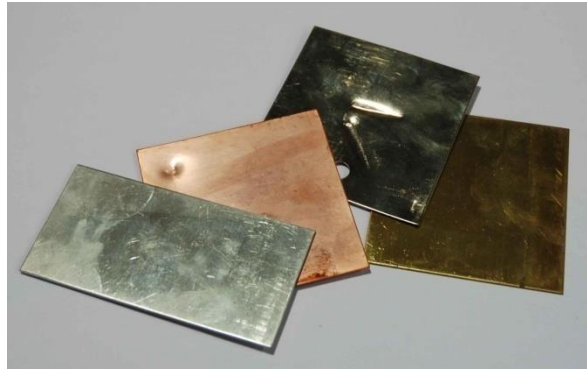


Figura 3. Distintos recubrimientos aplicados a piezas

El tratamiento de superficie incluye 3 pasos básicos:

- Limpieza o preparación de las superficies (que puede incluir el uso de disolventes, limpieza alcalina, limpieza ácida, etc)
- Modificación de la superficie que implica algunos cambios superficiales como aplicación de una capa metálica o generación de una capa de conversión
- Enjuagues, cuyo objetivo es la eliminación (mediante disolución) de las especies arrastradas por las piezas a la salida de un baño, que forman una película sobre la superficie de las piezas (Ribera-Ferrando & Bosch-Mossi, 2006).



Figura 4. Representación de arrastre a la salida de un baño

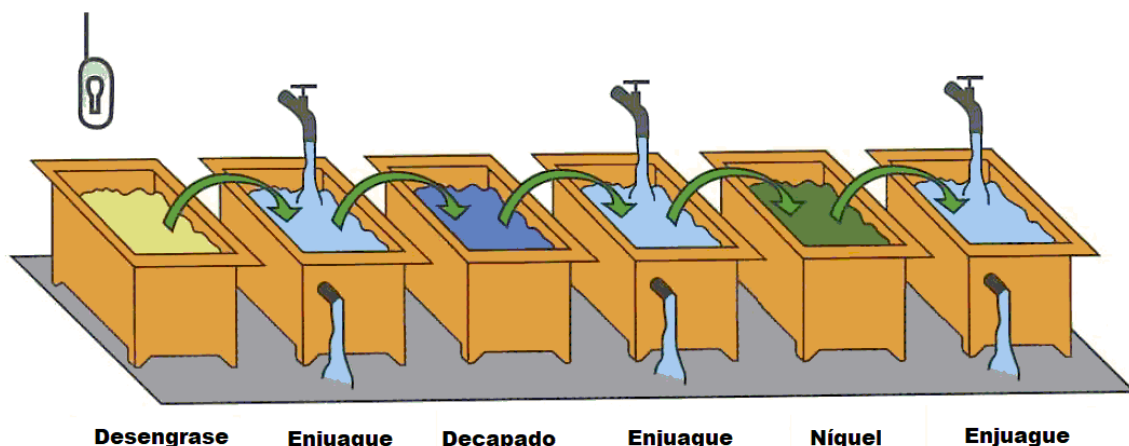


Figura 5. Representación de una línea de recubrimientos metálicos

Los objetos metálicos de materiales ferrosos y no ferrosos se pueden recubrir con una gran variedad de metales como latón, bronce, cobre, cromo, cinc, oro, plata, etc.

El proceso está regulado mediante el control de una serie de parámetros como voltaje, intensidad, temperaturas, tiempo y concentración del baño.

Los baños suelen ser disoluciones acuosas, por tanto sólo aquellos metales que puedan ser reducidos a partir de soluciones acuosas de sus sales podrán ser electrodepositados.

A continuación se muestra de forma esquemática un proceso genérico de tratamiento de superficie:

ALCANCE DEL PROYECTO

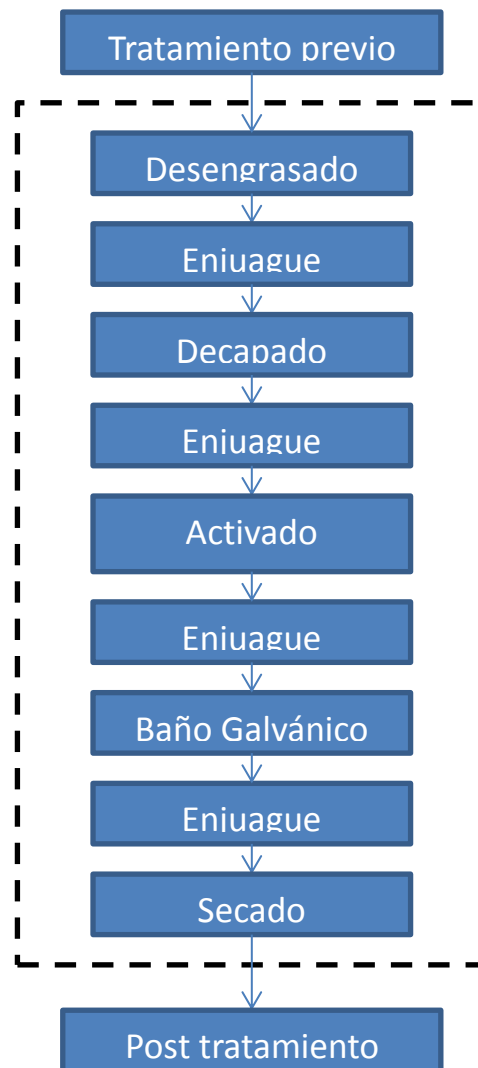


Figura 6. Esquema de un proceso genérico de recubrimientos metálicos

4.1.2.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

En todo proceso de recubrimientos metálicos, se requiere previo al baño metálico un tratamiento de preparación superficial con el fin de eliminar grasas, aceites, óxidos, etc. que podrían dificultar o impedir la adhesión del recubrimiento. Normalmente estos elementos extraños proceden de los tratamientos de conformado que se encuentran fuera del alcance del presente proyecto.(UNEP, 2002).

Desengrase alcalino

Desengrase al disolvente

Baño de decapado

4.1.2.2 BAÑOS GALVÁNICOS

En función del material a recubrir y de las características finales del recubrimiento se emplean diversas técnicas y materiales. El mecanismo genérico consiste en sumergir la superficie a recubrir en un electrolito que posee los iones del metal a depositar.

La pieza a recubrir es el cátodo de la celda electrolítica y el ánodo (de gran pureza) está formado por el metal a depositar. La disolución continua del ánodo mantiene constante la concentración de iones en disolución.

- Baño de cinc (Valero & Tucker, 2012)
- Baño de cobre
- Baño de níquel
- Baño de cromo
- Otros acabados decorativos

4.1.3 ASPECTOS AMBIENTALES

Los aspectos medioambientales se refieren a aquellos elementos asociados a una actividad, producto o servicio que pueden ejercer un impacto beneficioso o adverso sobre el medio ambiente. Los aspectos medioambientales directos abarcan las actividades de una organización sobre las que esta última tiene control de la gestión. (Whitelaw, 1997). La identificación de aspectos ambientales de las operaciones de una organización es uno de los procesos iniciales en la implantación de un sistema de gestión ambiental. (Susanto & Mulyono, 2018).

La norma ISO 14001:2015 considera que deberían tenerse en cuenta al menos los siguientes aspectos (ISO, 2015):

- Emisiones a la atmósfera
- Vertidos al agua
- Descargas al suelo
- Uso de materias primas y recursos naturales

- Uso de energía
- Energía emitida, por ejemplo: calor, radiación, vibración
- Residuos y subproductos

El impacto ambiental que presentan las empresas de recubrimientos metálicos es elevado, ya que generan corrientes residuales basadas en emisiones atmosféricas, vertidos, residuos. El consumo de recursos tampoco es despreciable ya que emplean gran cantidad de productos químicos como ácidos, bases, sales de metales pesados, etc y además emplean una gran cantidad de energía eléctrica necesaria para el proceso de electrodeposición.

En el sector de recubrimientos metálicos se originan unas corrientes residuales que proceden, principalmente, de las pérdidas de materias primas derivadas de su actividad. (Departament de Medi Ambient, 2003). Las pérdidas proceden de cambios de baños, arrastres de las piezas, etc. La necesidad de enjuagar las piezas a la salida de los baños para diluir los arrastres genera un agua residual contaminada por los componentes presentes en los baños.

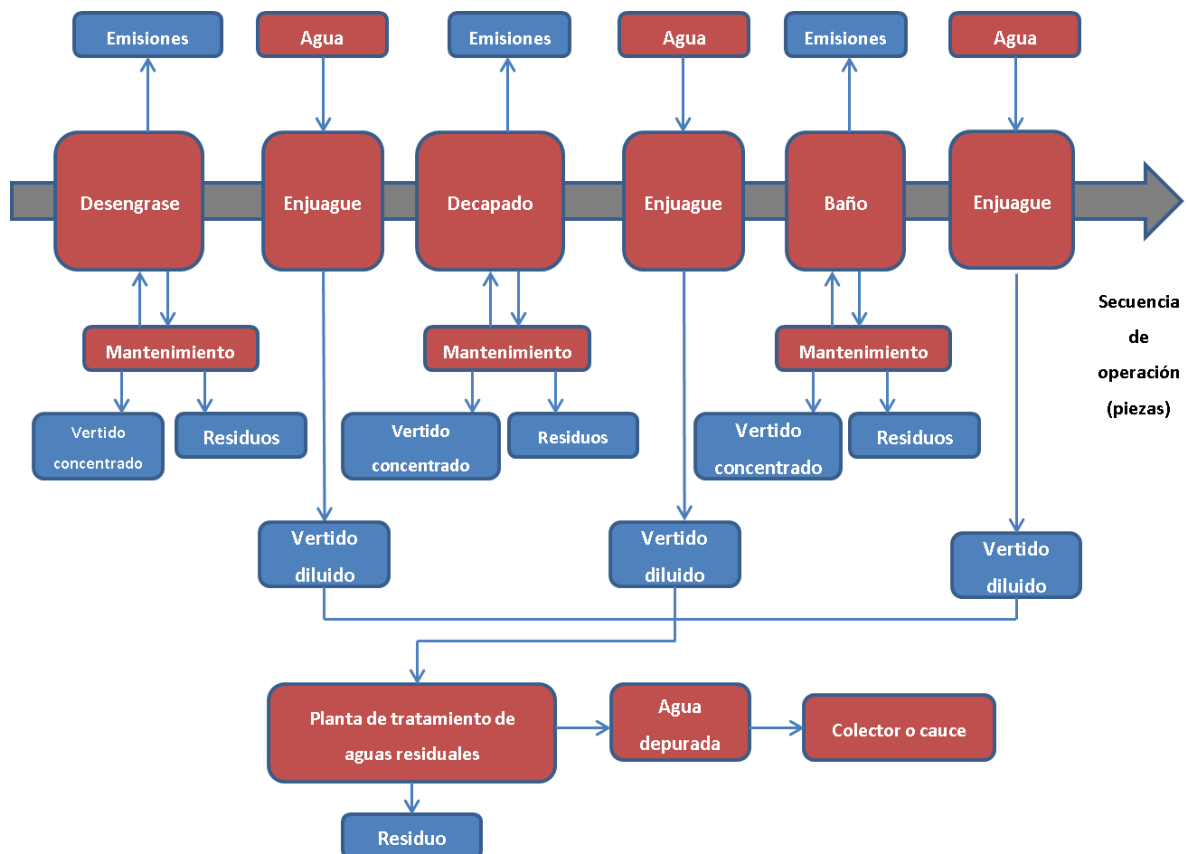


Figura 7. Esquema simplificado de aspectos ambientales de un proceso genérico de recubrimientos metálicos

(adaptado de IHOBE (1997))

4.2 INDICADORES

Un indicador es un valor observado que es representativo de un fenómeno de estudio. En general un indicador cuantifica información mediante la agregación de datos diferentes y múltiples (Gabrielsen & Bosch, 2003).

Un indicador proporciona información de forma cuantitativa, implica cantidades sobre ciertos aspectos que pueden ser medidos. Por ejemplo, la EPA considera que un indicador debe ser un valor numérico cuantitativo basado en un dato actual medido (Turner & Canter, 2008). Los indicadores también proporcionan información de una forma simple y fácilmente entendible que estadísticas complejas u otro tipo de datos económicos o científicos. (Hammond, Adriaanse, Rodenburg, Bryant, & Woodward, 1995)

Los indicadores ambientales constituyen un instrumento útil para análisis y difusión de la mejor información disponible, ayudando a describir fenómenos complejos y sintetizando una gran cantidad de datos que, de otro modo, sería muy difíciles de entender.

Estos indicadores son una herramienta valiosa para realizar el seguimiento ambiental de una organización, y también para integrar la toma de decisiones económica y ambiental, para analizar políticas ambientales y para medir los resultados. Los indicadores también contribuyen al objeto más amplio de presentar informes sobre desarrollo sostenible. (Secretariat of development OCDE, 1998).

Un indicador permite conocer una variable con un grado razonable de incertidumbre y revela y proporciona evidencia, y su importancia se extiende más allá de lo que realmente se mide, constituyendo un fenómeno de interés más amplio. (Donnelly, Jones, O'Mahony, & Byrne, 2007)

Los indicadores tienen dos características definidas:

- Cuantifican información de forma que su significancia es más aparente
- Simplifican información sobre fenómenos complejos para mejorar la comunicación

Los indicadores ambientales reflejan tendencias en el estado del medio ambiente y permiten seguir el progreso y el cumplimiento de los objetivos ambientales. La principal función de los indicadores es la comunicación, los indicadores deben ser capaces de proporcionar información sobre los conceptos a los que se dirigen. Proporcionan información sobre fenómenos que se consideran típicos y/o críticos para una buena calidad ambiental. (European Environmental Agency, 1999)

El formato en el cual los indicadores aparecen puede llevar a una comunicación efectiva. Las representaciones gráficas pueden ayudar a los usuarios a visualizar información clave y pueden acortar explicaciones textuales.

Los indicadores ambientales para que sean efectivos deben tener los siguientes requisitos: (Piore, 2003)(Secretariat of development OCDE, 1998)

Alcance de indicadores

- Informar sobre el estado y desarrollo de sistemas complejos
- Proporcionar suficiente información sobre uso sostenible de recursos
- Ser receptivo a los cambios que indican de forma rápida el éxito o fracaso de las actividades
- Mostrar tendencias a lo largo del tiempo
- Ser indicadores paraguas que resumen diferentes procesos y/o impactos

Representatividad

- Proporcionar una imagen representativa de las condiciones ambientales y las presiones o respuesta de la sociedad
- Ser simple y fácil de interpretar por distintos usuarios
- Proporcionar una base para establecer comparaciones en espacio y tiempo
- Orientar en la toma de decisiones

Análisis

Los indicadores deben:

- Estar fundados en términos técnicos y científicos
- Estar basados en normas internacionales y en consenso internacional sobre su validez
- Estar enlazados a modelos económicos y a sistemas de previsión e información

Requisitos de medida de datos

- Tienen que ser controlables
- Fácilmente disponibles o disponibles en una relación razonable coste/beneficio
- Calidad adecuadamente conocida o documentada
- Actualizada a intervalos regulares de acuerdo con procedimientos de confianza
- Tener un valor límite o de referencia contra el cual compararlo, de forma que los usuarios sean capaces de evaluar el significado de los valores asociados con ellos.

Por su naturaleza, los indicadores son una instantánea de un sistema en continuo cambio, mientras que la evaluación que acompaña a los indicadores puede resaltar las relaciones dinámicas.

Los indicadores son sólo una herramienta para la evaluación, se requiere una interpretación científica y orientación política para que los indicadores adquieran su completo significado. Los indicadores a menudo necesitan ser complementados por otra información científica y cualitativa, especialmente explicando las fuerzas detrás de los cambios del indicador que forman parte de su evaluación. (Secretariat of development OCDE, 1998)

Los indicadores se construyen a partir de un marco teórico, donde se establecen entre otros los fenómenos a medir.

4.3 PARÁMETROS Y VARIABLES

Los indicadores desarrollados en el presente documento están basados en los parámetros y variables físicos, químicos y físico-químicos. Están relacionados con los aspectos ambientales relativos a la contaminación, al aire, al suelo y al agua. Indican el estado o la situación actual de dichos parámetros aunque su valor cuantitativo se puede seguir en el tiempo para establecer tendencias y los correspondientes cambios en los niveles de consumo y en los esquemas de producción.

Estos indicadores cuantitativos pueden utilizarse para el seguimiento de objetivos, para el cumplimiento de límites legales y para el cálculo de otros parámetros como factores de riesgo ambientales.

Tal y como están descritos se basan en concentraciones de parámetros químicos (vertidos y emisiones) o cantidad de sustancias producidas (residuos), y reflejan la calidad de agua y aire o la cantidad de residuos que acabarán depositándose en vertedero.

Estos datos se han obtenido entre otros de condicionados de Autorizaciones Ambientales Integradas, ordenanzas de vertidos de ayuntamientos, legislación vigente en diversas materias, etc. y son los principales aspectos ambientales indicados en sistemas de gestión ambiental como ISO 14001 o EMAS.

El formato cuantitativo definido (transformable en valores numéricos) facilita el tratamiento posterior de los datos por ejemplo mediante tablas o representaciones gráficas que pueden ayudar a los usuarios a visualizar información clave y acortar explicaciones textuales.

La elección de los parámetros anteriormente mencionados se debe a los siguientes motivos, tal y como indica Piorr (2003): ser controlables, estar disponibles, ser de calidad conocida, tener un valor límite de referencia.

Estos datos ya obran en poder de las empresas de tratamiento de superficie, ya que son exigidos en otro tipo de trámites administrativos como por ejemplo: planes de autocontrol de vertido, controles de emisiones atmosféricas obligatorios, libro de registro de residuos peligrosos, planes de gestión de disolventes, registro PRTR, etc. Por tanto esto no va a suponer un esfuerzo adicional a las empresas del sector.

A continuación se muestra en forma de esquema el procedimiento convencional:

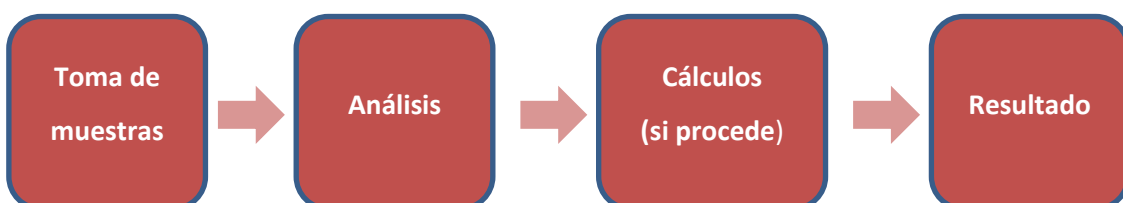


Figura 8. Procedimiento convencional de toma de datos

Se pretende en este proyecto que el resultado se obtenga directamente de la lectura de una sonda:



Figura 9. Toma de datos automática

La principal limitación es la ausencia de sondas para todos los parámetros previstos, por tanto se deberán seleccionar los parámetros más significativos con el fin de obtener la mayor información posible.

4.4 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

Una vez establecido los indicadores, se debe definir un programa de seguimiento, ya que el seguimiento permite conocer el estado de un sistema, proceso o actividad. Con este seguimiento se puede visualizar la tendencia seguida por los indicadores con el fin de tener un control constante del proceso o sistema y mejorar las decisiones.

Para establecer un seguimiento, hay que determinar una escala de tiempo adecuada para que los cambios se puedan detectar con facilidad. En ocasiones, la frecuencia de toma de datos viene impuesta por la propia legislación, las autorizaciones o las condiciones de funcionamiento.

Los parámetros que cambian lentamente pueden ser medidos con menor frecuencia, mientras que las variables que más fluctúan requieren mayor frecuencia para identificar cambios significativos. En función del parámetro, el intervalo entre medidas consecutivas puede ser desde meses hasta años.

Hay que distinguir también la recogida de datos y la periodicidad del análisis de datos, estos dos tiempos puede ser diferentes, pero es necesario establecer una rutina en el análisis de los datos.

Con estos datos se puede visualizar la tendencia seguida por los indicadores, con el fin de tener un control constante del proceso o sistema y mejorar las desviaciones cuando se produzcan. Esto permite además tener una línea base y poder seguir o predecir los cambios.

4.5 SENSORES / ELECTRODOS SELECTIVOS

Los sensores son dispositivos capaces de detectar y responder ante diferentes parámetros como luz, el calor, la humedad, el movimiento, la concentración o cualquiera de otras muchas propiedades.

Los sensores transforman variaciones de los parámetros (las señales primarias de reconocimiento: eléctricas, ópticas, térmicas o de masa) en una señal medible, normalmente una señal eléctrica capaz de ser transformada en datos numéricos, que proporcionan una medida sobre el parámetro en cuestión.

Los sensores constan básicamente de tres partes:

- Un área sensible
- Un circuito de procesamiento
- Una señal de salida a un sistema de control

4.5.1 SENSORES ION SELECTIVO

En el caso del presente proyecto, la parte sensible es un electrodo selectivo. El desarrollo de electrodos selectivos es una alternativa al análisis convencional y permite obtener niveles de exactitud del 2 – 3% para la concentración de algunos iones.

El funcionamiento de los electrodos selectivos está basado en la respuesta selectiva a la concentración de una especie presente en disolución. (Álzate-Rodríguez, Montes-Ocampo, & Escobar-Escobar, 2012)(Argango-Pulgarin & Pérez-Naranjo, 2005)

El electrodo está formado por una membrana que separa la muestra problema y el interior del electrodo que contiene una solución con actividad constante del ion de interés. La parte externa está en contacto con la muestra de composición variable. La diferencia de concentración entre ambos lados de la membrana crea una diferencia de potencial medible que es proporcional a la concentración del parámetro en cuestión. Idealmente la concentración de la muestra es una función del logaritmo del cociente de actividades entre las dos soluciones en contacto con la membrana.

4.5.2 PUENTE DE WHEATSTONE

Además de la concentración de parámetros, resulta interesante monitorizar los residuos sólidos generados durante nuestro proceso. Dichos residuos, se almacenan en unos recipientes, conocidos como big bag, de donde son recogidos posteriormente por el gestor de residuos.



Figura 10: Big bag utilizado para contener residuos

Con el fin de poder monitorizar la generación de los residuos se propone emplear un sensor de peso, de forma que se pueda controlar la evolución de los residuos. Para ello se propone emplear un sensor de presión empleando para su adquisición un puente de Wheatstone.

El puente de Wheatstone es un circuito eléctrico empleado para diversas aplicaciones tales como detectores de luz o detectores de presión.

Para estas configuraciones se emplea típicamente una, o varias en función de la configuración del puente que se emplee, resistencias variables. La resistencia variable puede ser de diferentes tipos, pero generalmente se emplea una galga extensiométrica o un sensor de presión.

Estos dispositivos tienen una resistencia conocida cuando se encuentran en reposo y que varía cuando se aplica una fuerza sobre ello. Empleando un puente de Wheatstone y uno de estos dispositivos se puede conocer el peso de los residuos.

4.6 SISTEMAS DE CONTROL DE DATOS

Una vez obtenidos los datos se debe administrar una gran cantidad de información, esta tarea se puede complicar en exceso por lo que se requiere algo más que la utilización de hojas de cálculo o registros en papel.

La mejor forma de tratar estos datos es mediante un programa de supervisión y adquisición de datos denominados genéricamente SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), estos programas no sólo supervisan y controlan los sistemas de medida, sino que también se encargan de la gestión de la información.

De esta forma, la información se recoge en campo, se actualiza on-line y se recoge en una sola base de datos. El acceso a la información puede ser restringido, lo que facilita la gestión y administración de la información dentro del sistema.

A continuación se muestra una lista de los principales componentes de un sistema de control de datos (Stouffer, Falco, & Kent, 2006):

Servidor de control: Está diseñado para comunicarse con dispositivos de control de menor nivel.

Servidor SCADA: Actúa como el servidor principal del sistema, al que se conectan todos los terminales.

Unidad terminal remota (RTU): Su función es la toma de datos, son unidades de campo dotadas de sistemas inalámbricos

Controladores programables (PLC): es un pequeño ordenador diseñado para realizar funciones secuenciales lógicas (apagado/encendido, contadores, interruptores, etc). Entre sus principales características es que son económicos, flexibles y configurables.

Dispositivos inteligentes electrónicos: son sensores que recogen datos y se comunican con otros dispositivos pudiendo realizar un control y procesamiento local. Se pueden combinar con sensores analógicos de entradas o salidas, y otros sistemas de comunicación.

Interfaz hombre-máquina (HMI). Permite que el ser humano realice el seguimiento del proceso bajo control, modifique parámetros, y controle manualmente el proceso en caso de emergencia. Puede configurar puntos de control y algoritmos. Muestra información actual del proceso, información histórica, informes y cualquier otro tipo de información para operarios, administradores, etc. Puede ser una pantalla, un ordenador portátil, una tablet o cualquier sistema conectado a internet.

Histórico de datos. El histórico es una base de datos centralizada con información de todos los procesos. La información almacenada se puede acceder desde varios soportes analíticos, desde controles de proceso estadísticos, hasta planificación empresarial.

Servidor entrada / salida: Este servidor es el responsable para la recogida, protección y acceso a la información a través de subcomponentes como controladores, unidades remotas, etc. Puede estar en el servidor de control o en un ordenador separado.

A continuación se muestra en forma de esquema la estructura de comunicación del software.

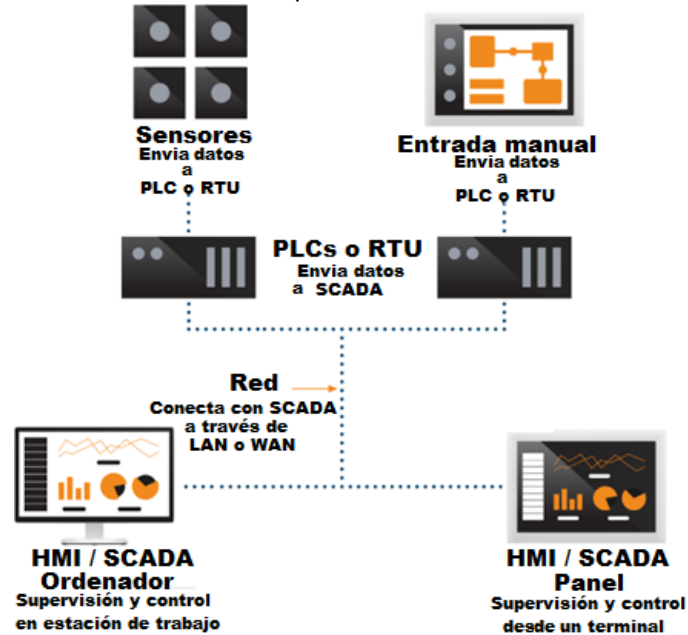


Figura 11. Estructura de comunicación. Fuente: Inductive automation

Estos sistemas tienen como ventajas:

- Proporcionar una plataforma de integración abierta
- Suministrar una base de datos histórica en tiempo real
- Facilitar informes
- Proporcionar alertas remotas
- Gestionar, notificar y optimizar alertas

Los sistemas basados en SCADA, sirven para el seguimiento y control de las aplicaciones industriales, así se asegura que tanto los equipos como los procesos se ejecutan dentro de los límites requeridos. El sistema SCADA es capaz de recoger datos de varios sensores y de equipos de vigilancia y los envía a un ordenador central para su procesamiento.

5 Desarrollo del trabajo

5.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS UNITARIOS DEL SECTOR DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

En este apartado se detallan tanto los procesos de recubrimientos metálicos como los procesos previos necesarios para la preparación superficial.

- Desengrase al disolvente
- Desengrase alcalino
- Baño de decapado
- Baño de cinc
- Baño de cobre
- Baño de níquel
- Latonado y acabados en bronce
- Baños de cromo
- Baños de estaño
- Baños de metales preciosos

5.2 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES POR CADA PROCESO UNITARIO

Una vez se han identificado las operaciones unitarias, se procede a la determinación de aspectos ambientales. Para ello se han estudiado las entradas de cada operación unitaria (materias primas, energía, combustibles) y las salidas (corrientes residuales como vertidos, ruidos, emisiones, etc). (Canales, Cortés, & Martínez, 2004)

Para realizar esta tarea se han utilizado datos bibliográficos, a partir de literatura especializada, y se ha recurrido al conocimiento de técnicos de AIDIMME con amplia experiencia en el sector de recubrimientos metálicos.

Para cada aspecto se ha establecido un código:

- MP: Materias primas
- R: Residuos
- E: Emisiones
- V: Vertidos

5.3 IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS DESCRIPTIVOS Y VARIABLES DE CADA ASPECTO CONSIDERADO

5.3.1 VERTIDOS

La legislación española considera como vertido, “toda emisión de contaminantes que se realice directa o indirectamente a las aguas continentales, así como al resto del Dominio Público Hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada”.(Ministerio para la transición ecológica, 2018)

Los principales vertidos en las empresas de recubrimientos metálicos proceden de los enjuagues posteriores a los baños de pretratamiento o de tratamiento galvánicos, de esta forma se diluyen las sales de los baños que son arrastradas por las piezas. También se consideran vertidos los baños agotados como decapados o desengrases.

Por sus características (alta conductividad, alta concentración en sales, pH extremos, etc) deben ser depuradas previo a su vertido, normalmente las aguas residuales del sector se someten a un tratamiento físico-químico convencional.

Los parámetros de vertido están publicados en las ordenanzas municipales que regulan las condiciones de vertido de aguas residuales a redes de alcantarillado y colectores. Para otro tipo de vertido (cauce público, autorizaciones ambientales integradas, etc) dichos parámetros se encuentran en la propia autorización.

Cada parámetro se determina de una forma diferente que viene regulada en normativa o legislación diversa. Esta medida puede ser directa, por ejemplo a través de una sonda, o puede requerir procedimientos adicionales (por ejemplo: digestión para los cianuros, esperar 5 días para la DBO₅, etc)

5.3.2 RESIDUOS

La legislación española establece que un residuo es cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar. (Ley 22/2011, de 28 de julio). De igual forma, considera un residuo peligroso aquel residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.

Los principales residuos en las empresas de recubrimientos metálicos proceden de lodos de desengrase, lodos de baños, envases que han contenido sustancias químicas, baños agotados que no se dirigen a depuración y los residuos producidos durante el mantenimiento tanto de baños como de instalaciones generales como filtros usados, material absorbente, aceite usado, etc.

Por sus características son residuos peligrosos ya que contienen restos de disolvente, pH extremos, metales pesados, etc. Por lo que deben ser retirados convenientemente por empresas autorizadas.

5.3.3 EMISIONES

Se considera “contaminación atmosférica”, la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. (Ley 34/2007, de 15 de noviembre)

Las principales emisiones atmosféricas proceden de disolventes utilizados para el desengrase de piezas, vapores de baños concentrados (ácidos o básicos), nieblas de baños crómicos, baños cianurados, baños en caliente, así como de operaciones auxiliares como gases de combustión procedentes de hornos o calderas, sistemas de secado, etc.

Estas emisiones generalmente no suelen tener sistemas de depuración, aunque en casos de grandes instalaciones pueden requerir la instalación de lavado de gases tipo “scrubbers”.

Al igual que los vertidos, las emisiones atmosféricas, deben cumplir los límites establecidos por la legislación en materia de contaminación atmosférica. Cada parámetro se determina en función de la legislación aplicable. Como en el caso de los vertidos, las medidas pueden ser directas mediante sondas o indirectas requiriendo procesos adicionales: filtrados, disolución, etc.

5.4 IDENTIFICACIÓN DE SENSORES / ELECTRODOS SELECTIVOS

5.4.1 VERTIDOS

En principio se han buscado electrodos selectivos que están comercialmente disponibles, ya que la creación de sensores específicos está fuera del alcance del presente proyecto. Para ello se ha consultado con expertos en análisis químico y se han consultado catálogos de casas comerciales.

Los principales parámetros de vertidos son pH, conductividad y concentración de metales.

Los precios oscilan en un amplio intervalo desde 20 € la sonda más barata hasta 794 € la sonda de mayor coste.

5.4.2 EMISIONES

Al igual que los vertidos se han buscado sondas de detección de contaminantes que estén comercialmente disponibles, ya que la creación de sensores específicos está fuera del alcance del presente proyecto.

Los principales parámetros de emisión son temperatura, partículas y concentración de contaminantes

Tanto la temperatura de las emisiones, como la concentración de partículas se pueden medir de manera constante, situando los sensores en el interior del foco de emisión, o de forma puntual, insertando tanto el sensor de temperatura como el detector de partículas en el foco a través de una abertura.

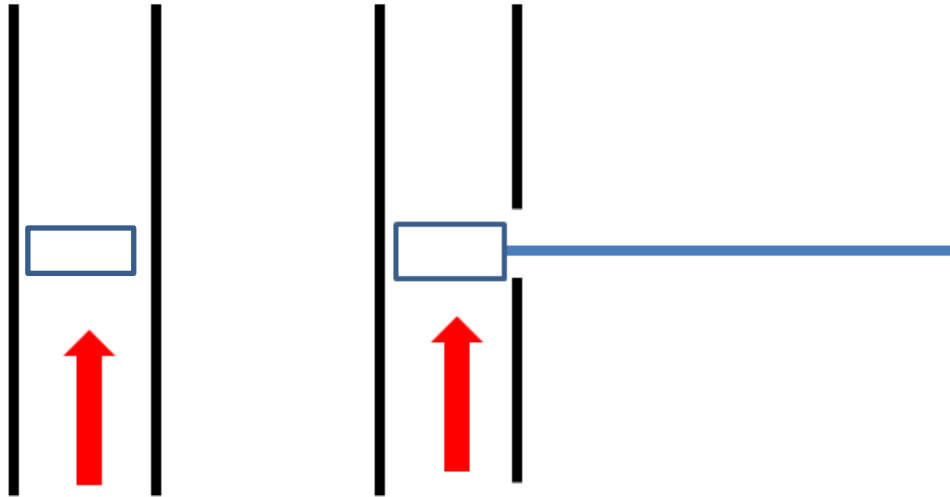


Figura 12: Posición sensorización de las emisiones.

5.4.3 MEDICIÓN DE LOS RESIDUOS.

A diferencia de vertidos o emisiones, no existen límites en cuanto a la producción de residuos, por lo que tomando como base la clasificación anterior podemos determinar dos tipos diferentes de medición de los residuos, medición por volumen y medición por peso.

5.4.3.1 MEDICIÓN DE LOS RESIDUOS POR VOLUMEN.

Para la medición de los residuos por volumen, se propone emplear un sistema de detectores de nivel, de forma que la señal del detector se interrumpa cuando los envases almacenados lleguen a un nivel determinado. Cuando los detectores infrarrojos detecten que los envases superan el nivel establecido se procede a la eliminación de los residuos de la manera adecuada.

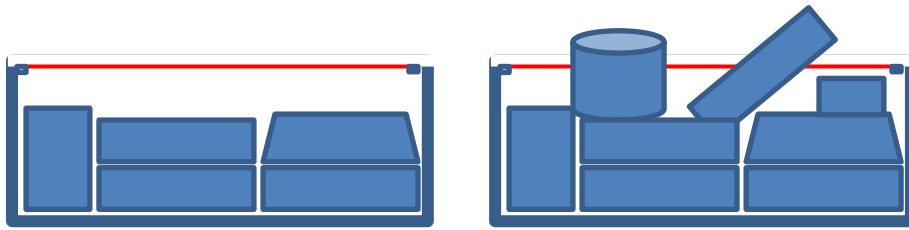


Figura 13: Medición de los residuos por volumen.

5.4.3.2 MEDICIÓN DE LOS RESIDUOS POR PESO.

Además de medir los residuos por volumen, podemos medir los residuos por su peso. Para ello podemos emplear galgas extensiométricas en una configuración de puente de Wheatstone. Esta configuración nos permite conocer la presión que ejercen los residuos. A partir de una calibración previa, podemos calcular el peso de los residuos, procediendo a su eliminación de la manera adecuada.

6 Resumen. Conclusiones

En el presente documento se ha analizado el sector de recubrimientos metálicos con el fin de conocer las variables que sería aptas para realizar un seguimiento basado en indicadores ambientales. Como principales vectores ambientales se ha escogido vertidos, emisiones atmosféricas y residuos. Estos vectores ambientales se han transformado en parámetros medibles a través de ordenanzas municipales, autorizaciones de vertido, etc. Posteriormente se han buscado los métodos analíticos convencionales para el análisis de cada variable y se ha intentado encontrar un sistema comercial que midiera en continuo dicho parámetro.

Como conclusiones del trabajo realizado podemos afirmar que:

- Se han identificado los procesos unitarios más habituales del sector de tratamiento de superficies
- Se han identificado los aspectos ambientales generados en las empresas del sector de recubrimientos metálicos por operación unitaria
- Se han obtenido las variables potencialmente controlables en función del estudio de las sondas que existen actualmente en el mercado

A partir de ahora se diseñará un sistema que permita la recogida en continuo de los parámetros más importantes tanto en residuos, vertidos y emisiones. El sistema se encargará también del tratamiento informático de los datos.