

Proyecto Fin de Carrera

Influencia de los parámetros de proceso de una
instalación de pintura de pieza plástica en el ensayo
de adherencia

Autor/es

Elena Gallardo Saavedra

Director/es y/o ponente

Alfredo Ciriano Calonge
José Antonio Yagüe Fabra

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2014/15

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO DE UNA INSTALACIÓN DE PINTURA DE PIEZA PLÁSTICA EN EL ENSAYO DE ADHERENCIA

El presente Proyecto Fin de Carrera se enmarca dentro del convenio de colaboración entre la Universidad de Zaragoza y la empresa FICO MIRRORS, S.A. Se ha llevado a cabo mediante la realización de prácticas universitarias de cuatro meses en la sección de pintura en Soria.

Este proyecto surge de las necesidades de la empresa relativas a la homologación de una serie de nuevos colores para el cliente Grupo Volkswagen. El trabajo se centra en uno de los ensayos de laboratorio, el ensayo de adherencia, en un color concreto, el Pacific y en una pieza determinada, la tapa superior izquierda. Las diferentes pruebas que se han realizado se han gestionado a través del Departamento de Planificación de Pintura y siempre siguiendo la ficha técnica del Proveedor.

El objetivo del proyecto es la determinación de la influencia de los parámetros de proceso en el ensayo de adherencia. Con este fin se ha llevado a cabo un diseño de experimentos realizando una batería de ensayos considerando los parámetros más críticos. Los parámetros sometidos a estudio han sido tanto los propios de la pieza, espesor del barniz, espesor del color y geometría de la pieza, como los relativos al ensayo de adherencia, tiempo de atemperado del ensayo y temperatura del ensayo. Todo ello manteniendo constantes el producto (lote fijo) y el resto de parámetros de aplicación del proceso de pintura de pieza plástica.

En cuanto al espesor de barniz se observa que espesores superiores al de producción influyen negativamente en el ensayo de adherencia. Por lo tanto se concluye que la utilización de espesores de barniz elevados no es adecuada. El valor óptimo para este parámetro está entre 30 y 40 μm .

La tendencia observada respecto al espesor de color es muy similar a la del espesor de barniz, resultando el espesor de color un parámetro menos determinante. De nuevo los espesores de color por encima del de producción no son adecuados. Así se determina que el valor adecuado para el espesor de color es el de la producción, en torno a 17 μm .

La conclusión referida al tiempo de atemperado es que los tiempos bajos, es decir 0 y 8 horas, resultan insuficientes. En cuanto al tiempo de atemperado se determina que 24 horas son suficientes, aunque el procedimiento del ensayo de adherencia fija este parámetro en 48 horas.

Si nos fijamos en la temperatura de ensayo se puede observar que atemperar las piezas a 60°C en el horno es más ventajoso que realizar el ensayo de adherencia sin esta etapa previa. La temperatura óptima son 60°C, tal y como indica el procedimiento del ensayo de adherencia.

La geometría de la pieza no es un parámetro muy determinante para el ensayo de adherencia, manteniendo el resto de parámetros en su valor adecuado. Si bien se observan mejores resultados en placa plana.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis dos directores de proyecto. A Alfredo Ciriano, por ofrecerme la posibilidad de desarrollar este trabajo y ayudarme a llevarlo a cabo hasta el final. A José Antonio Yagüe por ayudarme siempre que lo he necesitado.

Así mismo agradezco a la empresa FICO MIRRORS S.A., y a todas las personas que la constituyen, la oportunidad que me brindaron para realizar las prácticas y permitirme emplear todos los medios necesarios.

También quiero destacar la gran aportación de mis compañeros de la sección de pintura, por su ayuda desinteresada en la puesta en marcha y el desarrollo del proyecto. Especialmente a Cristina Calavia y a Ana Gema Álvaro, por ponerme las cosas tan fáciles.

Por último, quiero dejar reflejada la aportación de mi familia y amigos, por el apoyo que siempre me han dado.

ÍNDICE

CAP. 1	INTRODUCCIÓN	9
CAP. 2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PINTURA.....	13
2.1.	Estándar de proceso	14
2.2.	Sinóptico proceso pintura	26
CAP. 3	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE ADHERENCIA.....	27
CAP. 4	PARÁMETROS DE PROCESO	37
CAP. 5	RESULTADOS	49
CAP. 6	CONCLUSIONES	59
CAP. 7	ANÁLISIS ECONÓMICO	61
ANEXO A	FIGURAS RESULTADOS.....	65
ANEXO B	INDICADORES DEL PROCESO DE PINTURA.....	79

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años existe una estrecha relación de colaboración entre la empresa FICO MIRRORS, S.A. y la Universidad de Zaragoza. Como resultado de todos estos años de colaboración, se han realizado numerosas prácticas universitarias, proyectos fin de carrera, trabajos fin de grado e investigaciones que han permitido a los estudiantes un acercamiento al mundo laboral.

FICOSA es un grupo multinacional dedicado a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de sistemas y componentes para automóviles, vehículos comerciales y vehículos industriales. Fundado en 1949, tiene su sede central en Barcelona, y está presente con centros productivos, centros de ingeniería y oficinas comerciales en 19 países en Europa, Norte América, Sur América y Asia. FICOSA es proveedor oficial y socio tecnológico de la mayoría de fabricantes de vehículos en todo el mundo. La compañía destina anualmente el 4% de su cifra de negocio a I+D.

Como líder del mercado FICOSA desarrolla y produce los retrovisores para los fabricantes de automóviles de todo el mundo. Los retrovisores incorporan las últimas tecnologías y se diseñan siguiendo los requerimientos de estilo del vehículo, cumpliendo a su vez con todas las normas de homologación y calidad necesarias para cumplir su función.

FICOSA desarrolla y produce toda la gama de retrovisores exteriores que van desde los que incorporan sistemas de accionamiento eléctrico o manual; sistemas de abatimiento eléctrico con memoria y sistema automático de retorno; desempañante del espejo; sensor de temperatura; luna esférica; luna electrocrómica; antenas; hasta los fabricados en fibra de carbono, los cromados y los pintados color carrocería. FICOSA es pionera y especialista en la incorporación de luces de señalización en los retrovisores que añaden seguridad y diferenciación a los vehículos. Cuenta con patentes propias que, con la tecnología light-emitting diode (LED), permite añadir en el cuerpo del retrovisor la luz intermitente, la luz de cortesía y las nuevas luces de circulación de día – en inglés DRL daytime running lamp – y luz lateral.

FICO MIRRORS, S.A., centro productivo situado en Soria, perteneciente a la multinacional del sector automoción, FICOSA INTERNACIONAL, S.A. se ha convertido en una de las plantas del grupo donde más proyectos piloto se han experimentado a nivel mundial. FICO MIRRORS cuenta con una superficie de 21000 m², dedicada a la fabricación de espejos retrovisores adecuados a las necesidades específicas de cada cliente. Los principales procesos de los que dispone son pintura, montaje, fundición taller de moldes, calidad, mantenimiento, DSI, inyección, almacén y expediciones, y cuenta con aproximadamente 700 empleados.

El presente Proyecto Fin de Carrera se enmarca dentro de este convenio entre la Universidad de Zaragoza y FICO MIRRORS, S.A. Se ha llevado a cabo mediante la realización de prácticas en la sección de pintura en Soria trabajando durante cuatro meses en el estudio de la influencia de los parámetros de proceso de una instalación de pintura de pieza plástica en el ensayo de adherencia.

Debido a las necesidades de la empresa relativas a la homologación de una serie de nuevos colores para el cliente Grupo Volkswagen, el presente trabajo se centra en uno de los ensayos de laboratorio, el ensayo de adherencia, en un color en concreto, el Pacific y en una pieza determinada, la tapa superior izquierda. El objetivo del proyecto es la determinación de la influencia de los parámetros de proceso en el ensayo de adherencia. Con este fin se ha llevado a cabo un diseño de experimentos realizando una batería de ensayos considerando los parámetros más críticos. Las diferentes pruebas que se han realizado se han gestionado a través del Departamento de Planificación de Pintura y siempre siguiendo la ficha técnica del Proveedor. Los parámetros de proceso objeto de estudio han sido tanto los propios del ensayo de adherencia, como son la temperatura de ensayo y el tiempo de acondicionamiento, así como los relativos a la pieza, es decir, el espesor de barniz, el espesor de color y la geometría (pieza o placa plana); todo ello manteniendo constantes el producto (lote fijo) y el resto de parámetros de aplicación del proceso de pintura de pieza plástica.

Capítulo 2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PINTURA

2.1. Estándar de proceso

El presente estándar tiene como fin uniformar, en cuanto a calidad y proceso, las piezas pintadas, el proceso y el equipamiento de producción necesario en el proceso de pintura. En el estándar de proceso se describe cómo deben realizarse de forma ideal cada una de las etapas de producción implicadas en la pintura de piezas. A continuación se van a desarrollar los criterios de dimensionado del proceso, el “layout” a establecer, o los documentos e indicadores del proceso entre otros.

2.1.1. Criterios de proceso

1. Se establecerán criterios de mantenimiento preventivo y predictivo.
2. Cadena terrestre y sin desniveles y sin pandeo lateral y transversal.
3. Palomillas independientes del bastidor que será con marco.
4. Palomillas y bastidores estándares y flexibles.
5. Instalaciones con túnel de desengrase automático de mínimo 3 etapas y secado posterior.
6. Se establecerán procesos de desionizado después de cada variación térmica menos después del barnizado.
7. Aplicación de “primer” al 100% de las referencias (tanto vírgenes, como recuperadas)
8. Aplicación 1ª mano de color y barniz, técnica electroestática en automático robotizada.
9. Aplicación 2ª mano de color y barniz, técnica aerográfica en automático en función del volumen.
10. Bastidores no giratorios en zona de aplicación pero sí en zona de verificación, carga y descarga.
11. Circulating centralizado (primer, color y barniz).
12. “Primer” y color monocomponente. Tendencia a base agua.
13. Cabinas presurizadas con cortina (lavador) de agua inferior.
14. Almacén y sala de mezclas climatizada.
15. Mezclas controladas según estándar interno.
16. Mezcladora automática interna por robot.
17. Máximo un bastidor vacío para cada cambio de color.
18. Tamaño de bastidor estándar será de 1100x1100.
19. La velocidad de la estándar cadena 1,4 m/min

20. Control, etiquetaje y almacenaje a tiempo real. No habrá segundas verificaciones.
21. Todas las piezas se embolsarán y embalarán en embalaje adaptado a cliente.
22. Pulido y lijado a tiempo real.
23. Documentación visible en puesto de trabajo.
24. Se pintarán sólo piezas plásticas.
25. Las piezas no tendrán una profundidad superior a los 650 mm (adjuntar tabla de relación distancia entre piezas y profundidad).

2.1.2. Dimensionado del proceso

Horas de funcionamiento (8 Horas turno x 3 turnos día x 5 días semana)

Velocidad transportador (en metros minuto)

Distancia entre bastidores

Calcular los bastidores hora (nunca piezas hora), (60 minutos x velocidad transportador / distancia entre bastidores) = bastidores hora

% rechazo previsto por cada modelo

Número de piezas por bastidor previstas para cada modelo

Incremento de 5% de ajuste de programa por cada modelo

Paro previsto

Saturación máxima de capacidad 90%

2.1.3. Layout

La instalación se situará en un recinto provisto de un ambiente temperado a 20-22°C de temperatura y el aire filtrado.

2.1.3.1. Carga

Recepción piezas.

- Se recibirán las piezas en cajas de plástico con tapa (dos medidas, azul (600x400x300) y gris (800x600x400) con peso máximo de 15 kg).
- Piezas sin retrabajar y si son retrabajadas limpias y sin polvo.
- Se cargarán separadamente las piezas recuperadas y las vírgenes.

- El proceso de carga debe de asegurar la calidad de la pieza como el buen anclaje de la misma.
- Es necesario en este proceso la codificación de los bastidores a su paso por la zona de carga donde un operario introducirá los datos de la hoja de carga que es proporcionada por logística. Este es el primer eslabón del proceso donde un software vuelca desde carga la información de lo que se practique en la zona de aplicación (cantidad de bastidores a pintar, color, modelo).
- Es conveniente que la zona de carga este a nivel del suelo ya que hay instalaciones que trabajan con tarimas que genera unas deficiencias dinámicas, también es recomendable una iluminación uniforme en esta zona de entre 800 a 1000 lux.

Manual:

La pieza además debe de ser tratada por el operario (limpieza, soplar con aire desionizado, desengrase...).

Material pieza	Producto limpieza
Amorfos (ABS, ASA, ...)	Isopropanol
Cristalinos	Disolvente universal

2.1.3.2. Bastidores y carros

Automáticas:

Dimensiones máximas bastidores 110x210 (110x160 de superficie útil)

Se dimensionarán los bastidores para el aprovechamiento máximo de la capacidad de pintura del robot.

Semiautomáticas:

Dimensiones máximas bastidores 110x160 (110x110 de superficie útil)

Es recomendable que un bastidor sea un cuadrado cerrado con un perfil de 15x15 mm.

Los bastidores a construir serán un 50% superiores al número de los necesarios.

Manuales:

Los carros deben diseñarse para la máxima capacidad de piezas con un manejo fluido de las mismas. Los carros deberán llevar separaciones entre los pisos para evitar la contaminación por manipulación del operario (poner/quitar piezas). Su tamaño estará relacionado con el tamaño de las siluetas de entrada/salida de cabina y hornos. (Definir en función del horno).

Sujeción de piezas a bastidor:

No se permitirán las sujeciones tipo pinza.

En piezas tipo carcasa con cuello se utilizarán anclajes equivalentes al negativo de la pieza en la zona del cuello.

En piezas tipo carcasa sin cuello se utilizarán anclajes similares al modelo A4 o T5.

En piezas tipo tapa Mondeo.

2.1.3.3. Túnel de tratamiento (instalaciones automáticas)

A diferencia de las instalaciones manuales, el tratamiento, como limpieza de la pieza se efectúa por un túnel que consta de varias etapas. En cualquier caso se aplicarán políticas de reducción del consumo de agua.

- ETAPA 1 - Desengrase: En esta etapa se efectúa un lavado con agua de red¹ de 35 a 50°C, más un tensoactivo alcalino o ácido. (El tensoactivo ácido irá en función del diseño del túnel). Enjuague agua de red (anillo) para evitar arrastres que contaminen la siguiente etapa.
- ETAPA 2 - Enjuague con agua de red (Dependiendo del histórico del sustrato se podría realizar otro lavado con tensoactivo). Enjuague con agua de red¹ (anillo) para evitar arrastres que contaminen la siguiente etapa.
- ETAPA 3 - Enjuague con agua² de red o de osmosis (anillo).
- ETAPA 4 - Enjuague agua desmineralizada (anillo).

El lavado se efectúa por aspersores que trabajan a una presión de entre 0.8 bar a 1.5 bar, con caudales de 15-18 l/min con abanicos de 60°.

El agua desmineralizada es tratada con lámparas UV para eliminar las bacterias y filtrada posteriormente a 20 micras.

¹ si la conductividad es como máximo 1500 mS

² si la conductividad está por debajo de 150 mS

2.1.3.4. Secado

Todas las piezas deben de llegar exentas de agua y humedad al punto de aplicación.

Las piezas pasarán por una zona provista de boquillas de soplado orientables con un caudal de aire capaz de garantizar la expulsión del agua de las piezas.

El proceso de secado se realizará en un horno a 80°C-90°C³ durante no menos de 30 min.

El horno deberá ser de circulación continua de bastidores con el menor número posible de curvas.

2.1.3.5. Atemperado

Cualquier tipo de pieza debe de llegar al punto de aplicación (esto es extrapolable a cualquier aplicación del proceso) con una T^a no superior a 30°C. Lo recomendable sería entre 20° a 22°C.

Hay instalaciones que después del horno tienen buses de soplado con aire filtrado a T^a ambiente sino es así se debe retener las piezas hasta que baje su temperatura.

2.1.3.6. Aire desionizado

Antes de cada punto de aplicación se deberán barrer las piezas con una corriente de aire desionizado, que se aplicarán a 15 cm de la pieza.

2.1.3.7. Cabina de aprestos – “primer”

Es donde el sustrato recibe la primera película en forma líquida, que sirve para el anclaje del futuro fondo y además que puede proporcionar unas cualidades físicas a la pieza como es la conductividad si fuese necesario.

La cabina debe reunir unas condiciones ambientales específicas para evitar posibles alteraciones del proceso:

- Temperatura debe estar entre 20 y 24°.
- Humedad relativa tiene que ser un mínimo de 60% y un máximo de 80%.

³ asegurando que las piezas no se deforman

- Velocidad de aire vertical de 0.7 m/min (aplicación aerografía) y 0.3 m/min (aplicación electrostática) aproximadamente es suficiente para evacuar la nube generada por la atomización. Este aire debe de ser filtrado por un sistema que evite que a la zona de aplicación lleguen partículas > a 5 μ .
- Iluminación 1000 lux.
- La dimensión mínima de la cabina será de 6,5 m de ancho por 8 m de largo y 6 m de altura desde el suelo de la cabina.
- El lavador será central y no se instalarán cortinas laterales.
- El transportador estará por debajo del nivel del suelo de la cabina.

La aplicación del “primer” en esta cabina se realizará de forma automática a través de robots.

2.1.3.8. S.A.S. evaporado

Antes de recibir un choque térmico la pieza ya pintada debe tener una evaporación (hasta T^a ambiente).

Entre 10 a 15 min de evaporado son suficientes, en bases acuosas debe alargarse este tiempo hasta 25 min.

Deberán instalarse aportes de aire regulables.

2.1.3.9. Horno de aprestos

En el caso se “primers” que necesiten reticulación forzada como es el caso de la mayoría que se usan para plásticos, deben de hornearse a 80-90° durante un mínimo de 30 min (este tiempo dependerá de la formulación del mismo).

2.1.3.10. Atemperado y s.a.s. de inspección

Para el atemperado ver (2.4).

La sala de inspección es una zona (pasillo acondicionado) con iluminación suficiente (1000 lux) donde los responsables del proceso podrán comprobar la calidad y estabilidad del proceso entre cabina y cabina.

2.1.3.11. Cabina de color

Esta cabina debe cumplir los mismos requisitos que la de aprestos ver (2.6) con la diferencia que la longitud será de 12 m.

La aplicación de la base en esta cabina se realizará de forma automática a través de robots.

2.1.3.12. S.A.S. Color

Una vez aplicado un fondo se debe de tener una evaporación antes de su acabado final.

- En pintura con disolventes orgánicos el tiempo de secado será de 20 min, a temperatura de 20-22°C
- En pintura en base agua el tiempo de secado será de 10 min a 50°C y 20 min a temperatura de 20-22°C.

En los casos necesarios se instalarán equipos de aire forzado o infrarrojos para asegurar el alcance de dichas temperaturas.

2.1.3.13. Cabina de barniz

Ídem cabina color.

2.1.3.14. S.A.S Barniz

El barniz necesita un evaporado después de su aplicación, se hará durante 25 min a una temperatura de evaporado de 20-22°C.

2.1.3.15. Horno barniz

La reticulación del barniz del barniz ira en función de la formulación del mismo. Normalmente estará 50 min entre los 80°-85° C.

2.1.3.16. Atemperado

Las piezas se enfriarán a una temperatura de 20-22°C (en un tiempo óptimo) para evitar daños durante la manipulación de las mismas. El crating de la pieza sigue reticulando días después de su embalaje.

2.1.3.17. Descarga

La descarga se realizará a nivel del suelo y se situarán las piezas en una cinta transportadora que las enviará a la zona de verificación.

Los bastidores vacíos se recircularán a la zona de carga, debiendo de haber en este recorrido una longitud suficiente como para poder realizar en la cadena los cambios de bastidores que la nueva producción requiera.

2.1.3.18. Verificación y embalaje

En esta zona es donde acaba el proceso para la mayoría de las piezas.

El espacio, iluminación (1000 lux uniformes) es fundamental para poder tener el dinamismo que se requiere, evitar tener diferentes niveles (transportador subterráneo).

La verificación y se hará una sola vez y a tiempo real.

2.1.3.19. Sala de mezclas

La sala de mezclas debe ser lo más parecido a un quirófano dentro de sus posibilidades y se situará en la zona acondicionada para la instalación; características técnicas:

- La sala debe de permanecer a una temperatura constante de 20 a 25°C.
- Renovaciones de aire deben estar entre las 15 a 20 veces por hora. Con extracciones focalizadas.
- Iluminación 1000 lux.

2.1.3.19.1. Materia prima (pinturas)

La calidad de las pinturas es concertada ya que no es viable que sea de otra forma.

Así y todo, las fichas técnicas de suministro como unos controles básicos deberán ser suficientes para detectar algunos de los problemas más comunes en una pintura en mal estado.

CONTROLES MÍNIMOS:

Viscosidad entrega, botes contaminados, caducados, cumplimiento del etiquetado (hay productos desarrollados exclusivamente para cada línea), impurezas en el filtrado, partículas metálicas, grosor, tamaño, gomas de sellado en mal estado, sedimentación...

FICHA TÉCNICA DE APLICACIÓN:

La ficha técnica de aplicación es sólo orientativa. Cada instalación debe adaptar la aplicación a su línea en concreto. (Sobre todo en una aplicación electrostática las fichas técnicas sufren variaciones importantes en los diluyentes utilizados y en su tanto %).

2.1.3.20. Pulido y lijado

Esta parte del proceso debe de estar dentro (no necesariamente al 100%) de la zona de verificación/embalaje con lo que los requisitos de iluminación etc son los mismos.

En el caso del pulido se recomiendan máquinas orbitales de 1200 rpm a 2800 rpm. Adaptando diferente boina (piel de cordero, esponja pur) en relación al efecto deseado abrasión o abrillantado.

Dependiendo del defecto debe de utilizarse un grano de lija diferente entre 1200 a 2000 para su posterior pulido. Se recomiendan lijar el defecto con máquina orbita igual o inferior a 3 mm.

En lijado, las maquinas orbitales también son idóneas para desbastar el defecto de la superficie. El grano a utilizar va desde el grano 360 al 1000.

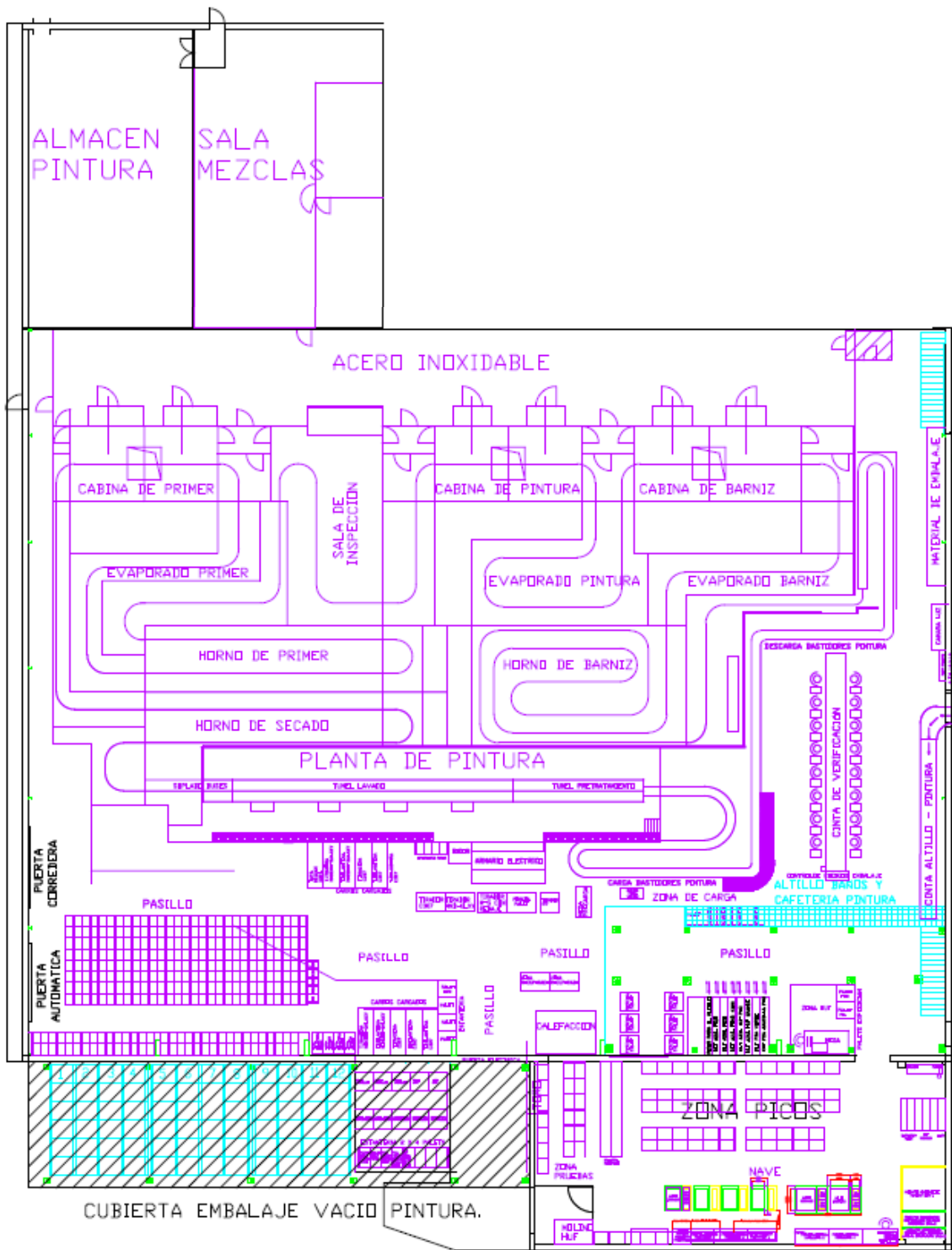
La orbita de la maquina debe ser de 3 a 5 mm.

Se recomienda en la mayoría de los casos soplar las piezas (proceso automático).

2.1.3.21. Maquinaria/equipos

Todas las zonas catalogadas como zona de riesgo de explosión deben llevar sistemas anti deflagrantes. (Iluminación, basculas...)

Los equipos de aplicación-mezclas van en función de cada aplicación, función y posibilidades.



2.1.4. Documentación técnica

Incluir seguridades activas y pasivas para cada equipamiento.

Túnel de tratamiento

- Bombas (duchas, intercambiador)
- Quemadores o caldera o resistencia eléctrica
- Extractores
- Equipo de osmosis automático
- Equipo de desmineralizado automático
- Caudalímetros, sondas de nivel, sondas de conductividad...
- Intercambiadores calor
- Cubas
- Motor de los buses (turbinas)

Horno de secado / primer / barniz

- Extractores
- Recirculador
- Salida de gases
- Filtros
- Iluminación
- Sondass de temperatura

Equipo de desionizado

Cabina de primer / color / barniz

- Turbina
- Extracción
- Filtros
- Lavadores centrales
- Iluminación (luces, ventanas...)
- Situación, posición de los robots y pintores
- Acceso (vestíbulo) a la cabina
- Equipos de limpieza

Equipos de mezcla de producto (producto+catalizador)

- Calderines
- Mezclador

Equipos de aplicación

- Robots
- Reciprocador
- Pistola de aplicación aerográfica
- Campanas de alta velocidad
- Calderines
- Bombas
- Filtros
- Agitadores
- Básculas
- Reguladores

Cadena

- Características técnicas de la cadena (modelo Soria)
- Lavador en cadena

Bastidores, carros y palomillas

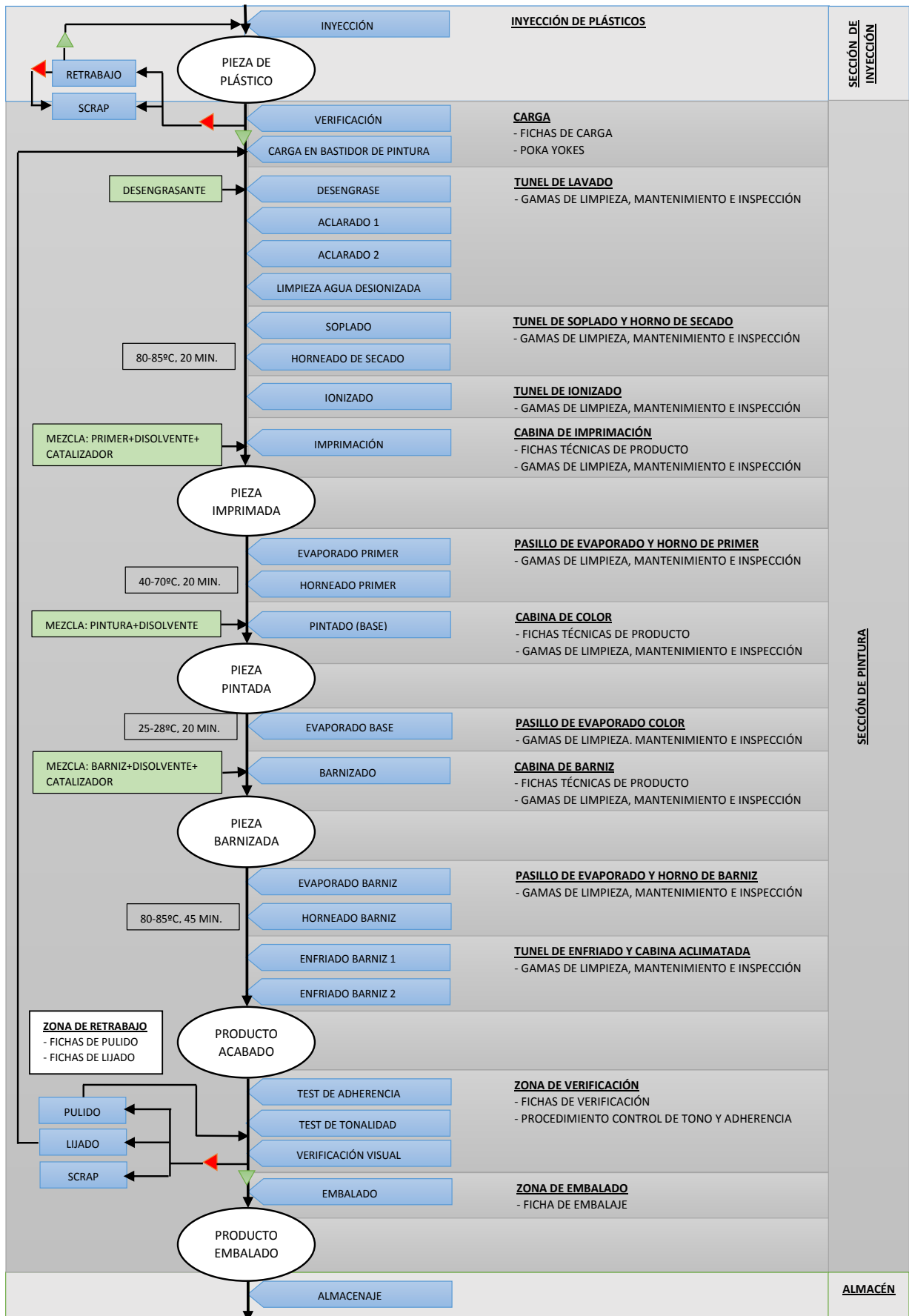
- Planos y medidas

Otros equipos

- Equipo de destilación según necesidades
- Instalación de tratamiento de residuos (alberca)
- Equipo de decapado

Todos los términos indicadores del proceso de pintura que pueden resultar de interés están recogidos en el Anexo B: Indicadores del proceso de pintura.

2.2. Sinóptico proceso pintura



Capítulo 3

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE ADHERENCIA

El ensayo de adherencia es un procedimiento de calidad que consiste en las siguientes etapas:

- Conectar el enchufe de la luz a la toma de tensión.
- Abrir la llave de paso del agua.
- Elegir la boquilla adecuada en función del cliente y colocarla. Clientes que no especifican, dejar la de fábrica.
- Girar A hasta posición de bombeo.
- Girar B hasta posición de agua caliente.
- Girar C hasta temperatura máxima. Se encenderá piloto verde E.
- Ajustar la presión con la válvula G hasta que el manómetro F marque la presión de ensayo. Consigna por defecto: 100 bar.
- Esperar hasta que se apague el piloto verde E de potencia del calefactor.
- Realizar los cortes a la pieza según cliente y colocarla en el soporte.
- Posicionar la pistola en su soporte a la distancia y ángulo según cliente.
- Antes del ensayo, asegurar que el agua está bien caliente proyectando en vacío durante unos segundos tocando con la mano la lanza hasta que queme. Apuntar al centro de la cruz.
- Ensayar la pieza el tiempo necesario según cliente (ver tabla).
- En general, OK= sin desprendimiento de capas (1mm máx. junto a corte).
- Antes de apagar, girar C hasta temperatura mínima, girar B a posición de agua fría y proyectar en vacío unos segundos.
- Girar A a la posición de STOP.
- Cerrar la llave de paso del agua.
- Desconectar el enchufe.


 FICO MIRRORS, S.A.	FICHA DE OPERACIÓN		SECCIÓN
	INGENIERIA DE PROCESOS		PINTURA
	MODELO	TODOS	
DENOMINACIÓN	ENSAYO KARCHER (AGUA ALTA PRESIÓN)		

Tabla resumen de variables del ensayo Karcher por cliente:

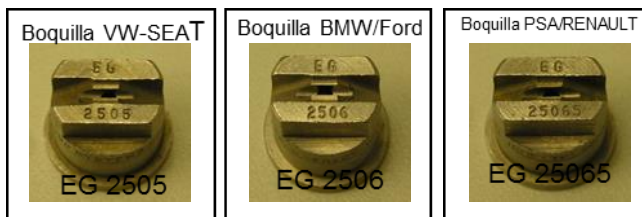
Cliente/norma	Boquilla a	Presión salida	Temp. salida	Distancia boq/pza	Tiempo	Corte	Caudal
PSA/D25 5376	EG 25065	65±2 bar	70±10°C	100±5 mm	60±2 s	Cruz San Andrés 60°, corte>100 mm	750±50 l/h
Ford/FLTM BO 160-04,B	EG 2506	60 bar	80±4°C*	100±3 mm	120±3 s	Cruz San Andrés 30° (pistola en movimiento**)	610 l/h
BMW/PA-P 279	EG 2506	100 bar	60±3°C	200 mm	60 s	Rejilla 1x1 cm, 35°	500 l/h
MB/DBL 5146(4.7)	EG 2506	- (ref:80 bar)	60±2°C	100 mm	60 s	Cruz San Andrés 30°, corte~10 cm	660±690 l/h
VW-SEAT/PV 1503,A	EG 2505	90±5 bar	65±5°C	15 cm	1x20 + 1x20 s	Cruz San Andrés	720 l/h
Opel/GME 00010(6.12)	-	80±5 bar	80±3°C*	25±5 cm	30±5 s	Línea recta 5÷15 cm	-
RENAULT D25 2018 / -- A	EG 25065	65±2 bar	70±10°C	100±5 mm	30±2 s	Cruz San Andrés 60°, corte100 mm	750±50 l/h

*Tª consigna

** Ciclos: en paralelo a la cruz a 3 cm de centro, dir. N-S (60ciclos/min)



Elegir la boquilla adecuada en función del cliente y colocarla.
 Clientes que no especifican, dejar la de fábrica.



1. Girar A hasta posición de bombeo
2. Girar B hasta posición de agua caliente
3. Girar C hasta temperatura máxima. Se encenderá piloto verde E



Ajustar la presión con la válvula G hasta que el manómetro F marque la presión de ensayo. Consigna por defecto: 100 bar,



Esperar hasta que se apague el piloto verde E de potencia del calefactor



Realizar los cortes a la pieza según cliente y colocarla en el soporte



Pocicionar la pistola en su soporte a la distancia y ángulo según cliente



Antes del ensayo, asegurar que el agua está bien caliente proyectando en vacío durante unos segundos tocando con la mano la lanza hasta que quemé. Apuntar al centro de la cruz

En general, OK=sin desprendimiento de capas (1mm max.junto a corte). Detalles: ver normas clientes



Ensayar la pieza el tiempo necesario según cliente (ver tabla o norma de



Antes de apagar, girar C hasta temperatura mínima, girar B a posición de agua fría y proyectar en vacío unos segundos



Girar A a la posición de STOP



Registro de control de temperatura y caudal. Medición temperatura con sonda inmersión a T^a máx (>70°C); caudal por peso/tiempo

FECHA	TEMP.	CAUDAL 25065	CAUDAL 2506/60	CAUDAL 2506/100	CAUDAL 2505	OBSERVACIONES	RESULT ADO

En concreto para el cliente Volkswagen Group (VW) se aplica la norma TL 211, en la que viene especificado que el comportamiento en el ensayo con chorro de vapor está regulado por la norma PV 1503. Las especificaciones para la realización del ensayo son las siguientes:

Norma	Boquilla	Presión salida	Temp. salida	Distancia boq/pza	Tiempo	Corte	Caudal	Ángulo chorro/pza
PV 1503-A	EG 2505	90±5 bar	65±5 °C	15 cm	1x20 + 1x20 s	Cruz San Andrés	720 l/h	45 °

A continuación se enumeran las diferentes consideraciones a tener en cuenta para el desarrollo del ensayo de adherencia:

1. Acondicionamiento de la pieza

Antes de realizar el ensayo de adherencia las piezas deben estar acondicionadas en el horno a 60° C durante 48 h.

2. Selección de la boquilla

La boquilla que debe colocarse en la Kärcher es la EG 2505. Esta boquilla es importante que esté revisada por VW ya que es normalizada.

3. Corte: Cruz de San Andrés

Realizar con el cutter la Cruz de San Andrés sobre la pieza. El corte debe llegar al sustrato. El corte debe hacerse en la zona A de la pieza.

4. Verificación de la presión y la temperatura

Verificación presión:

Para asegurarnos que la presión es de 90 bar debemos antes de empezar el ensayo verificar que en 30 sg la máquina da un volumen de 5,25 litros de agua. En la botella debe llegar hasta la marca.

Verificación temperatura:

Para asegurarnos que la temperatura es de 65°C introducir el termómetro en la botella de control de caudal.


5. Verificación de la distancia boquilla/pieza

Verificación distancia:

Para asegurarnos que la distancia de la pistola a la pieza es de 15 cm, ésta se verifica con una cinta métrica.

6. Realización del ensayo de adherencia

- Asegurarse que el útil que indica 45° toca la pieza.
- El chorro debe pegar justo en el corte que queremos ensayar y vemos como el agua levanta una pequeña cortina.
- Realizar sobre un corte el ensayo durante 20 sg.
- Repetir el ensayo sobre el otro corte durante 20 sg.
- Analizar resultados según la Norma DIN 55662.

	FICHA DE OPERACIÓN		SECCIÓN
	INGENIERIA DE PROCESOS		PINTURA
	MODELO	VW GROUP	
DENOMINACIÓN	ENSAYO KÄRCHER (AGUA ALTA PRESIÓN) PV 1503A		

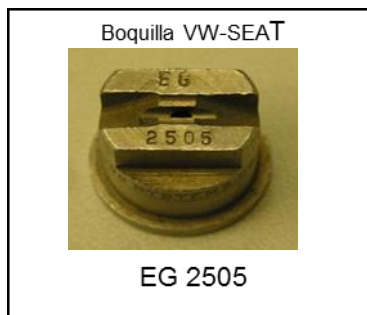
Norma	Boquilla	Presión salida	Temp. salida	Distancia boq/pza	Tiempo	Corte	Caudal	Angulo chorro/pza
PV 1503 - A -	EG 2505	90±5 bar	65±5°C	15 cm	1x20 + 1x20 s	Cruz San Andrés	720 l/h	45°

1.- ACONDICIONAMIENTO PIEZA



Antes de realizar el ensayo de adhesión las piezas deben estar acondicionadas en el Horno a 60° C durante 48h

2.- SELECCIÓN BOQUILLA

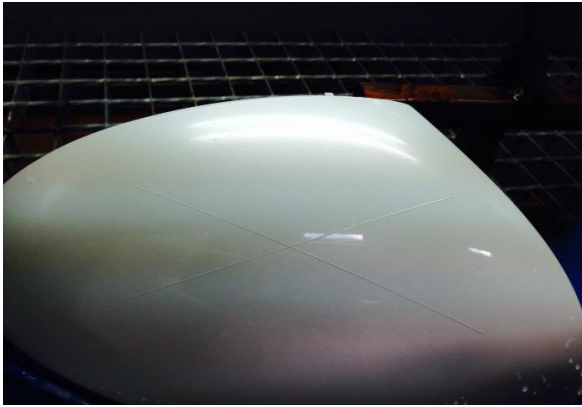


La boquilla que debe colocarse en la Kärcher es la EG 2505. Esta boquilla es importante que esté revisada por VW que es normalizada.

3.- CORTE : CRUZ SAN ANDRES



Realizar con cutter la Cruz de San Andres sobre la pieza. El corte debe llegar al sustrato.



El corte debe hacerse en la zona A de la pieza según el ejemplo de la foto.

4.- VERIFICACION PRESION Y TEMPERATURA



Verificación presión:

Para asegurarnos que la presión es de 90 bar debemos antes de empezar el ensayo verificar que en 30 sg la máquina da un volumen de 5,25 litros de agua. En la botella debe llegar hasta la marca.

Verificación temperatura:

Para asegurarnos que la temperatura es de 65°C introducir el termómetro en la botella de control de caudal

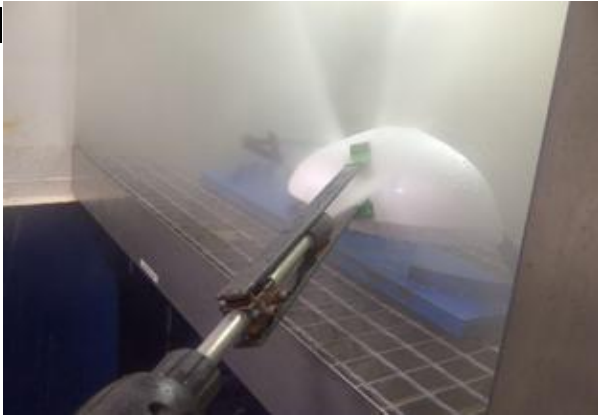
5.- VERIFICACION DISTANCIA



Verificación distancia:

Para asegurarnos que la distancia de la pistola a la pieza es de 15 cm, verifica con una cinta métrica según la foto.

6.- REALIZAR EL TEST SOBRE LA PIEZA



ENSAYO:

- 1.- Asegurarse que el util que indica 45° toca la pieza
- 2.- El chorro debe pegar justo en el corte que queremos ensayar y vemos como el agua levanta una pequeña cortina
- 3.- Realizar sobre un corte el ensayo durante 20 sg
- 4.- Repetir el ensayo sobre el otro corte durante 20 sg.

RESULTADOS:

Analizar resultados según Norma DIN 55662.

7.- EJEMPLOS DE VALORACION

NOTA
1



NOTA
3



NOTA
6



Capítulo 4

PARÁMETROS DE PROCESO

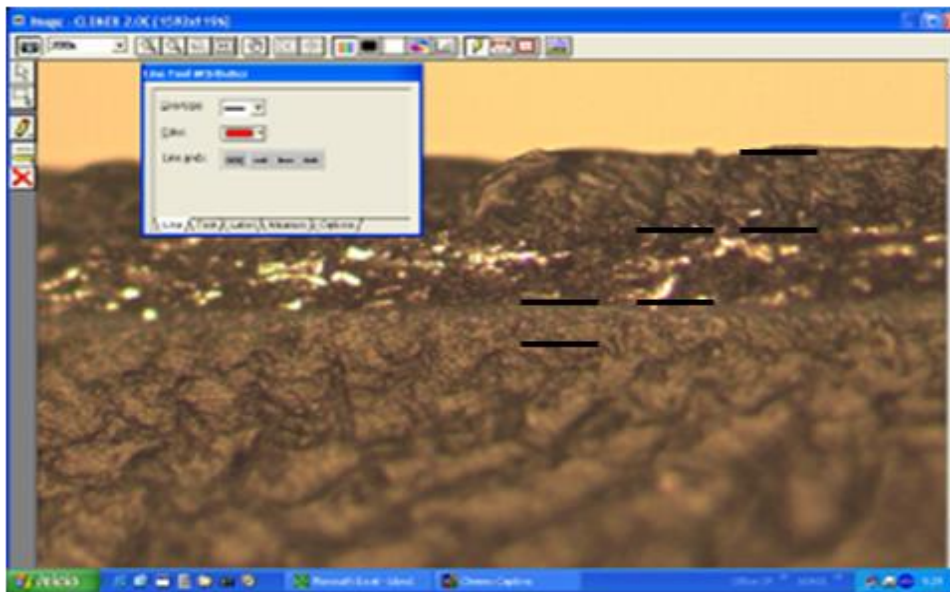
En este capítulo se desarrollan los parámetros de proceso más importantes para el ensayo de adherencia, por lo que son los parámetros que se van a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de experimentos. Para cada parámetro se han tomado valores por encima y por debajo del de producción en un rango adecuado. Los valores que se van a estudiar para determinar su influencia en el ensayo de adherencia se indican en este capítulo, señalando en **negrita** el de producción.

En primer lugar se presentan los parámetros de la pieza: espesor de barniz, espesor de color y geometría de la pieza. Para medir los espesores se lleva a cabo el procedimiento estándar destinado a tal efecto y que está incluido en la página siguiente. A continuación se exponen los parámetros de ensayo: tiempo de atemperado y temperatura. Por último se incluyen los parámetros de aplicación que van a permanecer constantes, a excepción del caudal de color y del caudal de barniz que como es lógico van a variar para obtener espesores variables de dichas capas.

		Proceso: Medición de espesores Golf+		Elemento: Microscopio		STD n° 100_3	
STANDARD PINTURA							
FUNCION DE ESTE PROCESO							
La función principal de este proceso es averiguar el espesor de producto (primer, pintura y laca) que lleva cada pieza en distintos puntos.							
PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO							
							
Troquelar pieza		Realizar corte		Ajustar Microscopio		Medir espesor	
PARÁMETROS DE CONTROL DEL PROCESO							
Parámetro	Valores STD	Frecuencia	STD n°	Comentario			
Espesor primer	>7 μ	1 x Turno	100_3	El corte en la pieza debe ser recto			
Espesor color	entre 10 μ y 25 μ						
Espesor barniz	entre 30 μ y 60 μ						
STD DE MANTENIMIENTO							
Tarea de Mto	Valores STD	Frecuencia	STD n°	Comentario			
Programa Clemex Captiva	n/a	n/a	XX_3	Debe fucionar correctamente			
Microtomo	buen estado	continuo		Cuchilla afilada y huella OK			

PUNTOS CLAVE DEL PROCESO / LECCIONES APRENDIDAS

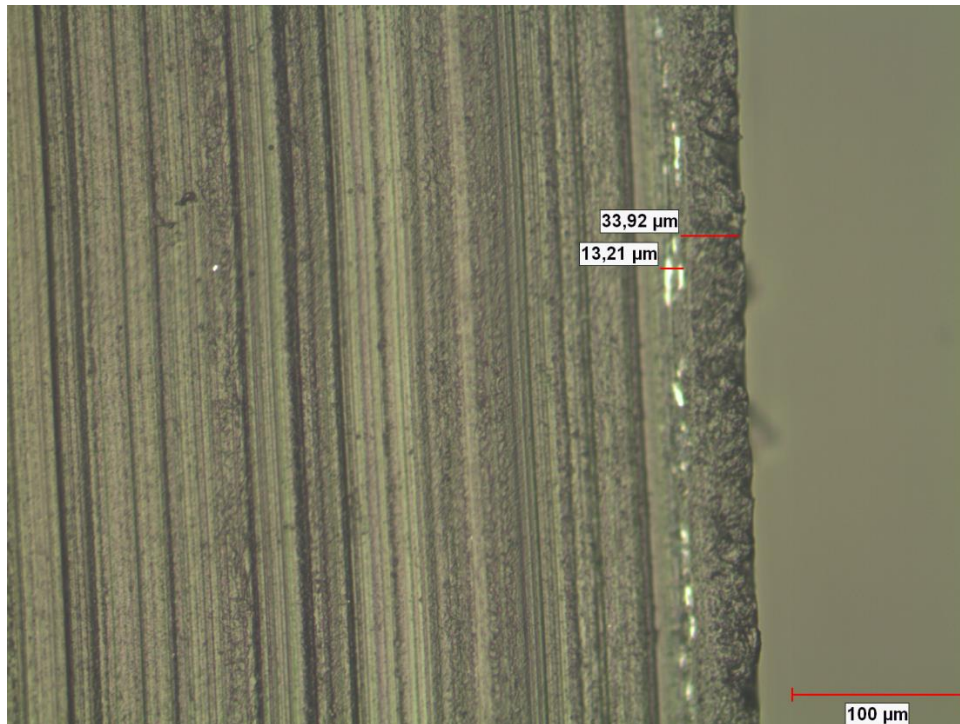
1. Realizar un corte en la pieza con el troquelador en el lugar indicado
2. Colocar el corte realizado en el microtomo y cortar
3. Introducir partícula de corte en el útil para la medición
4. Ajustar con lente de microscopio enlazado al ordenador mediante Clemex Captiva a unos 2mm
5. Utilizar la opción "medir" en el programa
6. Ajustar parámetros de medida según se vea el espesor
7. Guardar la medición en la carpeta "Espesores 2014"



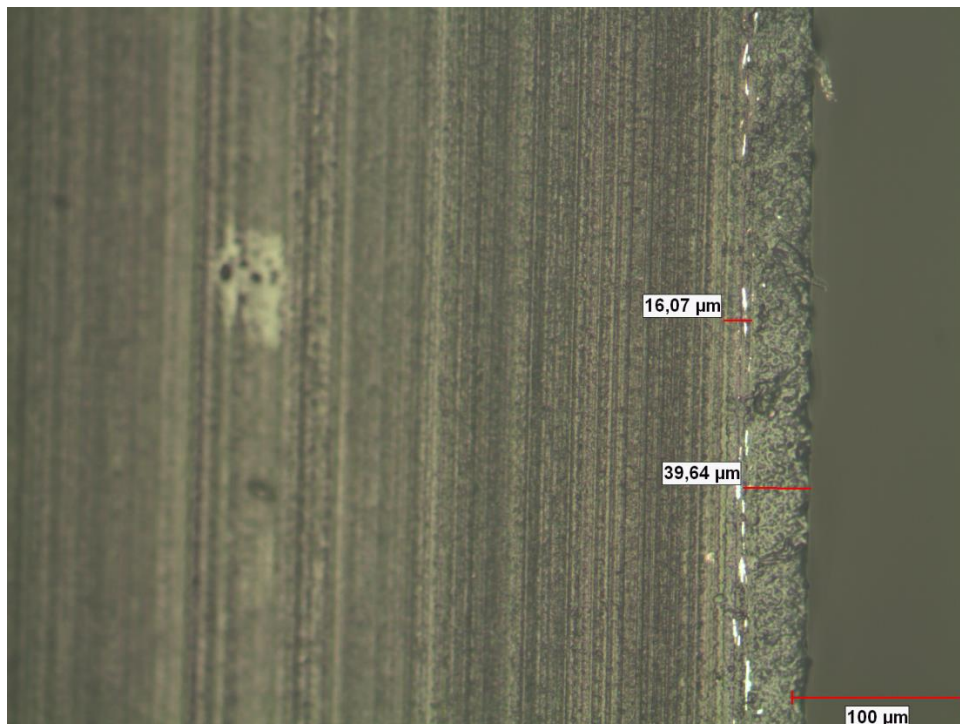
PARÁMETROS PIEZA

Espesor barniz (30 μ m, 40 μ m, 50 μ m y 60 μ m)

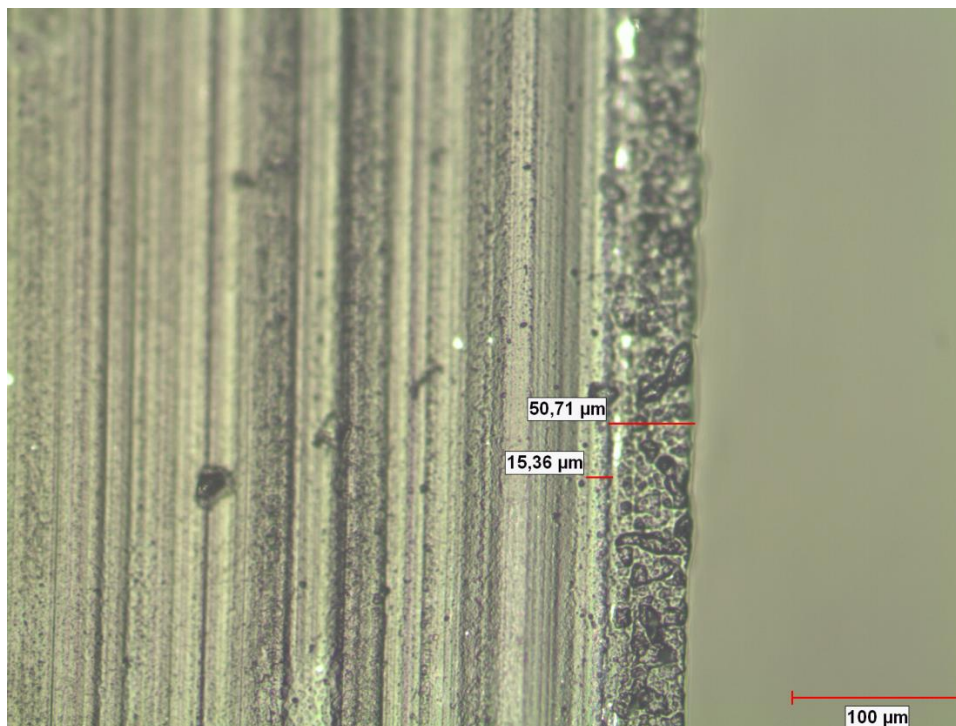
Corte transversal a la pieza pintada con microtomo de avance de muestra para captura de imagen con microscopio electrónico Clemex.



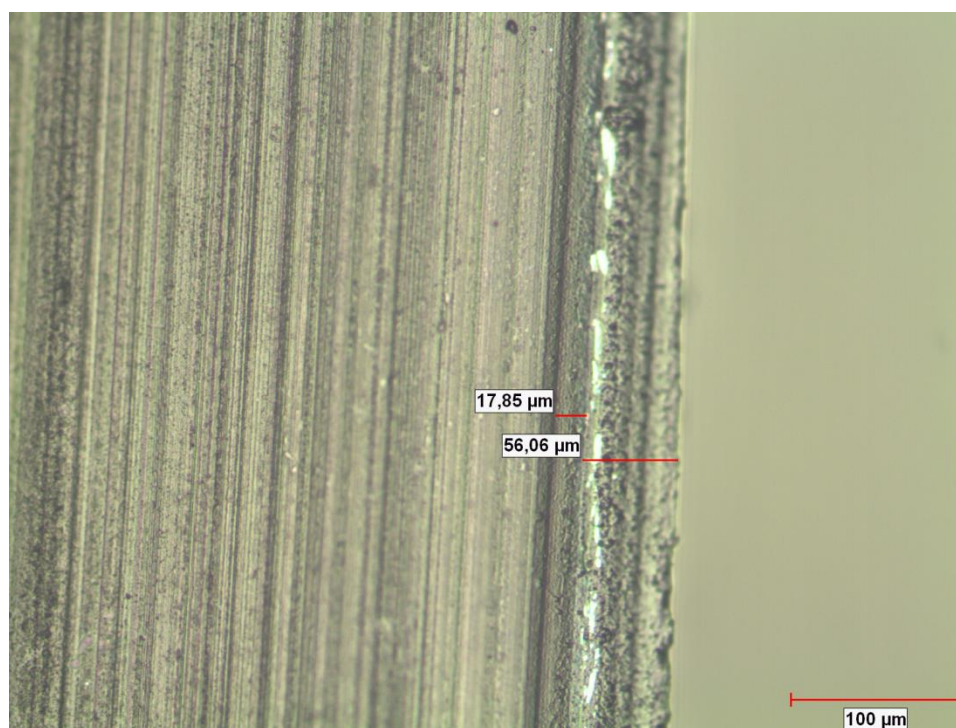
Espesor barniz 30 μ m



Espesor barniz 40 μ m



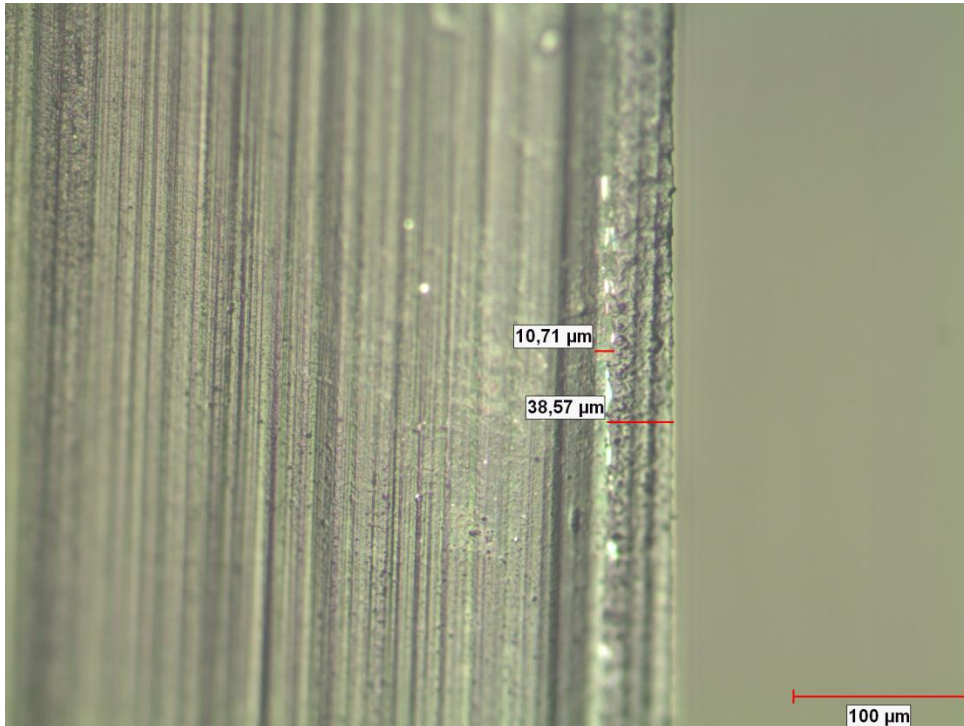
Espesor barniz 50µm



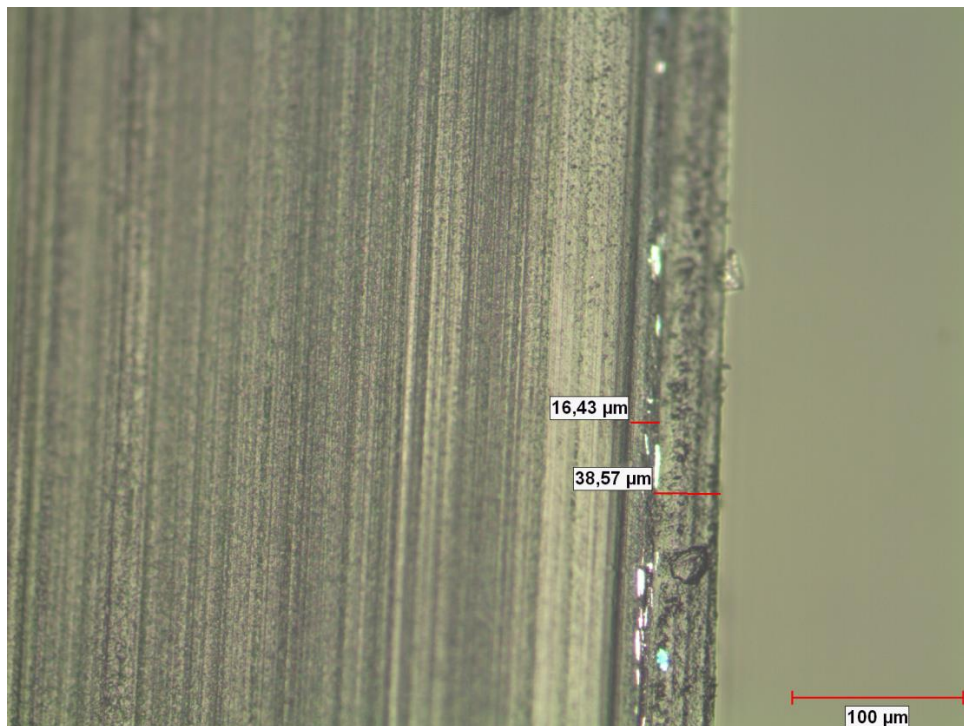
Espesor barniz 60µm

Espesor color (12 μ m, 17 μ m y 22 μ m)

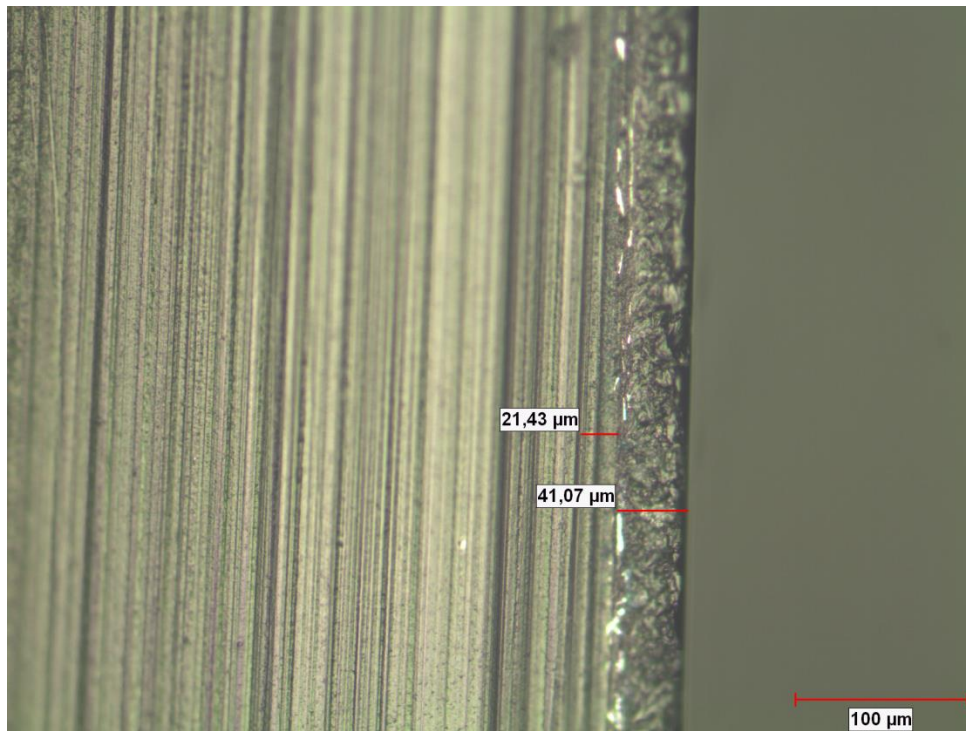
Corte transversal a la pieza pintada con micrótopo de avance de muestra para captura de imagen con microscopio electrónico Clemex.



Espesor color 12 μ m



Espesor color 17 μ m



Espesor color 22μm

Geometría de la pieza (**pieza curva** y placa plana)



Pieza curva



Placa plana

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tiempo atemperado (0h, 8h, 24h, **48h** y 72h)

Temperatura (22°C y **60°C**)



Horno

PARÁMETROS APLICACIÓN

Los parámetros de aplicación son fijos en el proceso de pintura, solamente se han variado los caudales de color y de barniz para conseguir espesores variables de estas capas para su posterior estudio como parámetros críticos en el ensayo de adherencia.

	Primer	Color	Barniz		
	Aerografica Primer	Electrostatica Base	Aerografica Base	Electrostatica Laca	Aerografica Laca
Revoluciones		19000 - 23000 rpm		29000 - 33000 rpm	
Distancia a pieza	80-150 mm	150 - 250 mm	80-150 mm	150 - 250 mm	80-150 mm
Tension		40 - 60 kV		30 - 60 kV	
Guia		300-450 NL		300-450 NL	
Velocidad pasadas	600-1300 mm/sg	500 - 800 mm/sg	600-1300 mm/sg	500 - 800 mm/sg	600-1300 mm/sg
Caudal	120-200 cc	150- 300 cc	120-280 cc	120- 280 cc	150-340 cc
Atomización	120-180 NL		120-180 NL		120-200 NL
Abanico	140-220 NL		140-220 NL		140-240 NL
Viscosidades a 20°C	15-17 sg	15-17 sg		16-18 sg	

Capítulo 5

RESULTADOS

El objetivo del proyecto es la determinación de la influencia de los parámetros de proceso en el ensayo de adherencia. Con este fin se ha llevado a cabo un diseño de experimentos realizando una batería de ensayos considerando los parámetros más críticos para este ensayo. El diseño de experimentos se ha simplificado analizando los parámetros de dos en dos y manteniendo el resto constantes. Las parejas de parámetros se han realizado teniendo en cuenta los más representativos en el proceso de pintura y el posterior ensayo de adherencia. Este planteamiento se ha desarrollado gracias a la experiencia del Responsable de la Sección de Pintura. Los parámetros sometidos a estudio, expuestos en el capítulo anterior, han sido los siguientes:

- Espesor del barniz
- Espesor del color
- Tiempo de atemperado del ensayo
- Temperatura del ensayo
- Geometría de la pieza

Los posibles resultados del ensayo de adherencia son: Nota 1, Nota 3 y Nota 6; siendo Nota 1 la mejor calificación que se puede obtener en el ensayo y Nota 6 la peor. Considerando las especificaciones del cliente, la pieza ensayada se considera válida (OK) cuando se ha obtenido una calificación de Nota 1 mientras que el resultado del ensayo es desfavorable (NO OK) para Nota 3 y Nota 6. El código de colores utilizado para visualizar los resultados del ensayo ha consistido en utilizar el color verde para Nota 1, el amarillo para Nota 3 y el rojo para Nota 6:

Ensayo de adherencia		
Nota 1 OK	Nota 3 NO OK	Nota 6 NO OK

Todas las imágenes de las pruebas realizadas se pueden ver en el Anexo A: Figuras resultados.

En primer lugar se ha estudiado la influencia en el ensayo de adherencia del tiempo de atemperado en función del espesor de barniz, manteniendo constantes el resto de parámetros. Los tiempos de atemperado que se han considerado son 0, 8, 24, 48 (valor estándar del ensayo) y 72 horas. Y los espesores de barniz ensayados han sido 30, 40 (valor estándar de producción), 50 y 60 μm .

Tiempo atemperado ensayo / Espesor barniz				
Temperatura ensayo= 60°C				
Geometría pieza= Pieza curva				
Espesor color= 17 μm				
	30 μm	40 μm (STD)	50 μm	60 μm
0 h	NO OK Figura 1	NO OK Figura 2	NO OK Figura 3	NO OK Figura 4
8 h	OK Figura 5	NO OK Figura 6	NO OK Figura 7	NO OK Figura 8
24 h	OK Figura 9	OK Figura 10	OK Figura 11	NO OK Figura 12
48 h (STD)	OK Figura 13	OK Figura 14	OK Figura 15	NO OK Figura 16
72 h	OK Figura 17	OK Figura 18	OK Figura 19	NO OK Figura 20

La tendencia observada respecto al tiempo de atemperado es que el ensayo resulta negativo para tiempos bajos, en concreto 0 y 8 horas, a partir de 24 horas los resultados son favorables. Además se observa que no se supera el ensayo de adherencia para espesores de barniz elevados como 50 y 60 μm .

A continuación se ha llevado a cabo un ensayo en el que se ha considerado la temperatura de ensayo en función del espesor de barniz. Las temperaturas que se han estudiado han sido 22°C, temperatura ambiente, y 60°C (valor estándar del ensayo).

Temperatura ensayo / Espesor barniz				
Tiempo atemperado ensayo= 48 h				
Geometría pieza= Pieza curva				
Espesor color= 17 µm				
	30 µm	40 µm (STD)	50 µm	60 µm
22°C	NO OK Figura 21	OK Figura 22	NO OK Figura 23	NO OK Figura 24
60°C (STD)	OK Figura 25	OK Figura 26	OK Figura 27	NO OK Figura 28

Si nos fijamos en la temperatura de ensayo se puede determinar que en general el ensayo resulta más favorable cuando se acondicionan las piezas en el horno a 60°C durante 48 horas. De nuevo se vuelve a poner de manifiesto que no son adecuados los espesores de barniz elevados.

El último ensayo variando el espesor de barniz que se ha realizado ha sido en función de la geometría de la pieza. Las geometrías de pieza ensayadas han sido pieza curva (valor estándar de producción) y placa plana.

Geometría pieza / Espesor barniz				
Tiempo atemperado ensayo= 48 h				
Temperatura ensayo= 60°C				
Espesor color= 17 µm				
	30 µm	40 µm (STD)	50 µm	60 µm
Pieza curva (STD)	OK Figura 29	OK Figura 30	OK Figura 31	NO OK Figura 32
Placa plana	OK Figura 33	OK Figura 34	OK Figura 35	OK Figura 36

En cuanto a la geometría de la pieza, ya sea curva o plana, no se observa una influencia clara en el ensayo de adherencia. Si bien se aprecia un resultado desfavorable para pieza curva y espesor de barniz elevado. Se realiza un ensayo posterior para tratar de determinar la influencia de la geometría de la pieza.

El siguiente parámetro que se ha estudiado ha sido el espesor de color ensayándolo en primer lugar en función del tiempo de atemperado, manteniendo constantes el resto de parámetros. Los tiempos de atemperado que se han considerado han sido 0, 8, 24, 48 (valor estándar del ensayo) y 72 horas. Y los espesores de color 12, 17 (valor estándar de producción) y 22 μm .

Tiempo atemperado ensayo / Espesor color			
Temperatura ensayo= 60°C			
Geometría pieza= Pieza curva			
Espesor barniz= 40 μm			
	12 μm	17 μm (STD)	22 μm
0 h	OK Figura 37	OK Figura 38	NO OK Figura 39
8 h	OK Figura 40	OK Figura 41	NO OK Figura 42
24 h	OK Figura 43	OK Figura 44	OK Figura 45
48 h (STD)	OK Figura 46	OK Figura 47	OK Figura 48
72 h	OK Figura 49	OK Figura 50	OK Figura 51

El comportamiento observado variando el espesor de color es similar al observado con la variación del espesor de barniz. Si nos fijamos en los resultados obtenidos en el ensayo de adherencia en función del tiempo de atemperado, nuevamente, los resultados más desfavorables se dan para tiempos pequeños, es decir, 0 y 8 horas. Estos resultados negativos se obtienen para el espesor de color superior al de producción, 22 μm .

A continuación se ha llevado a cabo un ensayo en el que se ha considerado la temperatura de ensayo en función del espesor de color. Las temperaturas que se han estudiado han sido 22°C, temperatura ambiente, y 60°C (valor estándar del ensayo).

Temperatura ensayo / Espesor color			
Tiempo atemperado ensayo= 48 h			
Geometría pieza= Pieza curva			
Espesor barniz= 40 µm			
	12 µm	17 µm (STD)	22 µm
22°C	NO OK Figura 52	OK Figura 53	OK Figura 54
60°C (STD)	OK Figura 55	OK Figura 56	OK Figura 57

En lo relativo a la temperatura de ensayo, como ocurría en el caso anterior, es más ventajoso atemperar las piezas a 60°C en el horno que realizar el ensayo de adherencia sin esta etapa previa. En este apartado la pieza que obtiene una calificación negativa es la que no ha pasado por el horno y su espesor de color es inferior al de producción, 12 µm.

El último ensayo variando el espesor de color que se ha realizado ha sido en función de la geometría de la pieza. Las geometrías de pieza ensayadas han sido pieza curva (valor estándar de producción) y placa plana.

Geometría pieza / Espesor color			
Tiempo atemperado ensayo= 48 h			
Temperatura ensayo= 60°C			
Espesor barniz= 40 µm			
	12 µm	17 µm (STD)	22 µm
Pieza curva (STD)	OK Figura 58	OK Figura 59	OK Figura 60
Placa plana	OK Figura 61	OK Figura 62	NO OK Figura 63

Cuando analizamos la influencia de la geometría de la pieza se obtiene un resultado desfavorable en placa plana y con el espesor de color superior al de la producción.

El siguiente ensayo que se ha realizado ha sido considerando el tiempo de atemperado en función de la geometría de la pieza, manteniendo constantes el resto de parámetros. Los tiempos de atemperado estudiados han sido 0, 8, 24, 48 (valor estándar del ensayo) y 72 horas. Las geometrías de pieza ensayadas han sido pieza curva (valor estándar de producción) y placa plana.

Geometría pieza / Tiempo atemperado ensayo					
Temperatura ensayo= 60°C					
Espesor barniz= 40µm					
Espesor color= 17 µm					
	0 h	8 h	24 h	48 h (STD)	72 h
Pieza curva (STD)	NO OK Figura 64	NO OK Figura 65	OK Figura 66	OK Figura 67	OK Figura 68
Placa plana	NO OK Figura 69	OK Figura 70	OK Figura 71	OK Figura 72	OK Figura 73

Como hasta ahora en lo relativo al tiempo de atemperado, se obtienen resultados negativos en el ensayo de adherencia para tiempos pequeños, como son 0 y 8 horas, ya sea la geometría curva o plana. Cabe destacar la baja calificación del ensayo que se obtiene para un tiempo de atemperado nulo y sobre una pieza curva. En cuanto al tiempo de atemperado se puede determinar que el ensayo de adherencia es favorable para tiempos a partir de 24 horas independientemente de la geometría de la pieza.

Por último se ha llevado a cabo un ensayo en el que se ha considerado la geometría de la pieza en función de la temperatura de ensayo. Las temperaturas que se han estudiado han sido 22°C, temperatura ambiente, y 60°C (valor estándar del ensayo).

Geometría pieza / Temperatura ensayo		
Tiempo atemperado ensayo= 48 h		
Espesor barniz= 40 µm		
Espesor color= 17 µm		
	22°C	60°C (STD)
Pieza curva (STD)	NO OK Figura 74	OK Figura 75
Placa plana	NO OK Figura 76	OK Figura 77

Si nos fijamos en la temperatura de ensayo, de nuevo se obtienen resultados negativos tanto en la pieza curva como en la placa plana cuando no pasan por la etapa de atemperado en el horno previa al ensayo de adherencia.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

A continuación se exponen las conclusiones obtenidas en el diseño de experimentos realizado, con el objetivo de determinar la influencia en el ensayo de adherencia de los cinco parámetros de proceso estudiados: espesor del barniz, espesor del color, tiempo de atemperado del ensayo, temperatura del ensayo y geometría de la pieza.

En cuanto al espesor de barniz se observa que espesores superiores al de producción influyen negativamente en el ensayo de adherencia. Se obtienen resultados desfavorables a partir de espesores de barniz de 50 μm , siendo los peores resultados los del espesor de 60 μm . Por lo tanto se concluye que la utilización de espesores de barniz elevados no es adecuada. El valor óptimo para este parámetro está entre 30 y 40 μm .

La tendencia observada respecto al espesor de color es muy similar a la del espesor de barniz, resultando el espesor de color un parámetro menos determinante para el ensayo de adherencia. De nuevo aparecen casos en los que no se supera el ensayo para espesores superiores al de producción y además se obtiene un resultado negativo para el espesor inferior. Así se determina que el valor adecuado para el espesor de color es el de la producción, en torno a 17 μm .

La conclusión referida al tiempo de atemperado es que los tiempos bajos, es decir 0 y 8 horas, resultan insuficientes. En los diferentes ensayos se observa que a partir de 24 horas los resultados son favorables. Por lo tanto en cuanto al tiempo de atemperado se determina que 24 horas son suficientes, aunque el procedimiento del ensayo de adherencia fija este parámetro en 48 horas.

Si nos fijamos en la temperatura de ensayo se puede observar que atemperar las piezas a 60°C en el horno es más ventajoso que realizar el ensayo de adherencia sin esta etapa previa. La temperatura óptima son 60°C, tal y como indica el procedimiento del ensayo de adherencia.

La geometría de la pieza no es un parámetro muy determinante para el ensayo de adherencia, manteniendo el resto de parámetros en su valor adecuado. Si bien se observan mejores resultados en placa plana.

Capítulo 7

ANÁLISIS ECONÓMICO

Ahorros:

La principal aportación de este proyecto es la definición de un micraje óptimo de barniz, tanto a nivel de aspecto como para que pase el ensayo de adherencia. Este micraje óptimo está en torno a 35-40 µm. Mientras que la empresa estaba aplicando como norma estándar 40-50 µm. La acción de mejora llevada a cabo ha sido aplicar una reducción de caudales de barniz del 20%, para reducir de 5 a 10 micras el espesor de barniz. De este modo el ahorro por pieza es el siguiente:

$$\text{Ahorro/pieza} = \frac{20 \text{ g barniz}}{\text{pieza}} \times 0,2 \text{ (20\% reducción barniz)} \times \frac{7 \text{ €}}{\text{Kg barniz}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,028 \frac{\text{€}}{\text{pieza}}$$

Este ahorro se puede extrapolar a todos los colores de este modelo de Volkswagen, el proyecto Golf+. La medida se está aplicando desde el 3/11/2014.

$$\text{Ahorro Golf +/año} = 0,028 \frac{\text{€}}{\text{pieza}} \times \frac{500.000 \text{ uds.}}{\text{año}} = 14.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Además, existe un potencial ahorro por transversalización a otros modelos similares que se pintan en producción:

Modelo	Ventas anuales
• A9:	550.000 uds.
• Nissan Note:	135.000 uds.
• Nissan Pulsar:	170.000 uds.
• Ford Focus:	650.000 uds.
• Polo PQ25:	750.000 uds.
• VW Tiguan:	450.000 uds.
TOTAL	2.705.000 uds.

$$\text{Ahorro previsto} = 0,028 \frac{\text{€}}{\text{pieza}} \times \frac{2.705.000 \text{ uds.}}{\text{año}} = 75.740 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

La empresa ha incluido estos ahorros en el Presupuesto de 2015:

$$\text{Ahorro total} = 14.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 75.740 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 89.740 \frac{\text{€}}{\text{año}} \cong 90.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Gastos:

Por un lado hay que considerar el coste que ha supuesto para la empresa el conjunto de las pruebas realizadas. En este cálculo se tiene que tener en cuenta el coste de la pieza plástica, el consumo en el proceso de pintura, la mano de obra y el tiempo de programación de los robots. En primer lugar se va a realizar un cálculo aproximado del coste material por pieza y luego se va a calcular el coste de la mano de obra. A continuación se calcula el coste total de las pruebas que se han realizado para desarrollar el presente proyecto:

$$Gasto\ Material/pieza = \frac{1,2\ \text{€}}{pieza\ plástica} + \frac{2,5\ \text{€ consumo proceso pintura}}{pieza} = 3,7\ \frac{\text{€}}{pieza}$$

Gasto MO total =

$$\left(\frac{1\ \text{hora trabajo}}{\text{bastidor}} \times 3\ \text{bastidores} \times \frac{15\ \text{€}}{\text{hora trabajo}}\right) + \left(12\ \text{horas programación robots} \times \frac{35\ \text{€}}{\text{hora}}\right) = 465\ \text{€}$$

$$Gasto\ pruebas\ total = \left(\frac{42\ \text{piezas}}{\text{bastidor}} \times 3\ \text{bastidores} \times 3,7\ \frac{\text{€}}{\text{pieza}}\right) + 465\ \text{€} = 931,2\ \text{€}$$

Además hay que considerar el salario del estudiante durante la realización de las prácticas en la empresa:

$$Gasto\ salario = \frac{500\ \text{€}}{\text{mes}} \times 4\ \text{meses} = 2.000\ \text{€}$$

Con todo esto se calculan los gastos totales que ha tenido la empresa por la realización del proyecto:

$$Gasto\ total = 931,2\ \text{€} + 2.000\ \text{€} = 2.931,2\ \text{€} \cong 3.000\ \text{€}$$

Balance económico:

A continuación se calcula el beneficio económico anual que la empresa ha obtenido gracias al presente proyecto fin de carrera, del cual ya se está empezando a beneficiar:

$$\text{Beneficio} = \text{Ahorro} - \text{Gasto}$$

$$\text{Beneficio anual} = 14.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} - 3.000 \text{ €} = 11.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Desde que la propuesta de mejora fue puesta en marcha el 3/11/14 hasta la actualidad se ha obtenido el siguiente beneficio (ya han recuperado los costes del proyecto):

$$\text{Beneficio actual} = 11.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \times 4 \text{ meses} = 3666.7 \text{ €} \cong 4.000 \text{ €}$$

Además el beneficio potencial anual que se puede llegar a obtener si se aplica la medida de la reducción de barniz en otros modelos similares que se producen en la empresa es el siguiente:

$$\text{Beneficio potencial anual} = 90.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} - 3.000 \text{ €} = 87.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

ANEXO A

FIGURAS RESULTADOS

Tiempo atemperado ensayo / Espesor barniz



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17



Figura 18



Figura 19



Figura 20

Temperatura ensayo / Espesor barniz



Figura 21



Figura 22



Figura 23



Figura 24



Figura 25



Figura 26



Figura 27



Figura 28

Geometría pieza / Espesor barniz



Figura 29



Figura 30



Figura 31



Figura 32



Figura 33



Figura 34



Figura 35



Figura 36

Tiempo atemperado ensayo / Espesor color



Figura 37



Figura 38



Figura 39



Figura 40



Figura 41



Figura 42



Figura 43



Figura 44



Figura 45



Figura 46



Figura 47



Figura 48



Figura 49



Figura 50



Figura 51

Temperatura ensayo / Espesor color



Figura 52



Figura 53



Figura 54



Figura 55



Figura 56



Figura 57

Geometría pieza / Espesor color



Figura 58



Figura 59



Figura 60

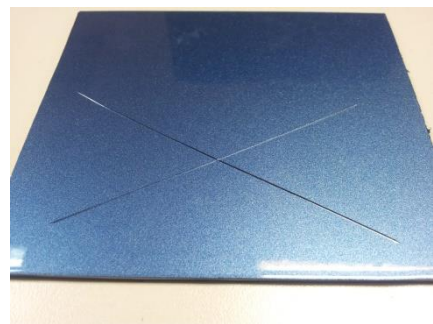


Figura 61

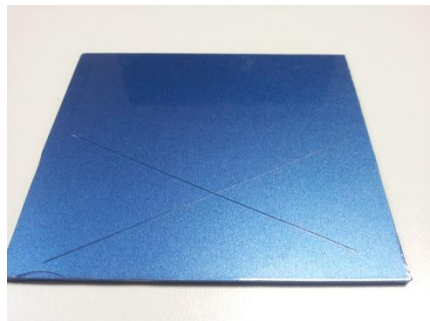


Figura 62



Figura 63

Geometría pieza / Tiempo atemperado ensayo



Figura 64



Figura 65



Figura 66



Figura 67



Figura 68



Figura 69



Figura 70



Figura 71



Figura 72

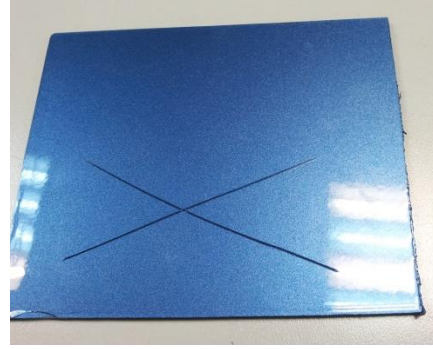


Figura 73

Geometría pieza / Temperatura ensayo



Figura 74



Figura 75



Figura 76



Figura 77

ANEXO B

**INDICADORES DEL PROCESO
DE PINTURA**

El proceso de pintura se monitorea mediante una serie de indicadores clave que son el resultado de una recopilación de datos a nivel general de planta y de datos a nivel particular de cada proyecto.

Estos indicadores forman parte también del correspondiente semáforo de la sección y sirven para hacer comparable y valorable el proceso independientemente de la planta o la instalación en la que se desarrolló.

VARIABLE (UNIDAD)	RG (%)
INDICADOR	RENDIMIENTO GENERAL
Descripción	Es la relación existente entre los bastidores estándares pintados y los bastidores disponibles.
Fórmula	$RG = BS / BD$
Variables del cálculo	BS, BD
VARIABLE (UNIDAD)	MT (%)
INDICADOR	% MEJORA TECNOLÓGICA
Descripción	Es la relación resultado de sumar la mejora productiva de la instalación de pintura con la mejora de bastidores.
Fórmula	$MT = MI + MB$
Variables del cálculo	MI, MB
VARIABLE (UNIDAD)	BS (bastidores / mes)
INDICADOR	PRODUCTIVIDAD
Descripción	Bastidores pintados por mes
Fórmula	$BS = \sum (P/N)_i$
Variables del cálculo	P (piezas pintadas por mes de cada proyecto), n (piezas por bastidor de pintura para cada proyecto)
VARIABLE (UNIDAD)	Abs (%)
INDICADOR	NIVEL ABSENTISMO
Descripción	Relación entre la mano de obra total efectiva (que trabaja) respecto de la mano de obra total contratada (se consideran directos e indirectos).
Fórmula	$Abs = 1 - (DMP + UMP) / (DMPc + UMPc)$
Variables del cálculo	DMP, UMP, DMPc, UMPc
VARIABLE (UNIDAD)	DMPc (h / mes)
INDICADOR	MAN-POWER DIRECTO CONTRATADO
Descripción	Son el total de horas al mes que se han contratado y que se han aplicado como personal directo.
Fórmula	Valor real
Variables del cálculo	---
VARIABLE (UNIDAD)	UMPc (h / mes)
INDICADOR	MAN-POWER INDIRECTO CONTRATADO
Descripción	Son el total de horas al mes que se han contratado y que se han aplicado como personal indirecto.
Fórmula	Valor real
Variables del cálculo	---
VARIABLE (UNIDAD)	S (%)
INDICADOR	% SCRAP
Descripción	Es la relación porcentual de piezas que no se pueden reprocesar

	sino que deben mandarse al achatarramiento, respecto del número total de piezas pintadas.
Fórmula	$S = \sum((n^{\circ} \text{ piezas scrap total mensual}) / P)_i$
VARIABLES del cálculo	S de cada proyecto, P de cada proyecto
VARIABLE (UNIDAD)	R (%)
INDICADOR	RECHAZO GLOBAL
Descripción	Es la relación porcentual de piezas que se reprocesan y repintan, respecto del número total de piezas pintadas.
Fórmula	$S = \sum((n^{\circ} \text{ piezas rechazadas total mensual}) / P)_i$
VARIABLES del cálculo	R de cada proyecto, P de cada proyecto
VARIABLE (UNIDAD)	PA (%)
INDICADOR	AUDITORÍA PROCESO
Descripción	Es el valor porcentual obtenido en la auditoría de proceso que se realiza periódicamente
Fórmula	Valor real
VARIABLES del cálculo	---
VARIABLE (UNIDAD)	TU (%)
INDICADOR	TASA DE UTILIZACIÓN
Descripción	Es la relación porcentual de entre los bastidores disponibles (bastidores que se han pintado por mes) y los bastidores totales máximos que se podrían haber pintado.
Fórmula	$TU = BD / BT$
VARIABLES del cálculo	BD, BT
VARIABLE (UNIDAD)	LO (h / mes)
INDICADOR	FALTAS DE PEDIDO
Descripción	Son las horas por mes en las cuales la línea de pintura se mantiene parada por la inexistencia de pedidos, o sea por causas ajenas a la propia cadena de producción.
Fórmula	Valor real
VARIABLES del cálculo	---
VARIABLE (UNIDAD)	MS (€)
INDICADOR	GASTO MANTENIMIENTO TOTALES
Descripción	Es el valor total en Euros dedicado a los gastos de mantenimiento de la línea de pintura.
Fórmula	Valor real
VARIABLES del cálculo	---
VARIABLE (UNIDAD)	C (€)
INDICADOR	CONSUMO
Descripción	Es el valor total en Euros que se ha consumido en la línea de pintura en concepto de materias primas. Se calcula en base a los valores de stocks iniciales y finales y las compras.
Fórmula	$C = SF - (SI + CO)$
VARIABLES del cálculo	SF, SI, CO

Los indicadores específicos de proyecto son los siguientes:

VARIABLE (UNIDAD)	P (n)
INDICADOR	PIEZAS PINTADAS
Descripción	Es el número total de piezas que se han pintado de cada uno de los proyectos. Una misma pieza será contabilizada tantas veces como sea pintada.
Fórmula	$P = \sum (P_i)$
Variables del cálculo	P_i
VARIABLE (UNIDAD)	R (%)
INDICADOR	RECHAZO
Descripción	Es la relación porcentual de piezas que se reprocesan y repintan, respecto del número total de piezas pintadas por proyecto.
Fórmula	$S = N^{\circ} \text{ piezas rechazadas total mensual} / P$
Variables del cálculo	R , P (de cada proyecto)
VARIABLE (UNIDAD)	S (%)
INDICADOR	SCRAP
Descripción	Es la relación porcentual de piezas que no se pueden reprocesar sino que deben mandarse al achatarramiento, respecto del número total de piezas pintadas.
Fórmula	$S = \sum ((n^{\circ} \text{ piezas scrap total mensual}) / P)_i$
Variables del cálculo	S de cada proyecto, P de cada proyecto
VARIABLE (UNIDAD)	MT (n)
INDICADOR	MEJORA TECNOLÓGICA
Descripción	Para cada proyecto se tiene únicamente en cuenta como MT, la correspondiente Mejora de Bastidores calculada en base al número de piezas pintadas por bastidor.
Fórmula	$MB = (BS_o - BS) / BS_o$
Variables del cálculo	BS_o, BS
VARIABLE (UNIDAD)	RE (%)
INDICADOR	RECHAZO EXTERNO
Descripción	Es el número total de piezas pintadas que han sido rechazadas por los clientes ya sean internos o externos.
Fórmula	$RE = n^{\circ} \text{ piezas rechazadas por cliente} / \text{número de piezas vendidas}$
Variables del cálculo	Piezas vendidas, Piezas rechazadas por cliente

Para el cálculo de dichos indicadores son necesarios algunos de los indicadores primarios y parámetros que se presentan a continuación.

PARÁMETRO / INDICADOR	VARIABLE (UNIDAD)	FÓRMULA
VELOCIDAD MÁXIMA DE LA CADENA	V (m / min)	Valor real
DISTANCIA ENTRE BASTIDORES	d (m)	Valor real
Nº PASOS BASTIDOR POR CABINA	y (n)	Valor real
DIAS FUNCIONAMIENTO INSTALACIÓN	n (días / mes)	Valor real
TURNOS FUNCIONAMIENTO INSTALACIÓN	sh (turnos / día)	Valor real
HORAS FUNCIONAMIENTO POR TURNO	tsh (h / turno)	Valor real
MAN-POWER DIRECTO EFECTIVO	DMP (h / mes)	Valor real
MAN-POWER INDIRECTO EFECTIVO	UMP (h / mes)	Valor real
HORAS FUNCIONAMIENTO INSTALACIÓN	T (h / mes)	$T = n * sh * tsh$
BASTIDORES MÁXIMOS HORA	BPH (bastidores / h)	$BPH = V / d$
