



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LATERALES EN
VOLKSWAGEN

Álvaro Vega Hernández

Francisco Javier Merino Díaz de Cerio

Pamplona, 25 de febrero de 2011



Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a la empresa Volkswagen Navarra S.A. la oportunidad que me ha facilitado para realizar este Proyecto Fin de Carrera y aprender con él.

A todos los compañeros tanto de la oficina técnica de Mantenimiento, Producción Chapa, Procesos Chapa y Planificación Industrial. Gracias por todo vuestro apoyo, disposición y consejo. Mención especial a Alberto Irigoyen, quien siempre ha estado disponible para ayudarme en la realización del trabajo.

A todos mis compañeros becarios del departamento, porque mi estancia durante estos meses no hubiese sido lo mismo sin vosotros.

A mi tutor en la universidad Francisco Javier Merino Díaz de Cerio, por el tiempo dedicado a mi proyecto y por sus recomendaciones.

A mis amigos Pablo, Julio, Guillermo, Alejandro, Josema, Borja, Steve, Anara,... y a todos los que estáis ahí en los momentos buenos y malos.

A mis padres y a mi hermano, por tantas razones que no me cabrían en esta página. Por vuestra ayuda y comprensión incondicional. Por aguantar mis ausencias... y por tantos otros motivos.

A mi abuelo, Dr. Ingeniero Industrial Ángel Hernández Lacal, quien me animó a estudiar esta carrera, y ahora puedo decirte que lo he conseguido. Por ser como eres; siempre has sido mi modelo y ejemplo de vida a seguir.

Y de un modo especial a Helena, que ha sido mi gran ilusión durante este tiempo.

Asimismo, a todas aquellas personas que, habiendo colaborado de un modo u otro, por omisión involuntaria no han sido reflejadas en estas líneas.

A todos ellos, gracias.

Álvaro Vega Hernández



Resumen

En el actual contexto de mercados de capital agresivo, competencia global y clientes exigentes, acentuado aún más si cabe por la actual situación de crisis económica, Volkswagen Navarra S.A., como integrante de la competitiva industria del automóvil, está sometida a un desafío constante. Unido todo ello al desarrollo de un número cada vez mayor de variantes, hace que la empresa tenga que ser capaz de adaptar continuamente sus sistemas de Producción, Logística y prestaciones de Servicio para dar respuesta a la demanda existente sin incrementar por ellos los costes de su actividad y dentro del marco de la mejora continua.

Cumplir los Programas Operativos en cuanto a cantidad, plazos de entrega y costes es un objetivo primordial para una buena dirección de toda empresa. El sector del automóvil se caracteriza además por plazos de entrega cada vez más breves y un tipo de producto cada vez más sofisticado y personalizado. Por ello, es realmente importante conseguir unos tiempos de producción cada vez menores, con altos estándares de calidad y sin incurrir en grandes gastos. La optimización de los recursos y del proceso se convierte en una herramienta clave para lograr todos estos objetivos.

Dicho esto, el presente proyecto, llevado a cabo en el taller de Chapistería de la mencionada empresa, pretende proponer por un lado una metodología de análisis y optimización de cualquier proceso productivo; y por otro, mejorar la disponibilidad de una de las instalaciones de la fábrica, en concreto, la instalación donde se fabrican los laterales de dos y cuatro puertas para el modelo Polo.

El proyecto comienza una primera parte introductoria acerca de la empresa con el fin de facilitar la comprensión del trabajo. Se trata básicamente de una descripción de la misma, así como del proceso productivo que en ella tiene lugar. Se empieza a describir el proceso desde una perspectiva general para, poco a poco, ir concretando hasta llegar a la instalación de los laterales.

En el segundo capítulo del proyecto se presenta la metodología propia empleada por el Grupo Volkswagen para la optimización de cualquier proceso productivo. Esta forma de trabajo está basada en Metodología de Mejora Continua a través de la filosofía Cascada-KVP. La puesta en práctica de esta filosofía se lleva a cabo a través de la realización de talleres denominados *Workshops*. Este método permite determinar y analizar, por un lado, el nivel de disponibilidad inicial de la instalación; y por otro, encontrar todos los puntos de mejora para maximizar la productividad de la misma. Se hace especial énfasis en eliminar los problemas repetitivos, considerados como principales responsables de que la instalación permanezca parada o fuera de funcionamiento.



Seguidamente, tiene lugar la aplicación práctica del Método de Mejora Continua en la producción de los laterales, principal objetivo del presente proyecto. Para ello se realizan varias mejoras u optimizaciones a través de la eliminación de derroches que afectan a la productividad efectiva.

El último capítulo presenta los resultados y conclusiones después de haber aplicado el método. Se analiza la repercusión que dicha metodología ha supuesto en la mejora de la disponibilidad de la instalación de los laterales, y se procede a evaluar su validez comparando la situación real alcanzada con la situación original. Se analizan las mejoras desde el punto de vista cualitativo y desde el punto de vista cuantitativo. Es por esta última razón por la que se realiza una valoración económica de las mejoras a través de los ahorros generados y las inversiones realizadas. Los resultados obtenidos pondrán de manifiesto si la filosofía empleada es una herramienta para crear estrategias sistemáticas de mejora que consiguen dar ventaja competitiva a la empresa y situarla en una posición privilegiada dentro del sector automovilístico.



Índice de Contenidos

	Página
1 Introducción	10
2 Volkswagen Navarra	13
2.1 Historia	15
2.2 Historia Volkswagen Polo	22
2.3 Presente	27
2.4 Proceso de Producción	29
2.5 Taller de Chapistería	39
2.6 Laterales	46
3 Fundamentos del Método de Mejora Continua	52
3.1 Sistema de Producción Volkswagen	52
3.2 Fundamentos del <i>Workshop</i>	56
3.2.1 Descripción del <i>Workshop</i>	56
3.2.2 Organización del <i>Workshop</i>	63
3.2.3 Descripción de la Situación Inicial	66
3.2.4 Objetivos	67
4 Desarrollo del Método de Mejora Continua	68
4.1 Desarrollo del <i>Workshop</i>	68
4.2 Optimización del Proceso. Desarrollo de Proyectos	69
4.2.1 Optimización del Cambio de Electrodo	71
4.2.2 Modificación de la AFO 10	82
4.2.3 Reducción de Bollos y Proyecciones	91
5 Resultados y Conclusiones	104



Apéndices

	Página
A Pirámide Gráfica Laterales	108
B Instrucciones de Trabajo AFO 10	118
C Pistolas de Masilla	122



Lista de Figuras

	Página
2.1 Marcas que componen el Grupo Volkswagen.....	14
2.2 Fábricas de Volkswagen en el mundo.....	14
2.3 Modelos fabricados por Authi.....	16
2.4 Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1965 a 1975.....	16
2.5 Modelos fabricados por SEAT.....	17
2.6 Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1976 a 1983.....	18
2.7 Vista aérea de la Planta de Volkswagen Navarra. Año 2000.....	20
2.8 Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1984 hasta hoy.....	21
2.9 Polo A01.....	22
2.10 Polo A02.....	23
2.11 Polo A03.....	23
2.12 Polo A04.....	24
2.13 Dimensiones del Polo A05 respecto al Polo A04.....	25
2.14 Polo A05.....	26
2.15 Plantilla Volkswagen Navarra S.A.....	27
2.16 Ventas del Volkswagen Polo en el Mundo.....	28
2.17 Lay-out de la fábrica y visualización esquemática del proceso productivo.....	30
2.18 Taller de Prensas.....	31
2.19 Taller de Chapistería.....	33
2.20 Taller de Pintura.....	34
2.21 Taller de Motores.....	36
2.22 Taller de Montaje.....	37
2.23 Revisión Final.....	38
2.24 Lay-out del Taller de Chapa.....	39
2.25 Carrocería de 4 puertas sin Autobastidor.....	41
2.26 Proceso productivo en el Taller de Chapistería.....	42
2.27 Pinzas portaelectrodos.....	43
2.28 Sistema de aplicación de masilla.....	45
2.29 Lay-out instalación lateral izquierdo de la Fábrica 1.....	48
2.31 Conjunto Lateral Interior 4p.....	48
2.32 Conjunto Lateral Interior Completo 4p.....	49
2.33 Conjunto Lateral Exterior Completo 4p.....	50
2.34 Conjunto Lateral 4p.....	51
3.1 Sistema de producción Volkswagen (casa).....	53
3.2 Herramientas empleadas por la metodología de Mejora Continua.....	55
3.3 Plantilla para el registro de incidencias.....	57
3.4 Gráfico de disponibilidad.....	60
3.5 Simbología empleada para determinar el estado de la erradicación del problema y el estatus de la medida.....	62
3.6 Plan semanal del <i>Workshop</i>	65
3.7 Tiempos Ciclo instalación lateral derecho 4P fábrica 1.....	67
4.1 Potencia eléctrica empleada en la soldadura.....	72
4.2 Cambio de electrodos original.....	76
4.3 Agrupación de electrodos por bombas.....	79



4.4	Cambio sistemático de electrodos al finalizar el turno	80
4.5	Piezas conformadas en el Refuerzo Lateral Interior	82
4.7	Tiempos operarios AFO 10	85
4.8	Ubicación AFO 10 y AFO 50	86
4.9	Modificación AFO 10	89
4.10	Mejora ergonómica operario AFO 10	90
4.11	Resumen retrabajo de bollos	92
4.12	Imputación de laterales en el total de retrabajos	92
4.13	Zonas de aparición de bollos en los laterales	93
4.14	Engrapado del Pasorruedas	94
4.15	Apriete de electrodos	95
4.16	Exceso de masilla tras el cierre de válvula	96
4.17	Manipulación correcta del pasorruedas	97
4.18	Herramientas para cambio de electrodos. Modelos iniciales y modelo definitivo	99
4.19	Cambio de electrodos con el nuevo útil	99
4.20	Verificación de la aplicación de masilla	100
4.21	Horas anuales empleadas en retrabajos del lateral	102



Lista de Tablas

	Página
2.1 Producción de coches en Volkswagen Navarra desde su fundación.....	21
2.2 Resumen línea Fábrica 1.....	46
2.3 Resumen línea Fábrica 2.....	46
4.1 Piezas soldadas teóricas con cada par de electrodos.....	74
4.2 Piezas soldadas con cada par de electrodos.....	77
4.3 Ajuste de las piezas soldadas con cada par de electrodos.....	78
4.4 Optimización del cambio de electrodos.....	81
4.5 Carga de Trabajo Operario 1 AFO 10. Situación original.....	84
4.6 Carga de Trabajo Operario 2 AFO 10. Situación original.....	84
4.7 Carga de Trabajo Operario AFO 50.....	86
4.8 Carga de Trabajo 1 Operario AFO 10. Situación modificada.....	87
4.9 Carga de Trabajo 2 Operario AFO 10. Situación modificada.....	88
5.1 Balance económico del Proyecto.....	106



1 Introducción

Este Proyecto Fin de Carrera (PFC) ha sido realizado por el alumno Álvaro Vega Hernández, con el fin de obtener el título de Ingeniero Industrial, y se ha llevado a cabo en el Departamento de Chapistería de la empresa Volkswagen Navarra S.A. entre el 13 de septiembre de 2010 y el 18 de febrero de 2011. De este modo, mediante la mutua colaboración entre el estudiante universitario y la empresa, se logra un doble objetivo. Por un lado la realización del proyecto necesario para la finalización de la carrera universitaria y, por otro, su aplicación real en la empresa que permita mejorar su proceso productivo.

El objetivo principal del presente proyecto es aumentar la disponibilidad de la instalación donde se fabrican los laterales del vehículo, mediante la aplicación de una metodología específica para la resolución de problemas basada en la filosofía de Mejora Continua y llevada a cabo a través de talleres o *Workshops*. Tomando como modelo esta instalación, también se pretende proponer al mismo tiempo una metodología de análisis y optimización aplicable a cualquier proceso productivo.

Así pues, se pretende entender cuál es la situación inicial de pérdidas o derroches en la línea con respecto a la cantidad y naturaleza del conjunto de los recursos utilizados, e identificar no sólo problemas patentes y/o latentes, sino también oportunidades de mejora. El proyecto pondrá especial acento en resolver los problemas o ineficiencias ocurridos con una mayor frecuencia, síntoma inequívoco de un desconocimiento en la causa raíz de los problemas en cuestión.

Este proceso de resolución de problemas consta de cuatro grandes etapas: comprensión del problema o de la situación anómala, investigación de las causas, corrección del problema y prevención y estandarización.

En la primera parte del proceso se debe identificar el problema, aclararlo o describirlo y localizar el punto de causa. Destacar que el punto de causa puede ser un concepto difícil de comprender y es a menudo el verdadero problema. El problema es un residuo, una desviación del estándar o de la norma. El punto de causa es el tiempo físico y/o la ubicación de la desviación que está teniendo lugar. Del mismo modo, si fuera necesario, una subdivisión o estratificación del problema en elementos más pequeños y sencillos facilitarían la comprensión del mismo así como la identificación de otros posibles problemas derivados. Es además en esta tarea de identificación y descripción del problema en la que la metodología puesta en marcha se ha volcado especialmente, aportando nuevas técnicas y procedimientos.

En la segunda parte del proceso se procederá a identificar la causa raíz o causa última tanto del problema específico como del porqué no se ha detectado el problema



con anterioridad y del porqué el sistema ha permitido que ocurra dicho fallo. El desarrollo de una investigación "5 porqués" podrá ser de gran ayuda en esta tarea. Así pues, cuando se considere haber dado con la causa raíz será necesario preguntarse las siguientes cuestiones:

- Considerando la causa directa actual, ¿se prevendrá la repetición o la reaparición del problema?
- Si no, ¿puede verse el siguiente nivel de causa?
- Si no, ¿qué se sospecha como siguiente nivel de causa?
- ¿Cómo puedo comprobar y confirmar el siguiente nivel de causa?
- ¿Se prevendría la repetición o la reaparición del problema considerando ese nivel de causa?

En la tercera parte del proceso, una vez identificada la causa raíz, se pasará a tomar medidas específicas y concretas para solucionar el problema. No obstante, antes de llegar a este punto, se deberán haber implantado medidas temporales a corto plazo o "parches" para contener el problema hasta encontrar una solución permanente o, por lo menos, hasta que la causa raíz haya sido descubierta. Al mismo tiempo será necesario también realizar un control y un seguimiento en la efectividad de la medida con objeto de comprobar si realmente está funcionando.

En la cuarta y última gran parte del procedimiento se deberán llevar a cabo medidas específicas para asegurar la no reaparición del fallo con el paso del tiempo y estandarizar las acciones tomadas en ese caso concreto trasladándolas a otras máquinas, tecnologías o instalaciones similares. En definitiva, normalizar e integrar en el sistema los resultados obtenidos y aprendidos.

Seis van a ser los grandes campos en los que se van a agrupar o clasificar Los derroches o pérdidas:

- *Averías técnicas*
Paradas en la instalación ocasionadas por la alteración parcial o total en el funcionamiento normal de los equipos.
- *Saturaciones*
Tiempo que la instalación permanece parada porque la cadena no avanza; esto es, porque no llegan carrocerías o porque la cantidad de stock es excesiva.



- *Paradas por calidad*
Paradas necesarias para corregir desviaciones en el proceso o en las piezas que afectan a la calidad del producto.
- *Paradas logísticas*
Incidencias asociadas a la gestión de materiales como falta de suministro de piezas.
- *Paradas por producción*
Paradas asociadas a la propia labor de fabricar. Generalmente son tiempos de preparación, de ajuste y de puesta en marcha.
- *Tiempo abierto*
Tiempo que la instalación se encuentra sin producir y se desconoce el motivo u origen de esa ineficiencia. Principalmente entran en este grupo las paradas cortas y el funcionamiento de los equipos a velocidad reducida, es decir, fuera de tiempo ciclo.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la parada o del fallo, el objetivo específico de este proyecto será maximizar la disponibilidad técnica minimizando cada uno de estos seis grandes bloques de pérdidas. Se diseñará, formulará y ejecutará un plan de acción para eliminarlas o reducirlas, eliminando las causas que las producen.

En la práctica, la consecución de este objetivo se va a traducir en la realización de una serie de tres proyectos específicos, los cuales van a dar respuesta, principalmente, a los fallos que ocurren con una mayor frecuencia, pero también, como se ha indicado al inicio de este apartado, a oportunidades de mejora observadas en la instalación gracias a la coyuntura ofrecida por la dinámica de trabajo establecida. Los proyectos realizados son los siguientes:

- *Optimización del cambio de electrodos*
- *Modificación de la AFO 10*
- *Reducción de bollos y proyecciones*

Se realizará una descripción detallada de cada uno de estos tres proyectos, analizando la situación inicial y final, así como los beneficios económicos generados.



2 Volkswagen Navarra

Volkswagen Navarra se encuentra situada en el polígono industrial Landaben, en el pueblo navarro de Arazuri, muy cerca de los pueblos de Orcoyen y Barañáin y de la ciudad de Pamplona.

La principal misión de la empresa es ser fábrica líder de modelo Polo asegurando de manera sostenible la rentabilidad y la viabilidad futura de la planta aumentando permanentemente la satisfacción del cliente, la competitividad y la eficiencia en la organización. Al mismo tiempo Volkswagen Navarra S.A. es referencia en cuanto a aportación al desarrollo de la sociedad navarra.

La marca Volkswagen ha configurado una oferta basada en modelos que heredan el nombre generación tras generación, ofreciendo productos que se ajustan a diferentes tipos de cliente, desde vehículos utilitarios hasta vehículos de la clase de lujo.

Los orígenes de Volkswagen se remontan a 1933, cuando Adolf Hitler quiso poner en marcha un plan de fomento de la industria del automóvil. Ferdinand Porsche fue el encargado que llevar a cabo dicho plan a través de la creación de un nuevo vehículo sencillo y barato, el cual iba a ser llamado desde entonces “coche del pueblo”. Aunque sus primeros pasos comenzaron antes de la Segunda Guerra Mundial, no fue hasta los años cincuenta cuando el “Escarabajo” se convierte en un vehículo de gran aceptación social tanto en Europa como en América, dando así a conocer la marca a nivel mundial.

La empresa pertenece al Grupo Volkswagen. Con sede principal en Wolfsburg (Alemania), Grupo Volkswagen es el mayor fabricante de automóviles de Europa y segundo a nivel mundial después de Toyota. Se trata de uno de los productores líderes de la industria automovilística. Hay 48 plantas distribuidas por todo el mundo que producen a diario una múltiple oferta de vehículos, que se comercializan en 154 mercados diferentes y que satisfacen las necesidades de millones de clientes. Tiene una cuota de mercado mundial del 9,7%, mientras que en Europa occidental uno de cada cinco vehículos es fabricado por el Grupo.

El Grupo Volkswagen está compuesto por diez marcas procedentes de siete países europeos: Volkswagen, AUDI, Bentley, Bugatti, Lamborghini, SEAT, Skoda, Porsche, Scania y Volkswagen Vehículos Comerciales. Cada marca mantiene su propio carácter y opera independientemente en el mercado, y todas ellas tienen un objetivo común: producir vehículos atractivos, seguros y respetuosos con el medio ambiente.



Figura 2.1: Marcas que componen el Grupo Volkswagen

En doce países de Europa y en seis países de América, África y Asia, el Grupo Volkswagen produce vehículos en 62 fábricas. Ceca de 329.000 empleados producen cada día en todo el mundo más de 24.500 coches, que son comercializados en 150 países diferentes.

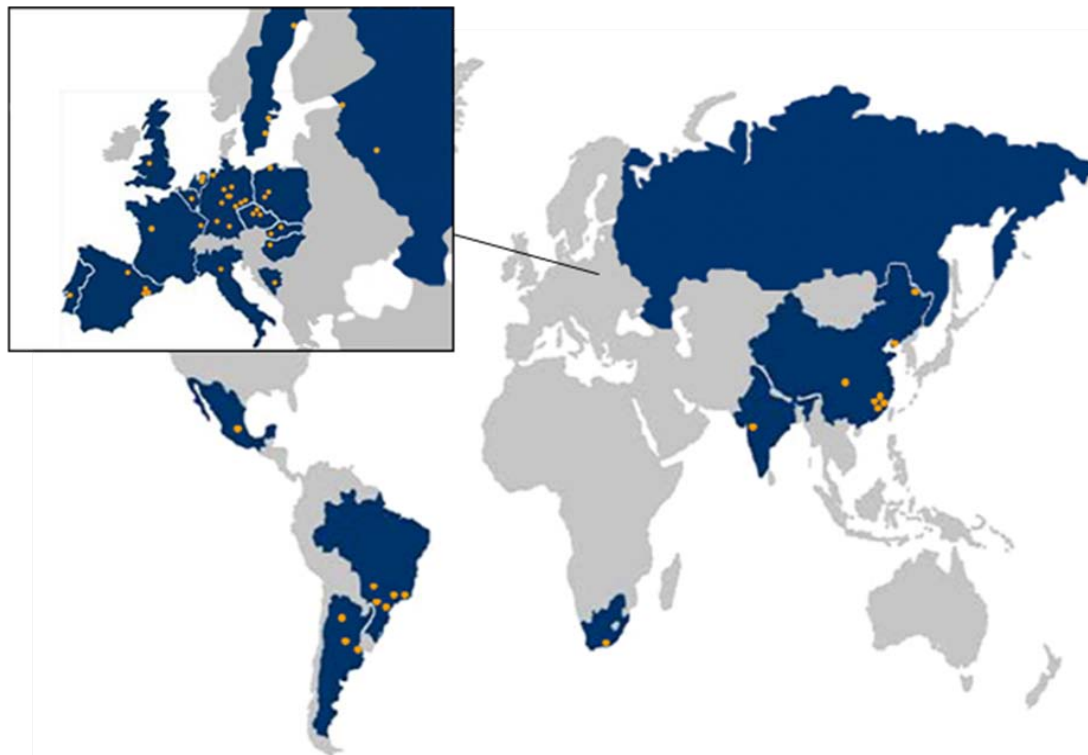


Figura 2.2: Fábricas de Volkswagen en el mundo



2.1 Historia

La planta de Volkswagen Navarra ha ido cambiando y desarrollándose a lo largo de los años desde su creación en la década de los sesenta hasta nuestros días. No ha tenido las instalaciones actuales e incluso, ni tan siquiera ha pertenecido a Volkswagen. Esta fábrica tiene historia, y esa historia ha ido decidiendo de forma importante en la historia de Pamplona y de la propia comunidad foral.

Authi (1965-1975)

La actual fábrica de Volkswagen Navarra tiene su origen en 1965, cuando la empresa de motores y cambios “Nueva Montaña Quijano”, presidida por el marqués Eduardo Ruiz de Huidobro Alzuren, contacta con British Motor Corporation para proseguir su actividad industrial de producción de coches a través de la creación de una nueva fábrica.

Dos razones hacen de la capital Navarra el lugar idóneo para su emplazamiento: las exenciones fiscales y el suelo facilitado por la Diputación Foral de Navarra, y su privilegiada situación geográfica. De esta manera en el año 1965 se produce la creación de la factoría Automóviles de Turismo Hispano Ingles (AUTHI) en Pamplona con un capital de 20 millones de pesetas desembolsados por Nueva Montaña y el Banco de Santander.

El 24 de agosto se inicia su construcción sobre más de 466.000 m² adquiridos a la Diputación y el primer director general de AUTHI es el ingeniero industrial catalán José Mir Carbol, procedente de FASA-Renault en Valladolid. El nacimiento del Morris español se produjo por incorporación de una serie de piezas y conjuntos mecánicos provenientes de diversas fábricas del grupo Nueva Montaña Quijano y otras auxiliares, que se ensamblaban de manera definitiva en la cadena de montaje, objeto de la factoría de Landaben. Por ello, la planta de AUTHI en Pamplona estaba considerada más una fábrica de montaje que de coches.

El 30 de Septiembre de 1966, con una plantilla de 500 personas sale el primer coche de la fábrica: un Morris 1.100. Ya a finales de año trabajaban en la factoría 1.000 personas y la producción estimada para el siguiente año era de 2.500 coches por mes.

En el año 1967 se empieza a fabricar el MG 1.100, que causó gran expectación. Y en 1968 se construye el famoso Mini, un coche que quería abrirse hueco en el mercado español. Durante los primeros años de la década de los 70 se empezaron a fabricar modelos nuevos o nuevas versiones de los ya existentes como el Mini Cooper, el Mini GT, Austin 1300, Morris 130 o el MG 1300.



Figura 2.3: Modelos fabricados por Authi

En el año 1969 se produce una crisis en el sector del automóvil en España y la multinacional inglesa British Leyland desembolsa 1.500 millones de pesetas y adquiere el 50% de AUTHI a Nueva Montaña Quijano. La mano de la multinacional inglesa tuvo su primer reflejo al lanzar el Mini 850 en versión popular a comienzos de 1970. Y en agosto de 1973, British Leyland adquiere el 48,3% de las acciones de AUTHI aun en manos de españoles, con lo que pasa a controlar el 98% del capital. British-Leyland comenzó al poco tiempo a anunciar grandes pérdidas por lo que le urgía vender es 50% y fue así como surgió la negociación con General Motors, que finalmente no cuajó.

El 9 de octubre de 1974 a las seis de la mañana un incendio arrasó el almacén general de la fábrica. Afortunadamente faltaba una hora para la entrada al trabajo y no hubo que lamentar víctimas.

La situación de AUTHI era cada vez más grave. La firma entra en suspensión de pagos en febrero de 1975, se inicia una regulación de empleo y por fin, el 22 de julio, se firmo en Pamplona la venta de AUTHI a SEAT, por un importe de 1.100 millones de pesetas.

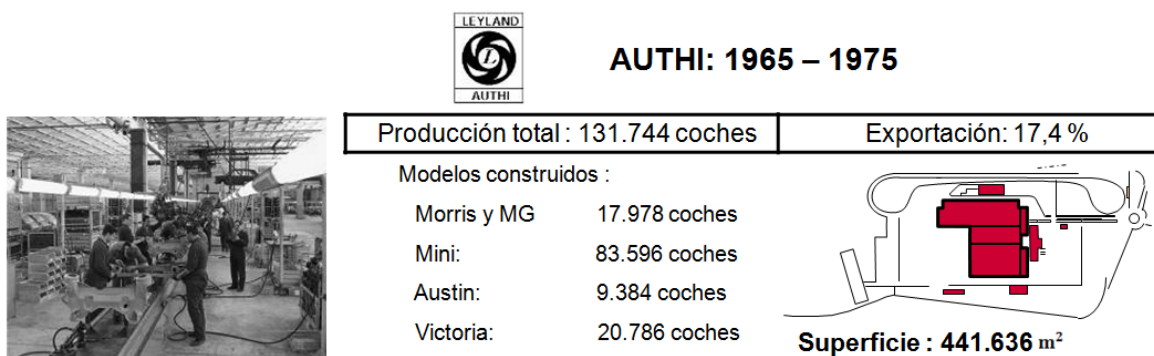


Figura 2.4: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1965 a 1975

SEAT (1976-1983)

El 22 de enero de 1976, salía de la planta de Landaben el primer coche SEAT fabricado en Navarra. Se trataba de un 124 D, de color blanco. EL objetivo era el de alcanzar la plena capacidad en el línea de montaje con una producción de 200 coches diarios en dos turnos de trabajo. En ese momento ya se habían contratado 30 trabajadores y antiguos empleados de AUTHI. Durante 1976, se haría efectiva paulatinamente la contratación del resto de la plantilla que seguía en situación de desempleo. Para el año siguiente en febrero ya salía el coche número 25.000, con una plantilla de 1.768 empleados y una producción diaria de 200 vehículos, todos ellos SEAT 124 D. Además producían 130 subconjuntos de carrocería para ser montados en la fábrica de la Zona Franca de Barcelona.

En febrero de 1978 se habla de una posible regulación de empleo de SEAT que afectaría a unos 27.600 trabajadores, entre ellos 1.745 de la planta de Landaben. Casi la totalidad excepto 30 o 40 empleados. Esto trajo consigo numerosas manifestaciones laborales y la producción de ese año fue de 32.458 coches casi 5.000 unidades menos que en el año 77. En el año 1979 se amplían al otro lado de la vía las instalaciones de la factoría por lo que ahora la superficie total de la fábrica pasa a ser de 789.000 m². La inversión total es de casi 15.000 millones y el objetivo, lanzar un nuevo modelo: el lujoso Lancia. Y es que aunque los métodos de fabricación eran muy distintos, con una especie de cadena artesana, la mayoría de las piezas eran italianas, no así el motor.

1980 es un año importante dentro de Landaben. SEAT invierte 15.000 millones de pesetas en la fábrica, y se empieza a preparar el lanzamiento de un nuevo modelo, el SEAT Panda. Este modelo se convirtió en un superventas, llegando a ser en 1981 el coche más vendido en España, lo que permitió sanear en cierta medida la situación económica de SEAT. Es en 1981, cuando el INI (Instituto Nacional de Industria) compra el total de las acciones de SEAT que tenía FIAT, con lo que se rompen definitivamente los lazos de unión que había habido entre las dos marcas desde la creación de SEAT.



Figura 2.5: Modelos fabricados por SEAT



SEAT: 1976 – 1983

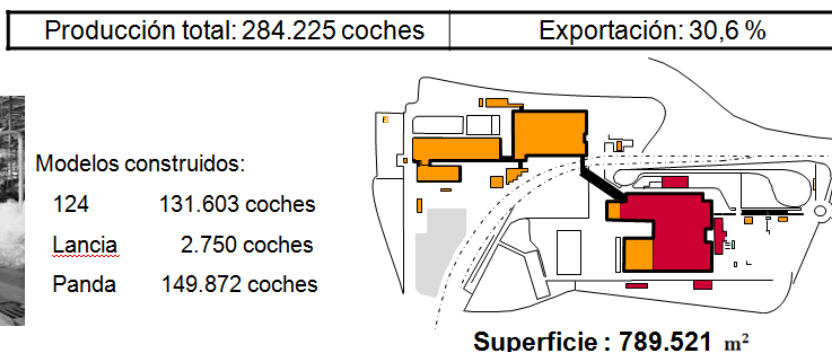


Figura 2.6: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1976 a 1983

Volkswagen (1984-hoy)

Es en el año 1982 cuando entra en escena Volkswagen. La multinacional alemana llega a un acuerdo con el gobierno, por el cual se fabricaría en Landaben 90.000 unidades de los modelos Polo Derby y 30.000 unidades del modelo Santana en régimen CKD (montaje en España de los componentes totalmente fabricados en Alemania). Esta nueva adaptación supuso una inversión de 10.000 millones. Febrero del 1984 marca la fecha de inicio de la fabricación del Polo.

En junio el Polo se presenta públicamente y es entregado el primer coche a la Casa de la Misericordia. Al final de año se alcanza una plantilla de 2.009 empleados y una producción de 30.303 coches de los cuales el 57% tiene como destino la exportación. Al año siguiente se inicia la fabricación del Polo Classic y también los modelos Polo Fox I y II donde se alcanza una capacidad productiva de 400 unidades por turno.

En 1986 Volkswagen adquiere al INI el 51% de SEAT por 82.000 millones y a finales de año su participación alcanza el 75%. La planta de Landaben es distinguida con el premio a la Calidad Mundial de Volkswagen Q-86, por el éxito en el lanzamiento del modelo Polo. Viendo los resultados se estudia la inversión de 100.000 millones durante 10 años, con el fin de duplicar la producción y llegar a las 1.200 unidades diarias, donde aumenta hasta un 75% la producción destinada la exportación.

En 1988 se inicia la fabricación del Polo Coupé y SEAT-Volkswagen presenta su Plan Industrial (1989-1998), donde se incluye el nacimiento de un nuevo modelo. La fabricación del Polo Classic se hace de forma exclusiva. Durante este año se suprime el abastecimiento de gas licuado para realizar la conexión a la red de abastecimiento de ENAGAS. Al año siguiente la empresa presenta ante el Gobierno de Navarra sus planes



de inversión y creación de empleo para Landaben, que incluyen la adquisición de un millón más de metros cuadrados. En el mes de Mayo se inicia la implantación del sistema JIT (Justo a tiempo) para el envío secuenciado de asientos. En mayo de 1991 se fabrica el último Polo Classic, y pronto se comienza con la producción del A02. La plantilla supera las 4.500 personas y la capacidad de producción es de 1000 coches/día.

El 23 de diciembre se crea la Fábrica Navarra de Automóviles S.A. y Volkswagen adquiere el 100% de dichas acciones convirtiéndose así la factoría en una marca filial de Volkswagen. En mayo de 1994 cesa la producción del A02 y en sólo 15 días comienza la producción del A03. En julio de ese año el organismo AENOR concede a esta planta el Certificado de Registro de Empresa ER-137/2/94 garantizando que el Sistema de Aseguramiento de Calidad aportado es conforme a las exigencias de la norma UNE/EN/ISO 9002. Y el 28 de diciembre la empresa cambia oficialmente de nombre y pasa a llamarse Volkswagen Navarra, S.A.

En el año 1996 el Gobierno de Navarra concede a VW-Navarra el galardón de "Empresa patrocinadora más destacada en 1996" y en Europa el Polo es considerado por las revistas especializadas como el mejor automóvil del año en su categoría. Al año siguiente el organismo certificador AENOR concede a VW-Navarra S.A. la Certificación Medioambiental CGM-97/040 según las directrices del Reglamento Comunitario 1836/93/CEE y la norma ISO 14001, así VW se convierte en la 1ª empresa del sector automovilístico español que obtiene dicha certificación medioambiental. La ministra de Medio Ambiente, Isabel Tocino, dio su felicitación a VW-Navarra por dicha certificación dejando constancia de ello descubriendo una placa conmemorativa junto a la alcaldesa de Pamplona, Yolanda Barcina.

En los sucesivos años, se van creando las nuevas instalaciones, como la nave de prensas y una ampliación de chapistería. Así, en 1996, la extensión de la fábrica alcanza un total de 1.600.000 m²; de ellos, 258.000 m² corresponden a superficie cubierta.

En 1998 se alcanza la cifra record hasta el momento de producción anual de vehículos, 311.136 unidades de Volkswagen Polo. Y ese mismo año se llega a la cifra de 2.500.000 de Polos producidos en Landaben. En 1999 se estrena la nueva nave de pintura, un edificio tecnológico al ser totalmente estanco. También se inaugura el parque Polo con la presencia de SS.MM. los Reyes de España. Se trata de un espacio infantil dedicado a la educación vial que en su primer año de funcionamiento acogió a más de 10.000 niños. Cabe reseñar que en el año 2000, Volkswagen Navarra y la Universidad de Navarra presentaron la Cátedra de Calidad VW-Navarra, que serviría para incorporar la cultura de la calidad a la comunidad universitaria, iniciar proyectos con empresas de alcance nacional e internacional y mejorar la formación en lo referente a la importancia de la calidad dentro de las empresas. La Cátedra está gestionada por la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y la Escuela Superior de Ingenieros, y destaca por su carácter interdisciplinar e internacional.

El año 2004 fue un gran año para Volkswagen Navarra, S.A., ya que por una parte se alcanzó, en gran medida, los objetivos establecidos (calidad, productividad, rentabilidad, etc.) y por otra parte le fue concedida la medalla de oro de la Comunidad Foral de Navarra. El día 20 de septiembre salió de la cadena de montaje el Polo nº 4.000.000 fabricado de dicho modelo en la factoría y supone cerca del 50% de los Polos fabricados por la marca Volkswagen desde 1975, año de su lanzamiento.

El 14 de Marzo de 2005 comenzó el lanzamiento a régimen del modelo Polo A04-GP, habiéndose iniciado la fabricación de las primeras unidades de Preseries y Series 0, en septiembre de 2004.

El año 2006 estuvo marcado por la dura negociación del V Convenio Colectivo que fue origen de conflictividad laboral a lo largo del año. El proceso se cerró con un Convenio de corta duración que permitió a la fábrica retomar la negociación en 2007. En este mismo año se celebró el 40 Aniversario desde que esta planta Navarra comenzara la fabricación de los primeros automóviles. El día 30 de septiembre se celebró el acto principal con una salida por Pamplona de los coches pertenecientes a la Colección Histórica de la fábrica. A finales de 2006 se conoció la renovación de la mitad del Comité Ejecutivo, al producirse la prejubilación de sus tres miembros más antiguos. El Director General José Luis Erro dio paso a su sustituto Emilio Sáenz, proveniente de la planta de Autoeuropa en Portugal.



Figura 2.7: Vista aérea de la Planta de Volkswagen Navarra. Año 2000

El 3 de marzo de 2009 se presenta en el Salón Internacional de Ginebra el nuevo Polo A05, y poco después, el 18 de mayo de ese mismo año, comienza en la planta navarra la fabricación en serie del nuevo modelo.

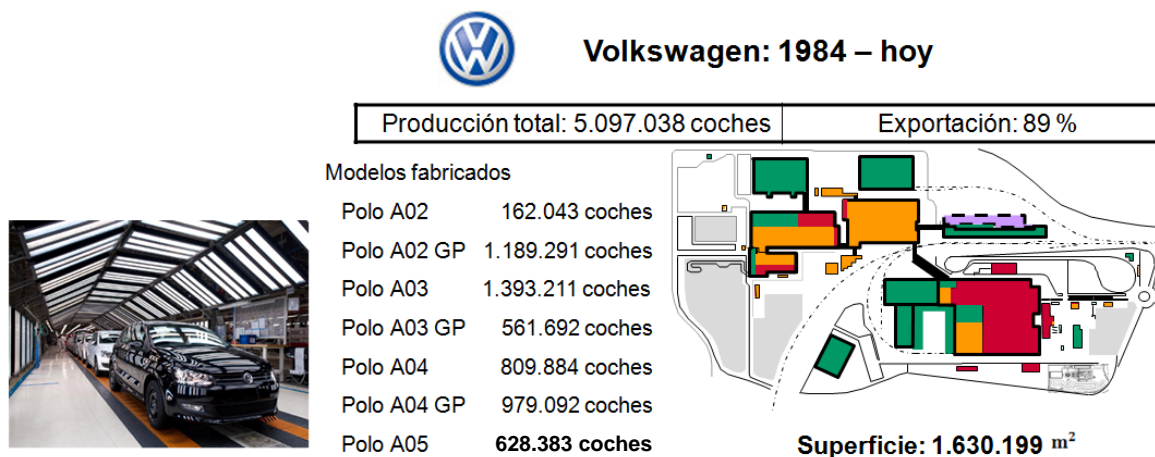


Figura 2.8: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1984 hasta hoy

		Total	Exportación	Nacional
De 1984 hasta hoy	Polo	5.097.938	4.454.012 89,0%	550.495 11,0%
De 1976 hasta 1983	Panda Lancia 124	284.225	86.920 30,6%	197.305 69,4%
De 1966 hasta 1975	Victoria Austin Mini Morris y MG	131.744	22.897 17,4%	108.847 82,6%

Tabla 2.1: Producción de coches en Volkswagen Navarra desde su fundación

2.2 Historia Volkswagen Polo

El Polo lleva más de 25 años siendo una referencia en su segmento del mercado. Más de 6.500.000 de unidades producidas revelan su evolución tecnológica y el grado de desarrollo de un modelo caracterizado por confortabilidad y funcionalidad.

Modelo A01

Se trata del único modelo Polo que no fue producido en Landaben. Este primer modelo fue presentado al público en Hannover en marzo de 1975. Se trataba de un coche con espacio suficiente para cuatro pasajeros adultos, con un amplio portón trasero equipado con tracción delantera y alto grado de seguridad, activa y pasiva. Incorporaba un nivel de equipamiento sencillo para conseguir un precio de venta muy ajustado, perfecto para la gente joven.



Figura 2.9: Polo A01

En enero de 1977 se lanzó la versión con carrocería de tres volúmenes, pensado para mercados en los que existía una gran demanda de berlinas pequeñas con maletero, como es el español.

En mayo de 1979, sólo cuatro años después de su lanzamiento comercial, se habían construido las primeras 500.000 unidades.

Modelo A02

En 1981 aparece la segunda generación del Polo (a partir de 1984 se empieza a fabricar en Landaben), que difería de forma sensible del resto de sus competidores. En 1986 se lanzó el Polo Coupé, y unos años después, en 1986, se presentaba el Coupé G40 con una velocidad máxima de casi 200 Km/h, con motor de 115 CV y un compresor G.



Figura 2.10: Polo A02

Modelo A03

En 1994 Volkswagen presentó un Polo con un aspecto totalmente renovado que marca una tendencia: los compactos crecen de tamaño y ofrecen más confort y seguridad para competir con coches de segmentos superiores.



Figura 2.11: Polo A03

El polo había alcanzado las 6.233.000 unidades fabricadas cuando el restyling del A03 se presentó en el Salón del Automóvil de Frankfurt de 1999. Poseía un nuevo diseño de la parte frontal y la zona posterior; carrocería totalmente galvanizada y modificaciones en el interior que lo acercaban al Golf.

Modelo A04

“Más espacioso, más seguro, más confortable, con más calidad y más personalidad”. Así fue definido el nuevo Polo A04, estrella del Consorcio Volkswagen, en la quincuagésima novena edición de la Feria I.A.A. de Frankfurt de 2001.

Ofrecía una amplia selección entre siete motores, catorce colores, cuatro líneas de equipamiento, dos versiones de transmisión y dos variantes de carrocería. Su tamaño, más compacto y elegante lo acerca al Volkswagen Golf. Mayores dimensiones distinguían la cuarta generación del Polo: la longitud, de 3,897 metros, superaba a la de su precedente en 15,4 cm. Del mismo modo, la altura había ganado 4,7 cm y alcanzaba los 1,465 metros, y la anchura llegaba a 1,650 metros, 1,8 cm más que el A03GP. Del Lupo tomaba la forma de los faros que, gracias a sus distintas dimensiones y la claridad de los cristales, proyectaban la “clásica cara del Golf”. La parte trasera se definía por un diseño personal pero, al mismo tiempo, típico de Volkswagen. Como novedades, la chapa cubierta por una película de bonazinc, garantizaba durante doce años la resistencia de la carrocería frente a la corrosión. La conducción y el confort de marcha mejoraron gracias al aumento de la rigidez de su estructura en un 10%



Figura 2.12: Polo A04

Modelo A05

El Polo A05, más joven y deportivo, ha dado un gran salto hacia delante en los ámbitos de confort, calidad y seguridad: es el primer automóvil del mundo diseñado para alcanzar la puntuación máxima de 5 estrellas en el Test de Colisión EuroNCAP, cuyo nuevo sistema de calificaciones es mucho más extenso y severo.

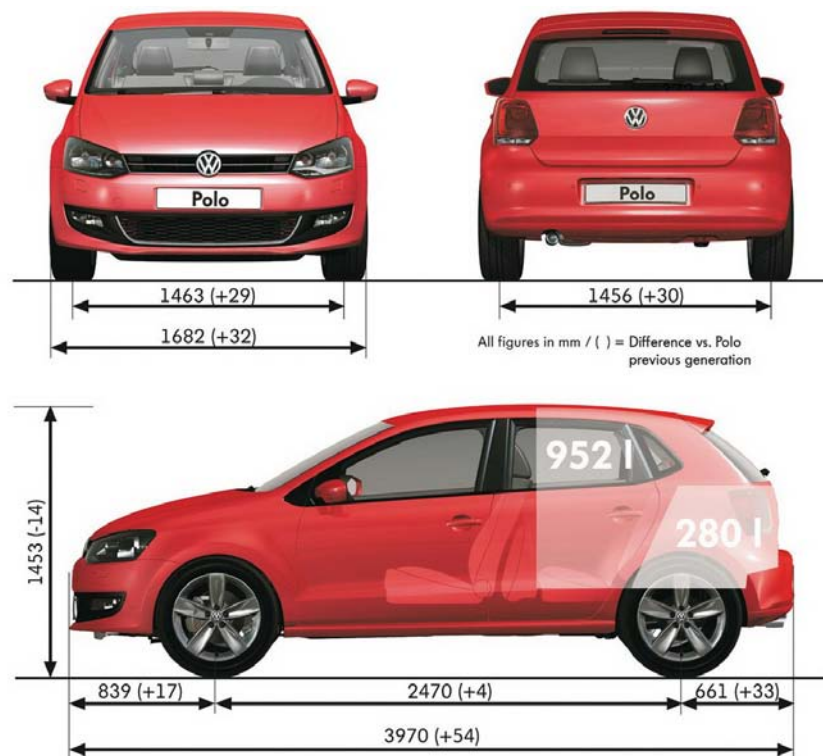


Figura 2.13: Dimensiones del Polo A05 respecto al Polo A04

Dispone de soberbias proporciones, más dinamismo y deportividad. Tiene una longitud de 3.952 mm. y un ancho de 1.682 mm. Los diseñadores han aprovechado al máximo el ancho de rodadura y prolongado verticalmente la cara exterior de las llantas hasta los pasos de rueda. Gracias a estas medidas, el Polo puede equipar perfectamente combinaciones de rueda-neumáticos muy grandes, de dimensiones hasta 215/40 R17.

Algunos rasgos distintivos de la silueta del nuevo Polo son el deportivo voladizo delantero, y el extremadamente corto voladizo trasero, la concisa "línea de carácter" y el bajo techo que cae marcadamente hacia atrás.

Una de las características más destacadas de todos los Volkswagen es que su manejo no encierra ningún misterio y su ergonomía se adapta siempre de forma ideal a

la complejión de los conductores y los pasajeros. El nuevo Polo ofrece también esta característica. El habitáculo ha sido rediseñado completamente y el chasis se ha incrementado en 30 mm., consiguiendo un aumento en la dinámica de la conducción, mediante la cual ha podido ser adoptado el probado diseño formado por la suspensión McPherson delantera y el eje trasero de brazos acoplados.

El peso de la carrocería del Polo ha disminuido en un 7,5%. Gracias a la entrada en escena de los nuevos motores TDI y TSI, equipados con el cambio automático de doble embrague (DSG) de 7 velocidades, ha sido posible reducir el consumo y la tasa de emisiones de CO₂.



Figura 2.14: Polo A05

El nuevo Polo puede ser equipado con un total de siete motores, cuatro de gasolina y tres diesel, con potencias que van desde 60 CV a 105 CV. También existe la versión GTI con una potencia de 180 CV.

La versión BlueMotion es el automóvil de cinco plazas más ahorrador del mundo. Su consumo es de 3,3 litros cada 100 km y su tasa de emisiones de CO₂, de 87g/km.

2.3 Presente

En la actualidad la plantilla de Volkswagen Navarra S.A. está formada por algo más de 5000 trabajadores, de los cuales el 76% son mano de obra directa y el 22% mano de obra indirecta. El resto ocupan puestos directivos.

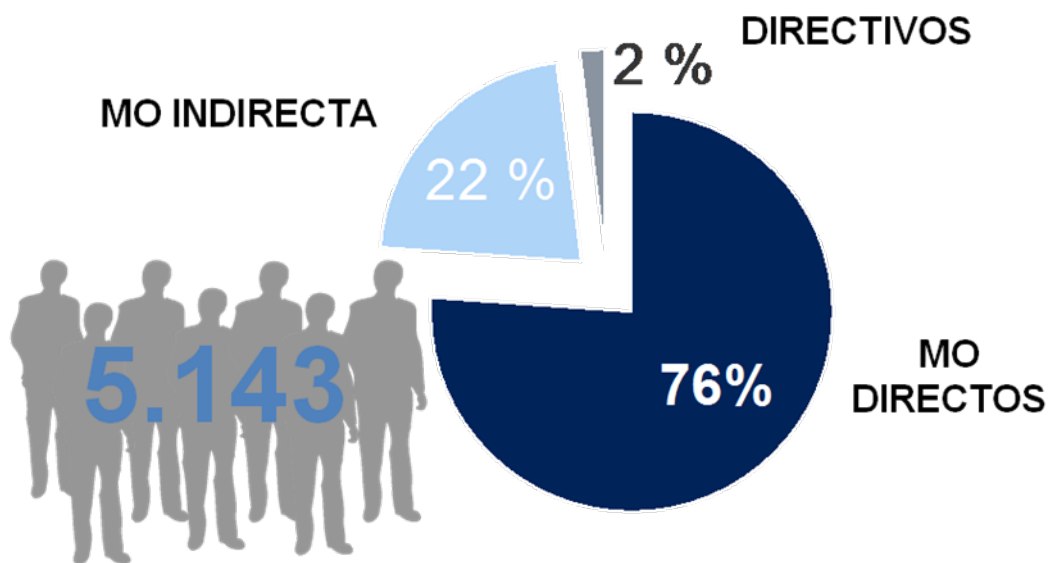


Figura 2.15: Plantilla Volkswagen Navarra S.A.

Además de los trabajadores de la planta existen numerosas empresas proveedoras que suministran material y servicios a Volkswagen Navarra. El número de empleados de empresas proveedoras es de 5.500, mayor que la plantilla de la fábrica.

Los automóviles producidos en Volkswagen Navarra son vendidos a más de 60 países diferentes. Alemania es el país que más vehículos compra, seguido de Reino Unido y Francia. Tanto en EEUU como en los países de América Latina la compra de Polos es escasa.

País	Portentajeventas (%)
Alemania	19,85%
Reino Unido	14,10%
Francia	13,14%
Italy	7,77%

(*)Datos de 2009



Figura 2.16: Ventas del Volkswagen Polo en el Mundo

El 30 de noviembre de 2009 el nuevo Polo fue elegido “Coche del año” 2010 en Europa, uno de los galardones más antiguos y prestigiosos de automoción en Europa. En la edición de 2009, 59 jurados de 23 países europeos emitieron sus votos, y el Polo resultó el vencedor con 347 puntos, superando así a los otros seis vehículos candidatos.

Actualmente se está llevando a cabo un objetivo largamente peleado: la creación de una segunda línea de montaje en la fábrica. Se calcula que en julio de 2011 podría estar lista para producir coches, con una inversión de más de 20 millones de euros.

En los próximos meses se va a tener que trabajar mucho para modernizar la instalación donde quedará implantada la nueva línea, tal como dijo en una entrevista el actual director de Volkswagen Navarra, Emilio Sáenz: “Tendremos que modernizar muchas cosas, darle un concepto de suministro logístico, hacer la contratación y formación: mandos, mantenimiento, personal directo, etc.”¹.

¹ Publicado en Diario de Navarra el 22 de octubre de 2010, página 26.



La nueva línea servirá para incrementar la producción diaria del Polo en 150 o 200 unidades. Es decir, se pasaría de la actual producción de 1.500 coches diarios a unos 1.700 coches diarios. Además, la creación de esta nueva línea supone una inversión importante de futuro. “La puesta en marcha de la segunda línea es abrir la puerta de la fábrica a la fabricación de otros modelos, a la vez que permite luchar porque la producción actual y los productos se queden en Pamplona”².

El aumento de la producción de coches en la línea de montaje va a provocar cambios en el resto de fases del proceso de fabricación del Polo, como en chapistería o pintura: “Hay que mirar *aguas arriba*. ¿Podemos pintar todas esas carrocerías? De momento, no. ¿Puede el área de carrocerías producir ese volumen? No. Entonces, ¿cómo lo vamos a hacer? A través de medidas organizativas en aquellas áreas donde no dé la producción, que significa trabajar el fin de semana. Y en otras instalaciones, disminuir el tiempo ciclo y aumentar la producción, romper con cuellos de botella”³.

Se trata de una buena noticia, que en palabras del director “supone la afirmación de la confianza de la central de Alemania en Pamplona como una fábrica buena en la que se puede invertir. Además, para Navarra supone riqueza. Más renta per cápita por ciudadano y todos los consumidores adicionales”⁴.

2.4 Proceso de Producción

La fabricación de un automóvil es un proceso complejo en el que se unen numerosas piezas diferentes. El proceso productivo de Volkswagen Navarra, así como el de la mayoría de fabricantes de coches, es un proceso en cadena. El producto se va desplazando por los diferentes talleres, en los que se va transformando y añadiendo valor al producto. En concreto son los talleres de Prensas, Chapistería o Chapa, Pintura, Motores, Montaje y Revisión Final los que van añadiendo dicho valor y permiten la producción diaria de 1.500 vehículos.

Al ir el producto sobre una cadena que recorre toda la fábrica existe una gran interdependencia entre la actividad de cada uno de los talleres. Una avería o un ritmo de producción diferente puede ralentizar o paralizar la actividad del resto de talleres. Cuando se da una avería en una operación anterior, puede ocurrir que un taller se encuentre sin piezas para trabajar. De ahí la importancia de eliminar los cuellos de botella.

De la misma forma, cuando se da una avería en una de las etapas posteriores puede ocurrir que la cadena no avance y entre en saturación. El producto no puede

² *Ibídem.*

³ *Ibídem.*

⁴ *Ibídem.*

avanzar hacia delante porque no avanza la cadena. Con el fin de evitar estos contratiempos existen pulmones intermedios, donde se almacenan los coches, que amortiguan la diferencia de velocidad en la producción entre los talleres. De esta forma se minimiza el efecto de las averías o de las incidencias. Sin embargo, esta capacidad de amortiguamiento es limitada, así que es realmente importante realizar un buen equilibrado de la línea. Para ello debe considerarse la fábrica de automóviles de forma global e íntegra. Mediante los estudios de capacidad es posible conocer cuál es el volumen de producción de una instalación o de un taller y proceder al equilibrado posterior de la cadena. Estos estudios deben hacerse también a menor escala entre las diferentes instalaciones que componen cada taller.

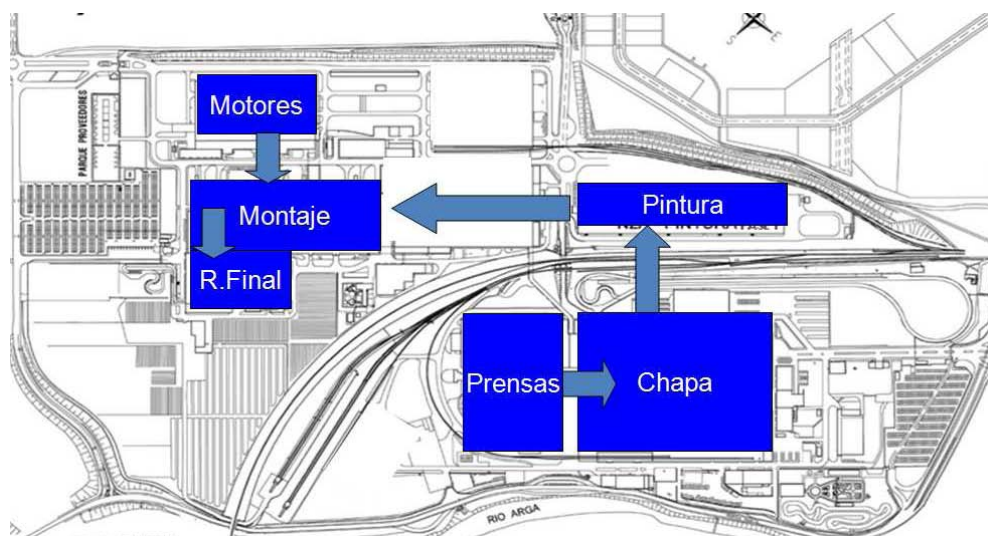


Figura 2.17: Lay-out de la fábrica y visualización esquemática del proceso productivo

Cada taller tiene su función y cada uno de ellos forma parte de un proceso en el que cada paso es importante. El taller de Prensas da forma a las piezas, que unidas en el taller de Chapa forman la carrocería. En la nave de Pintura se le da color a la carrocería. En el taller de Motores se completan las puertas y los motores. Desde aquí todas las piezas van al taller de Montaje, donde se unen para terminar con la fabricación del Polo.

El proceso de producción del coche culmina en Revisión Final, taller en el que se verifica el correcto funcionamiento de los elementos eléctricos y mecánicos, comprobando que el vehículo está listo para su venta.

Prensas

El primer paso para iniciar el proceso de producción de un automóvil es la estampación de las piezas de la carrocería. En un primer momento esta labor se realizaba fuera de Pamplona, hasta que Volkswagen Navarra la integró en su proceso productivo en el año 1994, cuando comenzó la fabricación del modelo A03.

Las dos prensas de producción entraron en funcionamiento en junio del 93 fabricando piezas para el modelo SEAT Ibiza; en mayo del 94 inician la fabricación de los componentes del Polo A03. Posteriormente se ha ido ampliando hasta llegar a la situación actual de 31.000 piezas diarias.

La materia prima utilizada en el taller son los desarrollos de chapas suministrados por un proveedor externo ya cortados y colocados en palets específicos que contienen entre 400 y 500 unidades.

El taller cuenta con tres prensas: dos prensas GT y la prensa Erfurt. Las tres prensas son de la marca Muller Weingarten y cuentan con seis estaciones de estampación. Mientras que las dos primeras son exactamente iguales y poseen una fuerza de prensado de 38.000 KN cada una, la Erfurt posee una fuerza de 81.000 KN. Con ella se estampan piezas de gran volumen, como laterales (dos y cuatro puertas), techo (normal y abrible) y aletas.



Figura 2.18: Taller de Prensas

La herramienta más importante del taller es el troquel, ya que se encarga de embutir, cortar, punzonar y conformar los desarrollos hasta configurar la pieza definitiva. Mediante 24 juegos se producen 29 piezas diferentes sumando un total de 137 troqueles.



Una vez aceptados los troqueles, dos prensas de “puesta a punto” obtienen el ajuste necesario y los datos obtenidos se introducen en las prensas de producción.

Destaca en esta parte del proceso la rapidez con la que se puede realizar el cambio de troquel; es decir, el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza de un lote hasta que sale la primera del siguiente lote. En las prensas de la generación tecnológica anterior este cambio podía suponer de 8 a 10 horas de parada; actualmente se realiza en tan sólo 7 minutos. Un importante avance que supone un considerable ahorro y la eliminación de stocks, lo que repercute directamente en la mejora de la calidad del producto.

A medida que las piezas se van estampando, éstas se almacenan en contenedores hasta que son utilizadas en el taller de Chapistería. La organización de las piezas se ha automatizado con una serie de robots que evitan tener que cargar piezas a la prensa de forma manual, mejorando así la ergonomía de los operarios.

Una vez las piezas han tomado su forma correspondiente, todo está listo para que se realice el ensamblaje de cada una de las partes que conforman la carrocería.

Chapistería

Las cerca de 700 personas que trabajan en el taller de Chapistería se encargan de la unión por medio de diferentes tecnologías las piezas de chapa procedentes del taller de Prensas y otros proveedores externos para conformar la carrocería del coche. El producto final son carrocerías de 2 y 4 puertas y cada una de ellas en sus dos versiones de techo: techo cerrado (normal) y techo abrible, en total 4 tipos diferentes de carrocerías.

La actividad llevada a cabo en Chapistería se caracteriza por su alto grado de automatización, en torno al 95%, además de la diversa y compleja tecnología existente. Salvo el atornillado de elementos móviles a la carrocería y algún cordón de masilla, el resto de operaciones son realizadas por casi 560 robots gobernados por cerca de 100 autómatas programables.

Las tecnologías de unión empleadas van desde las tradicionales soldaduras por arco (CO₂, MIG, pernos) hasta la ultramoderna soldadura láser con y sin aportación de material, pasando por las uniones pegadas, clinchadas y atornilladas.

Al realizarse este proyecto dentro del taller de Chapistería, se analizará posteriormente en el apartado 2.5 con mayor detenimiento las características de este taller.



Figura 2.19: Taller de Chapistería

Una vez realizado el ensamblaje de cada una de las piezas de la carrocería, ésta es transportada colgada de eslingas hasta el taller de pintura.

Pintura

El proceso de pintado de una carrocería es uno de los más complejos y delicados en la producción de un automóvil. Se divide fundamentalmente en dos fases: en la primera, la carrocería recibe tratamientos que la protegen y la hacen resistente a las agresiones externas, con lo que se facilita además, la adherencia posterior de la pintura. Esta fase inicial se lleva a cabo en el Taller 2 de pintura (antiguo taller de pintura), también llamado nave de pretratamiento.

Los tratamientos químicos llevados a cabo en esta primera fase son el lavado inicial a alta presión, desengrase, fosfatado, pasivado, lavado final y baño de cataforesis (KTL), los cuales transforman la superficie de la carrocería hasta el momento irregular, conductora de electricidad y susceptible de corrosión, en una superficie uniforme, no conductora y muy resistente a la corrosión.

Destacar entre todos los tratamientos el baño de cataforesis (KTL), donde tiene lugar un proceso de electroforesis. Durante este proceso el baño de pintura es sometido a tensión eléctrica. La carrocería actúa de cátodo atrayendo partículas de pintura dissociada y así se deposita sobre ella una capa de pintura que actúa como principal recubrimiento frente a la corrosión. La principal ventaja de realizar este tratamiento a través de inmersión es que la capa de cataforesis comprende toda la superficie, incluyendo las cavidades de difícil acceso. Este método requiere el vaciado y llenado del depósito con cierta periodicidad.

En la segunda fase se aplican masillas de sellado de juntas, el PVC de los bajos y diversas capas de pintura, y se añaden algunos elementos decorativos. Una estación de soplado limpia la superficie de la carrocería y la prepara para ser pintada. Antes de ser pintadas, las carrocerías son ordenadas según el color, lo cual facilita el pintado de un mayor número de unidades seguidas del mismo color. De este modo se consigue una mayor calidad y un ahorro en el consumo de disolvente, ya que cada vez que hay un cambio de color es necesario emplearlo para lavar las pistolas y las máquinas.



Figura 2.20: Taller de Pintura

En Octubre de 2006 se cambió el proceso de pintado convencional en base disolvente por el proceso 2010, caracterizado por la desaparición de la capa de imprimación y por la utilización de pinturas al agua. Esto supone un gran avance en el interés de la empresa por minimizar el impacto de sus procesos productivos en el medio ambiente.

Seguidamente el vehículo entra en las cabinas de lacas donde se le aporta color y por último se le añade la cera de protección de huecos. Todas estas tareas se realizan en la nueva nave de pintura (Talleres 2A y 2B) inaugurada en el año 2000.

Las pinturas necesarias durante el proceso se preparan en la sala de mezclas, situada en la esquina norte del taller. Existe un circuito de pintura para cada uno de los colores en serie. Existe una gama de colores superior a la quincena. Gracias a que la sala de mezclas está ubicada justo debajo de la cabina de lacas, la longitud del circuito de pintura se reduce al mínimo, ganando así en limpieza y seguridad.

A lo largo del recorrido por la nave de pintura, la carrocería cambia tres veces de sistema de transporte. En este sentido, la nueva nave introduce avanzadas tecnologías en ergonomía de puestos de trabajo. Las carrocerías procedentes del Taller de Chapa entran en la nave de Pintura colgadas en eslingas, un sistema de transporte aéreo por



cadena. En este taller son instaladas sobre patines, y al entrar en el Taller 2 pasan del patín a un carro volteador. De este modo la carrocería es la que se mueve para ser pintada, y no el operario. Gracias a este carro, la carrocería efectúa movimientos de rotación que permiten al trabajador desempeñar diversas operaciones con posturas que no requieren esfuerzos. Posteriormente la carrocería vuelve a colocarse sobre el patín.

Finalmente el vehículo entra en la Línea de Control y Pulidos donde se revisa visualmente la superficie de la carrocería y se pulen los pequeños defectos detectados.

Gracias a todas las incorporaciones hechas, el proceso de pintado se ha automatizado de manera notable y se han optimizado los tiempos de fabricación, alcanzando así una capacidad productiva de 1.500 carrocerías pintadas al día.

Motores

La nave de motores se estructura fundamentalmente en tres áreas: la Línea de Montaje Motor y los Bancos de Rodaje, la zona de Montaje del Conjunto Motopropulsor y Conjunto Mecánico y por último, las dos líneas de Guarnecido de Puertas.

La función del taller es suministrar el macroconjunto mecánico del vehículo de acuerdo a la secuencia de fabricación al taller de Montaje, donde se unirá a la carrocería en la línea *Fahrwerk*. El macroconjunto se compone del motor y caja de cambios, instalación eléctrica, subconjunto de dirección y subconjunto de suspensión delantera. En este proceso no interviene la carrocería. Resaltar que la planta recibe el motor aligerado (conjunto compuesto por el bloque motor, la culata y el cárter) desde Alemania, y el taller de motores lo va completando.

La Línea de Montaje Motor tiene capacidad para producir 1.750 motores diarios en tres turnos. En la línea se trabaja por lotes, cada uno de ellos formado por un grupo de motores de las mismas características.

Tras su paso por las diferentes estaciones y puestos de trabajo, el motor queda completo y se carga en una electrovía aérea. Un operario marca el destino del motor hacia los bancos de prueba o al almacén secuenciador.

En el Banco de Pruebas se somete al motor a unas pruebas de rodaje que comprueban su correcto funcionamiento, para lo cual se mide el par y el consumo específico. Cabe también la posibilidad de auditarlo en los bancos de potencia.

La función del Almacén Secuenciador es la de gestionar los lotes de motores producidos y suministrarlos secuenciados, de acuerdo con la orden de fabricación de carrocería correspondiente. Posibilita el paso de producción por lotes a producción

secuenciada. La salida del motor del almacén es automática, según la secuencia requerida y de acuerdo al sistema FIFO (el primero en entrar en el almacén es el primero en salir). La capacidad de este almacén es de 375 unidades.

Posteriormente se añaden elementos como la caja de cambios, el motor de arranque, etc. Una vez completo, el macroconjunto mecánico es conducido a la zona de unión con el puente trasero y la carrocería (línea del *Fahrwerk*) del taller de Montaje, pasando por el túnel que une ambas naves.

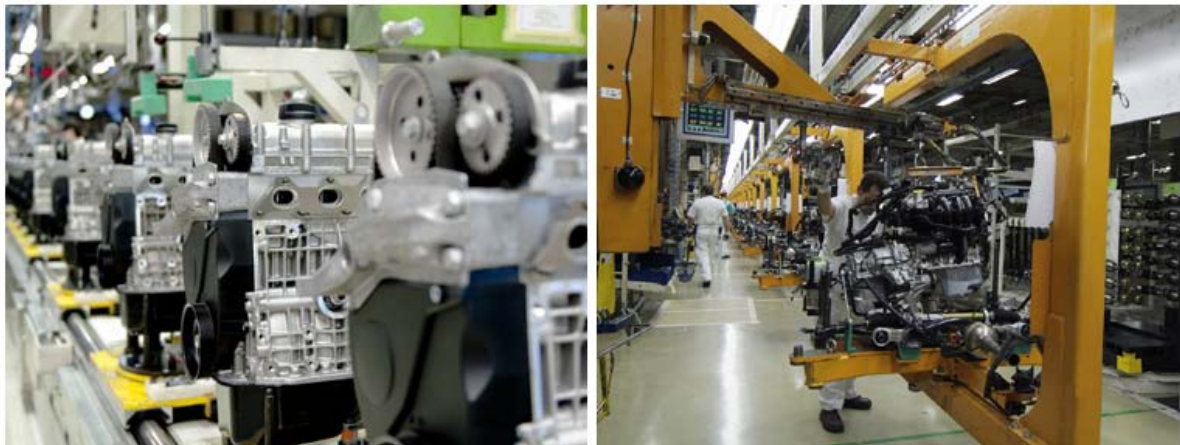


Figura 2.21: Taller de Motores

A la salida de la carrocería en la línea de Pintura, las puertas son desmontadas y enviadas al área de Guarnecido de Puertas ubicada en el taller de Motores. Aquí se completan con los cristales, burletes, espejos exteriores, altavoces, manillas, etc., y se devuelven posteriormente a Montaje, donde se ensamblan definitivamente en el vehículo. La razón por la que las puertas se retiran del vehículo y se montan por separado es que para realizar el montaje del vehículo con las puertas incluidas, éstas deberían de estar abiertas para completar el interior del coche. Esto requeriría un espacio mayor en la línea y sería poco ergonómico para los operarios.

El motor y las puertas que salen del taller de Motores están ya preparados para pasar a la línea de Montaje y completar el vehículo.

Montaje

Con una superficie de 36.125 m², este taller tiene como función completar totalmente el vehículo, añadiendo a la carrocería ya pintada los restantes componentes, tanto exteriores como interiores, que el cliente ha elegido en su pedido. El montaje se lleva a

cabo en dos líneas independientes. La capacidad del taller es de 1.550 coches diarios en tres turnos y se trata del taller con mayor número de operarios.

El proceso se afronta desde un nuevo punto de vista que lo diferencia del sistema tradicional: el montaje de macroconjuntos (motopropulsor, puertas, frontal) fielmente secuenciados según el paso de la carrocería por cada estación. También se procede al llenado de líquidos: carburante, refrigerante, líquido de frenos, etc. La actividad comienza cuando la carrocería, que sale secuenciada del almacén del taller de Pintura, llega al punto de lanzamiento. A partir de ese momento incorpora un cartelino donde se especifican las características del vehículo, según la composición requerida por el cliente. Basándose en esa identificación, todos los grupos de montaje y proveedores que suministran las piezas secuenciadas comienzan a trabajar para el coche reconocido.



Figura 2.22: Taller de Montaje

El montaje se estructura en cuatro tramos paralelos, por los que el vehículo se traslada suspendido en un pulpo tradicional que discurre a lo largo de una cadena mecánica. Al llegar al tramo cuarto se le colocan las ruedas y el coche abandona este sistema para ser trasladado por suelo.

En las líneas de montaje se utilizan muebles específicos para suministros JIT. En cada tramo se adapta la altimetría de la línea a cada nuevo proceso de trabajo y de esa manera se obtiene una mejora considerable de la posición ergonómica.

Los vehículos ya acabados están listos para pasar a Revisión Final y ser sometidos a las últimas pruebas.

Revisión Final

En esta última etapa del proceso productivo se trabaja con el vehículo acabado. Complementa la labor del taller de Montaje realizando la comprobación y los ajustes necesarios para que el coche reciba el visto bueno final. Cada uno de los vehículos fabricados en Volkswagen Navarra pasa por este taller antes de su entrega al cliente para comprobar y verificar el correcto funcionamiento de sus elementos eléctricos y mecánicos.

Este taller tiene capacidad para probar 1.550 coches diarios en tres turnos, y la nave esta dividida en dos zonas de trabajo por las que pasa la totalidad de vehículos. En la primera de ellas se hacen diferentes pruebas y ajustes de los componentes del vehículo, y en la segunda se lleva a cabo el retoque de las posibles anomalías detectadas. Las pruebas que se realizan a los coches son de convergencia de faros y ruedas, calentamiento, rodillos (prueba de rodaje y parámetros dinámicos del vehículo), LEP (control de variables del motor), prueba de lluvia y prueba de pista. La pista de pruebas simula diversas situaciones con curvas, rampas y pavimentos según la pauta marcada por el Área de Calidad.

Finalmente se lleva el coche a una zona donde se realiza un examen global a través de la inspección visual del interior y el exterior del vehículo, y se comprueba que el equipamiento real del coche coincida con el pedido efectuado por el cliente. Por si fuera necesaria la reparación de alguna anomalía detectada a lo largo del proceso, existen unos reducidos grupos de empleados que realizan los retrabajos mecánicos, eléctricos, de estanqueidad, guarnecido, chapa y pintura. A continuación, se le da una capa de cera que lo protegerá durante el transporte y la estancia en las campas de distribución. Además existe una máquina de pegado de folios de protección exterior y se realiza el montaje de tacos de bloqueo de la amortiguación anterior. De esta manera se asegura que el automóvil no sufra ningún imprevisto antes de entregarse a la red comercial.



Figura 2.23: Revisión Final

2.5 Taller de Chapistería

En el Taller de Chapistería tiene lugar la unión de las diferentes piezas de chapa procedentes de Prensas y otros proveedores externos para conformar la carrocería del coche.

El proceso de fabricación de la carrocería sigue un esquema lógico de abajo a arriba y de dentro a fuera. Los grupos de fabricación o instalaciones (también llamadas AFO) son puestos de trabajo en los que se introducen las piezas o subconjuntos que posteriormente son ya manejados exclusivamente por los robots manipuladores o los sistemas de transporte de la propia instalación.

Este proceso tiene lugar en dos talleres, el primer taller engloba la Fábrica 1 y la Fábrica 2, mientras que al segundo taller se le denomina Línea de Elementos Móviles (LEM). La Fábrica 1 y la Fábrica 2 se dedican a la construcción de la carrocería sin elementos móviles. Se trata de dos fábricas simétricas con una capacidad de producción de 775 carrocerías diarias cada una. En la Línea de Elementos Móviles se encuentran las instalaciones donde se fabrican los elementos móviles, es decir, puertas posteriores y anteriores, capó y portón, y donde se ensamblan manualmente estas partes móviles a las carrocerías ayudadas por una serie de manipuladores manuales. Este taller cuenta también con dos líneas exactamente iguales y simétricas, cada una de ellas con una capacidad productiva de 775 piezas al día.

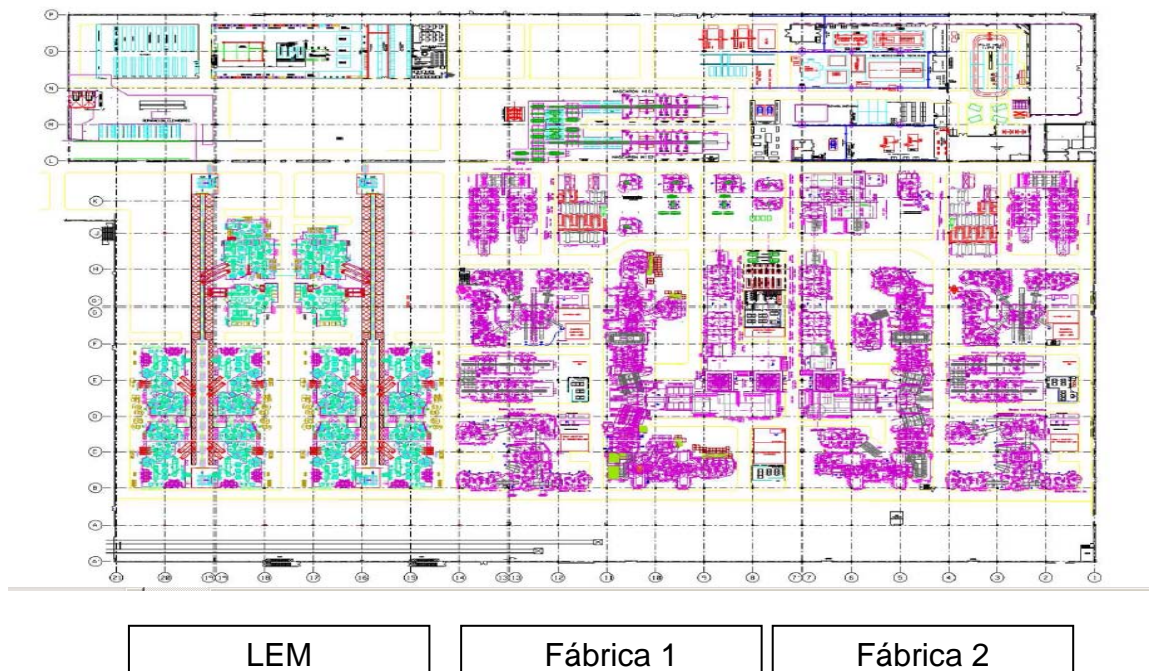


Figura 2.24: Lay-out del Taller de Chapa



La actividad llevada a cabo en Chapistería se caracteriza por su alto grado de automatización, en torno al 95% de los procesos productivos. 439 robots en las Fábricas 1 y 2, y 95 robots en la Línea de Elementos Móviles se encargan de manipular, soldar y aplicar masillas.

Para el actual modelo se fabrican ocho tipos de carrocerías diferentes, resultado que surge de la combinación de cuatro tipos de techos (normal, abrible, Cross normal y Cross abrible) y dos versiones de laterales (2 y 4 puertas). Además y de forma general para todo el taller, en la Fábrica 1 se producen carrocerías de 2 y 4 puertas mientras que en la Fábrica 2 sólo carrocerías de 4 puertas.

La técnica más destacada en la unión de las distintas partes es la de soldadura. Las principales tecnologías de este tipo empleadas en el taller son las soldaduras por resistencia, MIG, láser y remachado ya existentes para el modelo A03. A éstas se añadieron dos nuevos tipos de uniones de chapa con el A04 que siguen manteniéndose hoy en día: láser con aportación de material y clinchen. La soldadura láser consigue mayor precisión en el cordón que la tradicional por puntos y las características mecánicas de la chapa son mejores. Por otro lado, la soldadura láser trabaja a mayor velocidad, permite acceder a zonas a las que una pinza tradicional no llega, y hace posible soldar tres y hasta cuatro chapas con garantía total. Las cabinas de láser con aportación de material se encuentran ubicadas en la instalación de mascarón I para soldar el techo con el lateral en una unión perfecta. Así se elimina el sellado posterior con PVC y la moldura del techo, lo cual supone una mejora estética en el coche. La tecnología clinchen por su parte se utiliza en capós y puertas. Consiste en presionar los materiales que se van a soldar, previamente colocados sobre una matriz, con la ayuda de un punzón redondo. De este modo se obtiene una unión limpia que aumenta el poder anticorrosivo de la chapa, sin ninguna rebaba o canto afilado. En general, se trata de una tecnología de menor impacto medioambiental, puesto que no desprende partículas ni humo, y conlleva un menor gasto de gas y agua. Al ser la soldadura un proceso fundamental en el Taller de Chapa, se tratará posteriormente en un apartado.

El proceso del ensamblado de la carrocería arranca con la confluencia automática del Piso Anterior, Piso Posterior y Largueros en una línea para la construcción de la base de la carrocería o Autobastidor I. Desde este momento, y durante todo el proceso, una pequeña chapa con un código de barras (que indica su número de producción) acompañará a la carrocería. La lectura del código por medio de diversos escáneres sirve para conocer su posición a lo largo del proceso productivo, así como las características individuales del automóvil solicitado por el cliente. Toda esta información es gestionada mediante un programa informático denominado CALOP. Además, la carrocería adjunta una Ficha de Verificación donde se sellará la conformidad de la carrocería en los puntos de auditoría ZP. Estos son puntos de control en los que se verifica que las operaciones realizadas hasta el momento se han hecho correctamente; de no ser así, los auditores bloquean la carrocería para hacer los retrabajos necesarios.

Tras asignar el código y la Ficha de Verificación al Autobastidor I y obtenida la plataforma de la carrocería, el siguiente paso es la incorporación de los subconjuntos de Salpicadero, Faldón y Pasorruedas. Todos ellos son soldados en la GEO II y el conjunto de todas estas instalaciones conforman el Autobastidor II. Una línea automática completa su soldadura y a la salida pasa por otra zona de inspección visual y retrabajos.

A continuación, los laterales fabricados en dos líneas adyacentes se ensamblan mediante robots. La lectura de su código de barras indica qué tipo de lateral corresponde a dicha carrocería. Ambos laterales (izquierdo y derecho) confluyen en una misma instalación llamada Mascarón I. En ella se aplica más soldadura para reforzar la unión de los laterales a la carrocería.

Posteriormente se le coloca el techo (cuya clase ha sido identificada por un escáner que lee el código), y pasa a la "grossgeo", estación que suelda el techo mediante soldadura láser y aplica más puntos de soldadura en los laterales. Se trata de una cabina de geometría láser de 81 m² de superficie que alberga 4 robots. Éstos aplican 1,7 metros de soldadura láser en cada lado del techo y cordones en los laterales, de tal modo que la carrocería queda con el 50% de su soldadura realizada. A la salida de la "grossgeo" se completa parte de la soldadura restante.

La carrocería llega al punto de inspección visual. Aquí existe la posibilidad de sacar las unidades de la línea para su medición en la máquina tridimensional DEA Bravo, después de atravesar el Mascarón III, donde se aplica soldadura MIG y MAG para completar la soldadura de los laterales. En este punto la carrocería recibe su última verificación. Se comprueba que los cordones de soldadura están bien realizados y en su posición correcta, así como también se verifica que no existe ninguna anomalía. En caso de existir, se saca la carrocería de la línea para retrabajarla y a continuación se introduce de nuevo en la cadena.

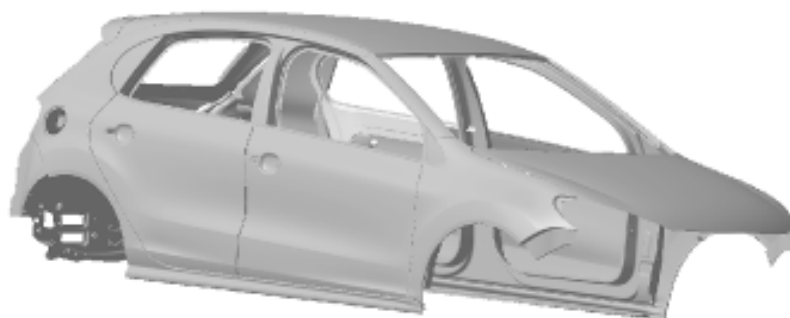


Figura 2.25: Carrocería de 4 puertas sin Autobastidor



Una vez que se tiene la carrocería perfectamente soldada se lleva a la Línea de Elementos Móviles. En ella es donde se añaden las aletas y las partes móviles: puertas posteriores, anteriores, capó y portón, las cuales han sido fabricadas en instalaciones adyacentes. En esta parte del proceso productivo la carrocería se mueve continuamente al estar dispuesta sobre una cinta transportadora central y los operarios lo hacen al mismo ritmo gracias a otro par de cintas de transporte laterales.

Al final de toda la longitud de la línea se encuentra la Línea Finish, donde se realiza el repaso final. Sólo de este modo se obtiene la carrocería del coche totalmente terminada y se consigue dar paso a la nave de pintura. El transporte de las carrocerías al taller de pintura se realiza a través de un túnel elevado y son llevadas por medio de una serie de ganchos.

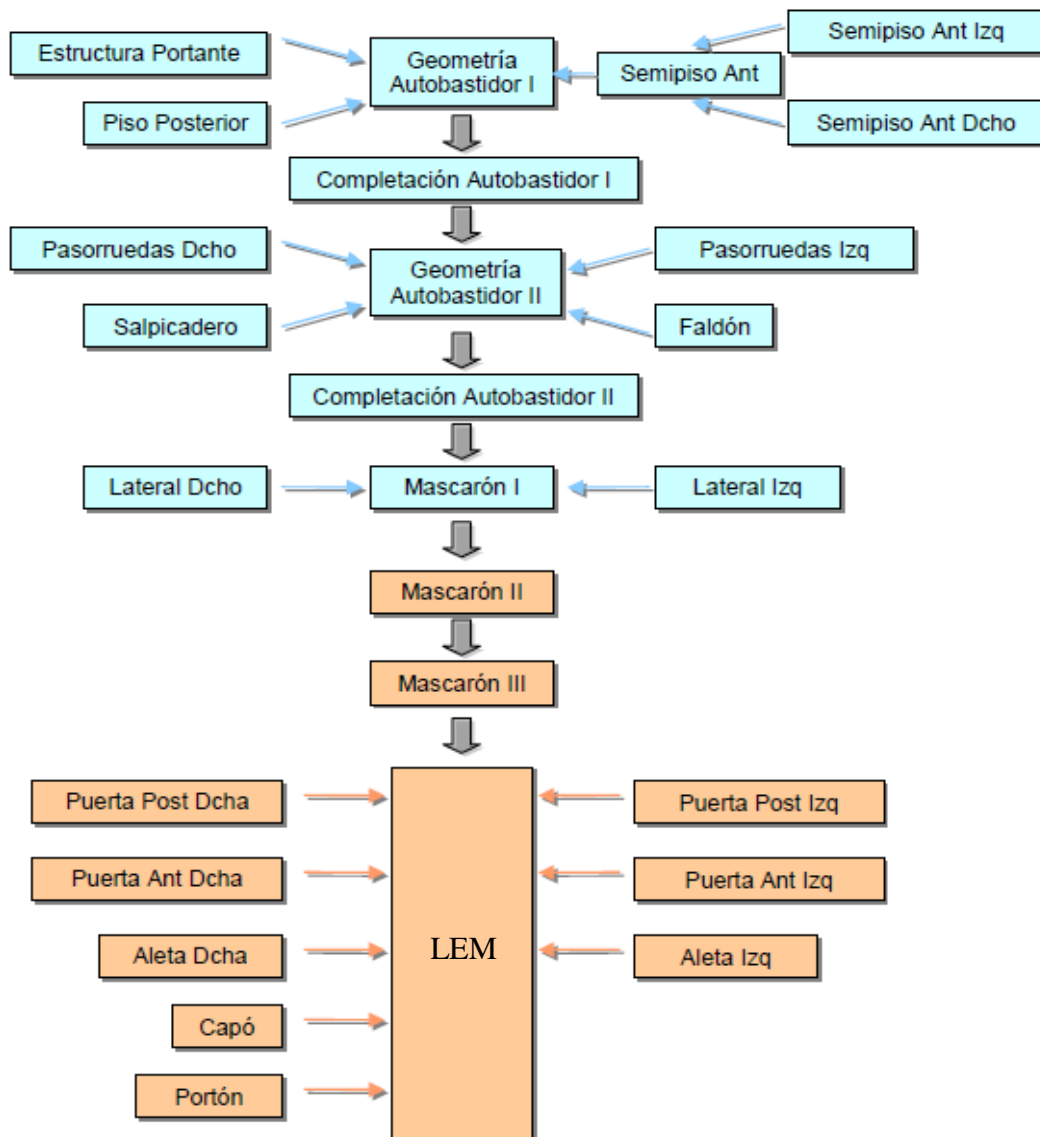


Figura 2.26: Proceso productivo en el Taller de Chapistería

A continuación se describen los dos procesos más utilizados en el ensamblado de la carrocería: la soldadura y la aplicación de masilla.

Soldadura

La soldadura más común empleada en el Taller de Chapa es la soldadura por puntos. Se trata de una soldadura por resistencia, en la que el calor necesario para la unión de las piezas es generado por efecto joule. Los electrodos de cobre aprietan las piezas a unir. Entonces se produce el paso de corriente que provoca la generación de calor proporcional a la resistencia óhmica. Una vez interrumpida la corriente se sigue aplicando esfuerzo de compresión hasta que el punto de soldadura se solidifica bajo presión.

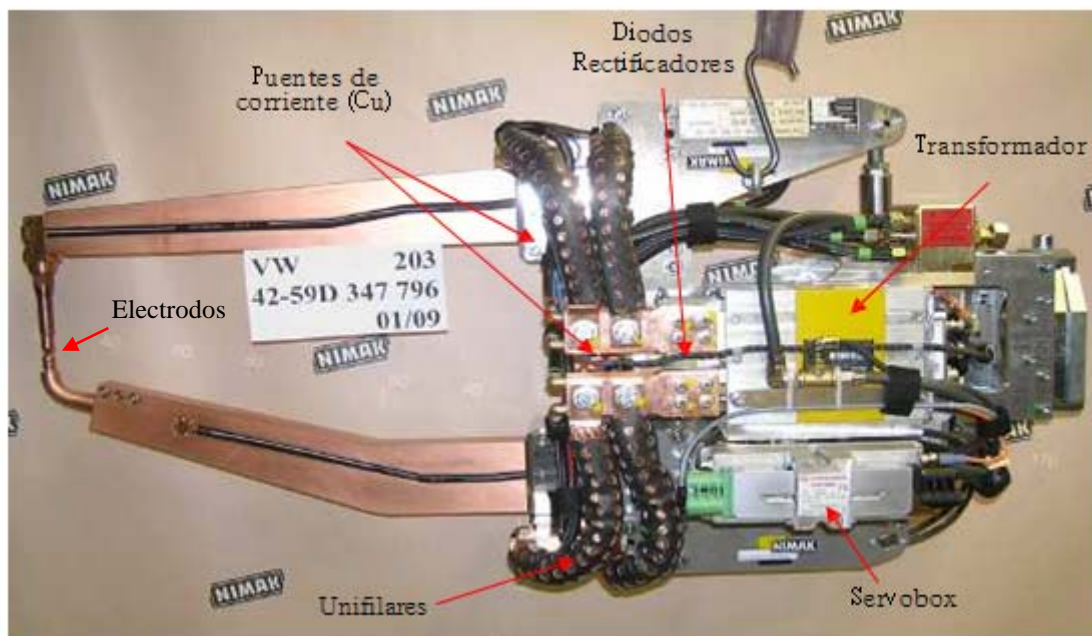


Figura 2.27: Pinzas portaelectrodos

Existen dos tipos de soldadura por puntos: la soldadura “de geometría” y la soldadura de terminación. Los puntos de geometría los primeros que se aplican en la unión de varias piezas, y son lo que determinan la forma final de la unión de éstas. Es por ello que son puntos inmóviles. Los puntos de terminación son puntos adicionales de soldadura que se aplican para reforzar y dar consistencia a la unión.

El calor necesario para fundir el volumen de metal que constituye un punto de soldadura es una cantidad fija que viene definida por el calor específico del metal, el peso específico del material, el volumen del punto de soldadura, el calor latente de fusión y la diferencia entre la temperatura de fusión y la temperatura ambiente. Esta cantidad



fija deberá de generarse a través de la energía calorífica proveniente de la transformación de la energía eléctrica, que depende del cuadrado de la intensidad y del tiempo de aplicación. Por lo tanto habrá que jugar con estos dos valores para conseguir la situación óptima.

El material empleado en las piezas que conforman la carrocería se trata de acero cincado. El zinc es un recubrimiento que llevan las chapas cuyo principal efecto es proteger al material contra la corrosión. Uno de los efectos negativos que tiene es el rápido desgaste que provoca en la punta de los electrodos. Durante la soldadura la superficie de la punta del electrodo se contamina y se modifica debido a la elevación de la temperatura, del esfuerzo aplicado y de la presencia de revestimiento de zinc, originando una disminución de la densidad de corriente eléctrica. Para recuperar el estado de los electrodos y asegurar la calidad de los puntos es necesario someterles a trabajos de fresado con cierta frecuencia.

En una estación de fresado se fresa el electrodo de tal manera que con una cuchilla giratoria se retira la capa de difusión que ha quedado recuperando su forma inicial. El robot lleva la pinza hasta la fresadora, la pinza cierra y tras un proceso de aproximadamente 2 segundos los electrodos quedan renovados tras haber retirado aproximadamente de 0 a 0,15 mm de material. Las virutas desprendidas en el proceso son enviadas mediante un sistema de soplado a un saco que se encuentra junto al cabezal.

Aplicación de masilla

En la industria del automóvil se emplean con frecuencia los sistemas de aplicación de masilla como adhesivos, insonorizantes o sellantes. Para el caso concreto del taller de chapa de VW-Navarra se utiliza la masilla para evitar vibraciones de las chapas y como función estructural, es decir para unir piezas. Todos los equipos instalados son de la marca SCA Schucker.

Su funcionamiento consiste en que se bombea el material desde el bidón, se dosifica y se aplica a la pieza en forma de cordón. La aplicación de masilla se puede realizar manualmente por el operario o automáticamente. En este último caso se pueden distinguir dos opciones: o la pistola automática es fija y el robot que gobierna el sistema acerca la chapa o bien, el robot porta como herramienta en su 6º eje la pistola.

Los sistemas de aplicación de material son una estructura modular y se componen esencialmente de los siguientes elementos:

- Bomba de bidón incluyendo control PCU 3000
- Dosificador incluyendo bloque mando
- Pistola

- Conexiones (mangueras, tuberías, cables)
- Armario de sistema incluyendo control APC 3000
- Armario eléctrico (sólo en sistemas de aplicación de material calefactados)
- Grupo hidráulico (sólo en sistemas de aplicación de material hidráulicos).

El dosificador y la pistola también pueden estar contruidos como una unidad en forma de una pistola dosificadora.

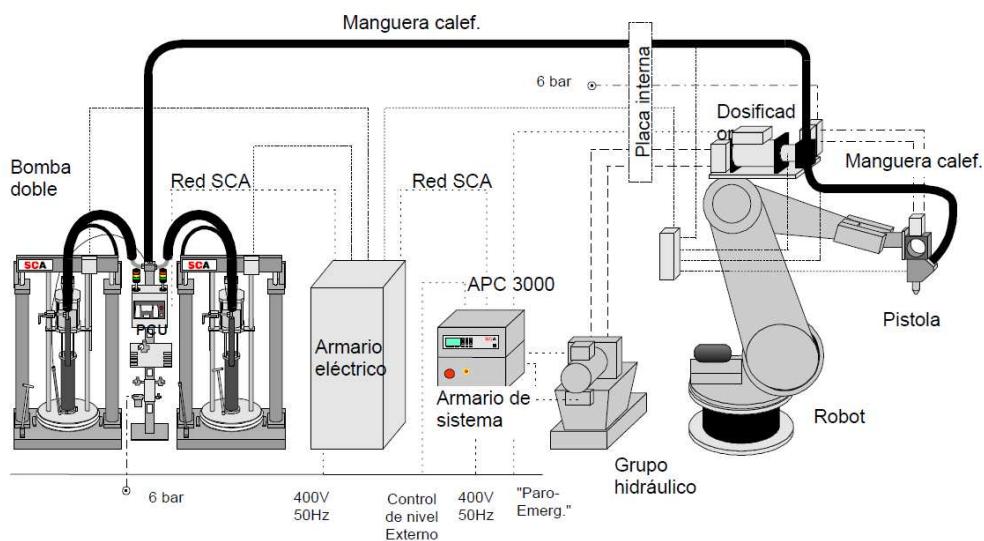


Figura 2.28: Sistema de aplicación de masilla

Las características de la masilla difieren unas de otras dependiendo de la función que tienen. Como se ha comentado anteriormente, en el taller de chapa tienen dos funciones principales y se pueden diferenciar fácilmente por sus colores:

- Antivibración: Color Negro y mismo código siempre (153 W24).
- Estructural: Color Verde, Azul o Naranja (Depende de la dureza).

Si se quiere realizar la aplicación de masilla a una mayor velocidad se debe aumentar la presión de aplicación a través del dosificador. Esta presión oscila entre 0 y 400 bar aunque en el taller se utiliza entre 60 y 80 bar. Como en la instalación las conducciones de presión son a 6 o 10 bares se emplea en el dosificador aceite para conseguir tales presiones. La alimentación hidráulica está realizada por un grupo hidráulico.



2.6 Laterales

La instalación donde se fabrican los laterales de la carrocería está ubicada en las Fábricas 1 y 2 de la nave de Chapistería. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, las Fábricas 1 y 2 son completamente simétricas. La única diferencia que hay entre las dos Fábricas es que mientras en la Fábrica 1 se ensamblan laterales de 2 y 4 puertas, en la Fábrica 2 sólo se ensamblan laterales de dos puertas. A su vez cada Fábrica está dividida en dos partes: la fabricación del lateral izquierdo y la fabricación del lateral derecho, cada una de ellas con una producción máxima de 814 piezas al día.

Ambos laterales, tanto el izquierdo como el derecho, son exactamente iguales a nivel de componentes, de ahí que sea suficiente centrarse en uno de ellos para realizar mejoras que van a tratarse a lo largo de este proyecto.

Cada línea de laterales está formada por 5 sectores denominados BMS controlados mediante autómatas, 27 robots marca FANUC y 11 robots KUKA repartidos entre las distintas BMS realizan el ensamblaje de cada lateral. La comunicación de dichos robots con el autómata se realiza a través de interbus. Las funciones de los robots del taller de Chapistería son manipulación de piezas, soldadura por puntos, soldadura MIG/MAG, soldadura láser, aplicación de masillas, soldadura de pernos, unión por clinchen, y, en algún caso muy concreto, visión artificial.

Fábrica 1					
		Lateral Izquierdo		Lateral Derecho	
		2P	4P	2P	4P
Operarios		6	6	6	6
Producción		169 carrocerías/turno	130 carrocerías/turno	170 carrocerías/turno	139 carrocerías/turno
Disponibilidad		70,40%	70,40%	66,90%	66,90%

Tabla 2.2: Resumen línea Fábrica 1

Fábrica 2			
		Lateral Izquierdo	Lateral Derecho
		4P	4P
Operarios		5	5
Producción		320 carrocerías/turno	316 carrocerías/turno
Disponibilidad		62,30%	67,95%

Tabla 2.3: Resumen línea Fábrica 2

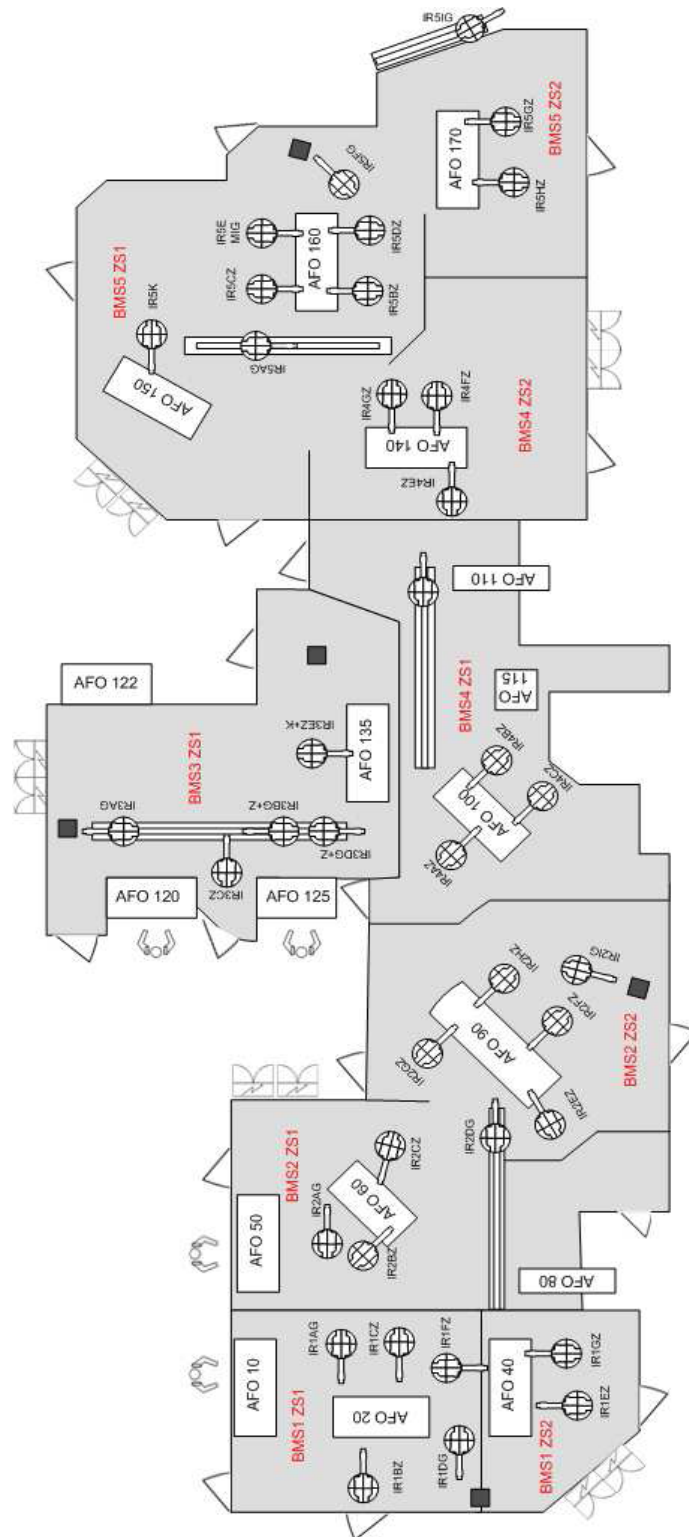


Figura 2.29: Lay-out instalación lateral derecho

A continuación se muestra la secuencia de montaje por estaciones que sigue el lateral desde el momento en que son introducidas todas las piezas de forma individual hasta que sale el conjunto lateral listo para ser acoplado al autobastidor.

El lateral obtenido como producto final del proceso llevado a cabo en la instalación es el resultado de la unión de la parte interna y la parte externa del lateral. Para entender bien el diagrama de flujo se explica qué es lo que se realiza en cada zona de trabajo (también denominado AFO).

El proceso comienza con la carga de piezas en la AFO 10. En esta zona de trabajo el robot IR1A pasa de posición 0 a posición de carga, y es entonces cuando dos operarios comienzan a cargar en él las distintas piezas que forman el Conjunto Refuerzo Lateral Interior (véase anexo A: Pirámide Gráfica de Laterales). Finalmente uno de los operarios acciona el pulsador para validar la operación, se cierran las bridas automáticas y se desbloquean las garras. Seguidamente el robot deja la posición de carga y deposita el conjunto mencionado en el útil de geometría de la AFO 20, donde es sometido a 31 puntos de soldadura de geometría y 20 puntos de soldadura en pinza estática. De la AFO 20 pasa a la AFO 40 y se vuelven a aplicar 50 puntos de soldadura, pero en este caso soldadura de terminación.

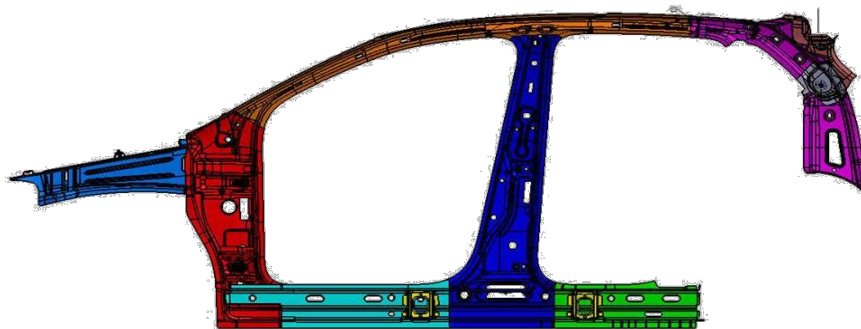


Figura 2.30: Conjunto Refuerzo Lateral Interior 4p

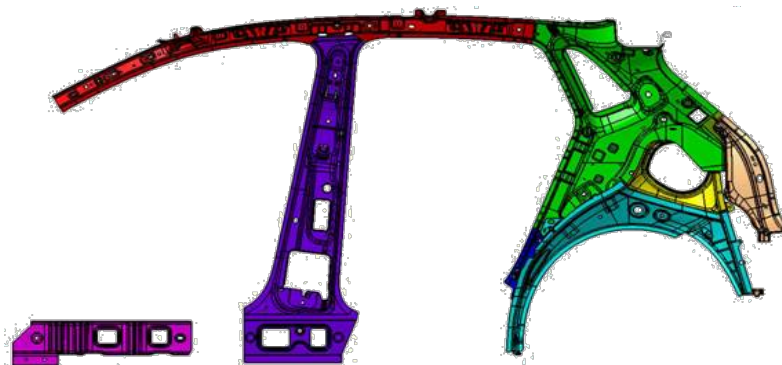


Figura 2.31: Conjunto Lateral Interior 4p

De forma simultánea a lo anterior el operario de la AFO 50 carga las piezas correspondientes al Conjunto Lateral Interior sobre el robot IR2A. Tras el cierre de bridas y el desbloqueo de garras el robot lleva el conjunto a la AFO 60, donde es sometido a 28 puntos de soldadura de geometría, 6 puntos de soldadura en pinza estática, 5 cordones de masilla y depositado sobre el útil de la AFO 90. Posteriormente se deposita sobre éste el Conjunto Refuerzo Lateral interior proveniente de la AFO 40. En entonces cuando se obtiene la parte interior del lateral completo, denominada Conjunto Lateral Interior Completo.



Figura 2.32: Conjunto Lateral Interior Completo 4p

En esa misma zona de trabajo el Conjunto unido mediante bridas pasa a ser un conjunto con unión permanente a través de 53 puntos de soldadura de geometría y 11 puntos de soldadura en pinza estática. De ahí pasa a la AFO 100 y recibe otros 56 puntos de soldadura, en este caso de terminación. Finalmente, el Conjunto Lateral Interior Completo puede tomar dos caminos: por un aparte puede ser depositado por el robot de la AFO 115 en un almacén que servirá como pulmón (llamado comúnmente “almacén ALPA”), o bien llevar el conjunto a la AFO 135, donde será unido posteriormente a la parte externa del lateral.

La parte externa del lateral sigue un camino paralelo al ensamblaje de la parte interna. El proceso comienza con el robot IR3A descargando el lateral exterior de su correspondiente contenedor (AFO 122) y depositándolo en el útil giratorio (Trommel) de la AFO 120 después de aplicar un cordón de masilla. El lateral exterior, llamado de forma común “sábana”, es la parte vista del lateral del coche y se obtiene de manera directa por estampación de una plancha metálica en el taller de Prensas de la fábrica.

El operario de la AFO 120 carga sobre el lateral exterior depositado en el Trommel el canal de estanqueidad, el alojamiento del piloto posterior y la referencia de la cerradura de la puerta posterior. Todas estas piezas son unidas al lateral exterior mediante 10 puntos de soldadura de geometría. Posteriormente el conjunto se traslada al Trommel de la AFO 125, donde el mismo operario continúa cargando piezas sobre el

lateral, tales como los refuerzos de techo. Todas las piezas se unen mediante 14 puntos de soldadura de terminación. Finalmente el conjunto pasa a la AFO 135 y es sometido a 5 puntos de soldadura de terminación y a un cordón de masilla, dando así forma al Conjunto Lateral Exterior Completo.

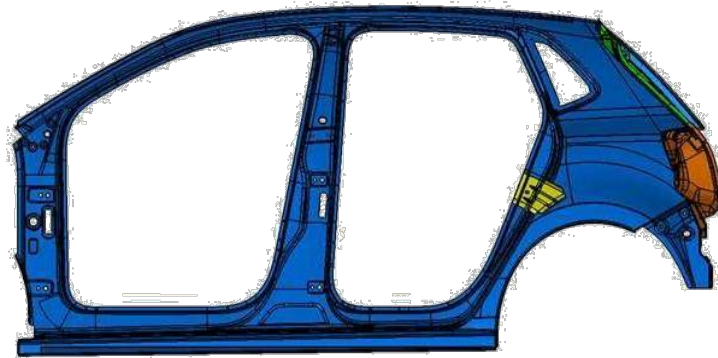


Figura 2.33: Conjunto Lateral Exterior Completo 4p

En es esta misma zona de trabajo donde se produce la unión entre la parte externa y la parte interna del lateral, es decir, entre el Conjunto Lateral Interior Completo y el Conjunto Lateral Exterior Completo. Este conjunto pasa a la AFO 140 donde es sometido a 49 puntos de soldadura de geometría.

La AFO 150 se encarga del engrapado del pasorruedas trasero. El pasorruedas trasero esta fomado por una parte exterior y otra parte interior. La parte exterior sobresale de la interior con una pestaña a 110° de inclinación. El engrapado se realiza a gracias a una roldana que dobla a través de sucesivas pasadas la pestaña sobre la parte interior del pasorruedas. Posteriormente pasa a la AFO 160, donde es unido al conjunto proveniente de la AFO 140 mediante 77 puntos de soldadura de terminación y soldadura MIG. La soldadura se completa a través de otros 45 puntos de soldadura de terminación en la AFO 170, formando así el lateral completo, denominado Conjunto Lateral.

Finalmente el Conjunto Lateral es depositado por el robot IR5I de la AFO 190 en el almacén para su posterior colocación sobre el resto de la carrocería.

En resumen, la instalación del lateral está formada por una serie de zonas de trabajo (AFOs) en las que los operarios cargan las piezas y otras zonas de trabajo en las que posteriormente esas piezas son unidas a través de procesos de soldadura por puntos (445 puntos en total), soldadura MIG y aplicación de masilla.

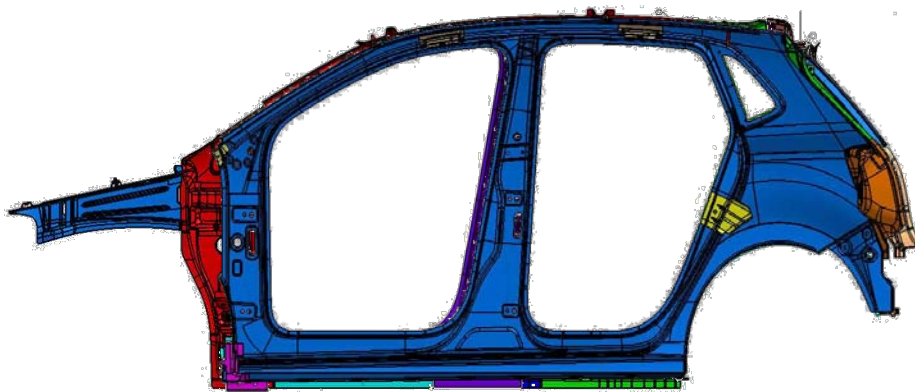


Figura 2.34: Conjunto Lateral 4p

Las piezas que forman cada una de las partes del lateral tanto de 2 como de 4 puertas se encuentran detallas en el Anexo A: “Pirámide Gráfica Laterales”.



3 Fundamentos del Método de Mejora Continua

3.1 Sistema de Producción Volkswagen

La metodología de Mejora Continua se emplea para optimizar los procesos de cada área de una empresa con el fin de mejorar el trabajo y reducir los costes. Esta metodología supone una doble ventaja. Por una parte ofrece una serie de beneficios para los trabajadores: mejora de la seguridad laboral, mejora de la ergonomía y aumento de la motivación de los mismos. Por otra parte supone una ventaja para la empresa: eliminación de manera sostenible los desperdicios, reducción los tiempos de entrega, aumento de la calidad mediante unos procesos seguros y robustos e introducción de estándares.

El sistema de producción de Volkswagen Navarra tiene como objetivo conseguir una producción sincronizada y orientada a la generación de valor. La figura 3.1 muestra el esquema que representa el sistema de producción utilizado, cuyo principal objetivo se encuentra situado en el tejado de la casa, sobre una serie de columnas que son los principios y apoyado en unos cimientos que son las bases. La estandarización del sistema de trabajo y del respeto al medio ambiente, junto con la eliminación de desperdicios y una producción nivelada forman los cimientos del edificio, asegurando una producción estable a pesar de los diferentes equipamientos de los coches.

Para conseguir el objetivo final de este sistema, Volkswagen utiliza una filosofía basada en la Mejora Continua denominada Cascada-KVP o *Kaskade* y llevada a cabo a través de una herramienta llamada *Workshop*. De esta manera se busca eliminar los diferentes tipos de desperdicio y de ese modo aumentar el valor añadido en cada fase del proceso productivo.

Los principales objetivos de la metodología cascada-KVP son los siguientes:

- Seguridad / Ergonomía
Garantizar la ergonomía y aumentar porcentaje de generación de valor en todos los puestos de trabajo.
- Calidad
Reducción desperdicio y retrabados (número de errores).
- Tiempo de recorrido
Reducción del inventario circulante y del tiempo de recorrido del material.

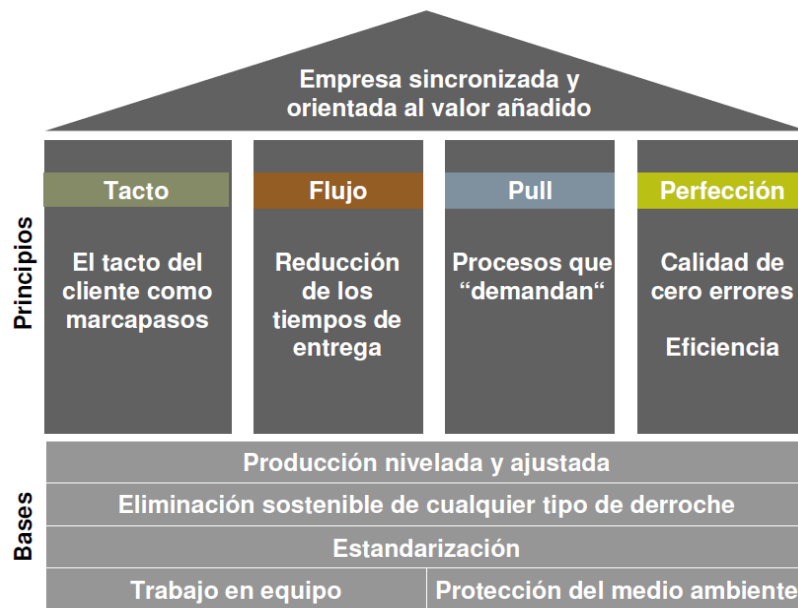


Figura 3.1: Sistema de producción Volkswagen (casa)

Los cuatro principios básicos que sustentan el sistema de producción son:

- **Tacto**
El tacto supone la adecuación del ritmo de producción a la demanda del cliente. Funciona como marcapasos del sistema de producción. Es imprescindible para unos procesos estables y robustos de fabricación.
- **Flujo**
Asegura el suministro continuo del sistema y reduce los tiempos de entrega mediante el principio Just In Time (JIT). Garantiza que las informaciones y materiales circulen en función del tacto del cliente. Se basa en la reducción de los lotes y piezas individuales así como la configuración de los procesos según el principio de espina de pescado.
- **Pull**
El principio de pull gestiona el flujo en cuanto al tiempo y las cantidades en todos los puntos de conexión del sistema. La idea principal es que sólo se produzca lo que el siguiente proceso en la cadena de procesos necesite.
- **Perfección**
Los procesos se organizan de tal forma que se evitan los errores y que los problemas se detectan in situ y se pueden eliminar. Los elementos centrales de este principio son: poka-yoke, one-touch-one-motion y TPM.



Las herramientas empleadas en la metodología de Mejora Continua son las siguientes:

- *Reducción de derroches*

Se considera derroche todo aquello que no añade valor al producto. Con la ayuda del sistema de producción empleado en Volkswagen y a través de la estandarización se hacen visibles los derroches para eliminarlos paso a paso. Existen 9 tipos de derroches:

1. Sobreproducción.
2. Esperas.
3. Transporte.
4. Almacenes.
5. Desplazamientos.
6. Fallos y retrabajos.
7. Fallo de comunicación.
8. Movimientos no ergonómicos.
9. Operaciones innecesarias.

- *Organización del puesto de trabajo (5S).*

Pretende mejorar la configuración del puesto de trabajo, haciendo de éste un lugar limpio y estandarizado de manera que permita al operario coger “a ciegas” herramientas y útiles en el puesto de trabajo. Las 5S hacen referencia a cinco palabras japonesas que establecen una serie de pasos para conseguir la optimización del puesto de trabajo:

<i>Seiri</i>	(Seleccionar)
<i>Seiton</i>	(Ordenar)
<i>Seiso</i>	(Limpiar)
<i>Seiketsu</i>	(Estandarizar)
<i>Shitsuke</i>	(Mantener)

- *Principio de desmontaje “One touch, one motion”.*

Este principio busca generar procesos de montaje fáciles y ejecutables de manera rectilínea y en un solo movimiento. Utiliza un proceso de desmontaje simulado como orientación para el proceso de montaje ideal.

- *Amplitud de alcance de 20 cm.*

Establece la entrega optimada y ergonómica al operario de herramientas y material en el ámbito de alcance de 20 cm para el proceso de trabajo.

- *Trabajo en un tacto.*
Significa que los volúmenes de trabajo balanceados por puesto de trabajo tienen que ser terminados dentro del tiempo de un tacto.
- *Trabajo en grupo sin interferencias.*
Trata de conseguir la distribución óptima de las actividades de montaje y puestos de trabajo a lo largo del flujo de fabricación, evitando colisiones de trabajadores.
- *Principio de camarero para el suministrador logístico.*
El suministrador logístico tiene como tarea el abastecimiento de piezas en el puesto de trabajo según sus necesidades y en breves intervalos.
- *Balanceo de cargas y generación de valor*
El balanceo de cargas describe la distribución de las secuencias de trabajo para fabricar un producto en el orden de montaje correcto y con una ocupación óptima por puesto de trabajo (Período de ciclo) basado en el período de tacto definido. El objetivo es que cada trabajador tenga una ocupación del 100% en el tacto de trabajo de manera que se produzca un aumento de actividades que incrementen el valor de un producto con actividades/procedimientos manuales, mecanizados o automatizados.



Figura 3.2: Herramientas empleadas por la metodología de Mejora Continua



3.2 Fundamentos del *Workshop*

3.2.1 Descripción del *Workshop*

En este punto se pretende realizar la presentación del taller que se lleva a cabo para implantar el método de Mejora Continua para la resolución de problemas diarios, así como las optimizaciones concretas realizadas en este Proyecto.

El *Workshop* consiste en realizar un análisis minucioso de las incidencias ocurridas en la instalación para poder conocer los puntos más débiles y problemáticos de la misma. Examina todo el turno de producción, desde la primera hora del turno de mañana hasta la última en el turno de noche, con el fin de observar los problemas que diariamente van surgiendo en el proceso, valorarlos y determinar cuáles se repiten más. Éstos serán los que mayor prioridad posean a la hora de buscar soluciones.

Este programa de resolución de problemas tiene una serie de etapas que se exponen a continuación.

Identificación del problema

Para poder localizar los problemas a lo largo del proceso productivo es necesario tener clara toda la secuencia de pasos del ciclo así como el funcionamiento y las peculiaridades de la maquinaria. Por ello la figura del conductor de instalación desempeña un papel clave. Es la figura responsable de la instalación y, por tanto, quien detecta el problema y da la voz de alarma. Es quien posee la información y de quien ha de partir el flujo de comunicación. Así pues se dota a los conductores de unas plantillas en soporte papel donde recoger las incidencias acontecidas en la instalación a lo largo del turno de producción, a modo de lista de recopilación de errores (ver Figura 3.3). En estos registros los conductores han de anotar:

- Nombre del conductor.
- Fecha.
- Producción realizada por hora y producción total en el turno.
- Estación donde se produce la incidencia.
- Equipo donde se produce la incidencia.
- Tiempo de duración de la incidencia.
- Breve descripción de la incidencia.

Además de ello, la plantilla cuenta también en su parte inferior con un apartado en el que anotar cualquier tipo de observación realizada así como el tiempo de ciclo real de la instalación en caso de que éste sobrepase el valor teórico.



Por otro lado, a la hora de anotar el tiempo de duración de la incidencia, se facilita también en la misma plantilla una serie de 5 columnas, las cuales clasifican el fallo según su naturaleza. Así, el conductor debería indicar el tiempo de parada en su casilla correspondiente. Estas columnas son:

- Producción.
- Técnicas.
- Pulmón lleno (saturación).
- Logística.
- Geometría (calidad).

REGISTRO INCIDENCIAS INSTALACIONES

FECHA:
TURNO:

INSTALACION: _____ CONDUCTOR: _____

HORA	DEBE	REAL	AFO-OP.	EQUIPO	T. PARADA (Min)					CAUSA DE LA PARADA
					PROD.	TEC.	Pulmon lleno	LOG.	GEO.	
6	10	39 de 39								
	20									
	30									
	40									
	50									
7	10	39 de 78								
	20									
	30									
	40									
	50									
8	10	39 de 117				20			PAUSA	
	20									
	30									
	40									
	50									
9	10	39 de 156								
	20									
	30									
	40									
	50									
10	10	39 de 195				10			PAUSA	
	20									
	30									
	40									
	50									
11	10	39 de 234								
	20									
	30									
	40									
	50									
12	10	39 de 273				10			PAUSA	
	20									
	30									
	40									
	50									
13	10	37 de 310								
	20									
	30									
	40									
	50									

T. PIEZAS

TIEMPO TOTAL

TIEMPO CICLO INSTALACION	
Pulmon lleno	Cadenilla y nicho lleno
LOG.	Fallos logísticos son por ejemplo cuando el carnétillo no llega con las piezas a tiempo o no hay piezas para montar. El conductor de instalación tiene la posibilidad de llamar por teléfono al responsable correspondiente y escribir en la columna de fallo el nombre de la persona a la que se llama y la hora.

Figura 3.3: Plantilla para el registro de incidencias



Descripción del problema. Selección y cuantificación

De todos los problemas que surjan durante la producción, se van a elegir los que más veces se repitan en el tiempo, puesto que se consideran los problemas realmente graves. También los que supongan un mayor tiempo de parada de la instalación o generen graves carencias en la calidad del producto.

Ayudados de la información escrita por el conductor, se procede en primer lugar a catalogar las distintas paradas en función de su categoría. Se contemplan los siguientes tipos de parada:

- *Averías técnicas*
Son las averías asociadas a las propias máquinas y que suponen una alteración parcial o total en su funcionamiento normal, como por ejemplo, fugas de agua o aire, rotura de racores o rodamientos, colisiones entre robots, sensores que no detectan, fallos en los equipos de soldadura, mesas de carga móviles que no giran, etc.
- *Saturación*
Es el tiempo en el que la instalación permanece parada sin producir porque no llegan carrocerías o bien porque la cantidad de stock es excesiva.
- *Calidad*
Hacen referencia a las paradas que se producen en la instalación para corregir desviaciones en el proceso o en las piezas que afectan a la calidad del producto. Éstas van a ser fundamentalmente búsquedas o localizaciones de partes de la instalación que generan bollos en la chapa, reprogramaciones de puntos de soldadura defectuosos, reprogramaciones de masilla y/o material defectuoso.
- *Logística*
Las paradas logísticas son incidencias asociadas a la gestión de materiales: falta de material, piezas mal colocadas en el contenedor, muebles mal colocados en los nichos, contenedores defectuosos y falta de rearme de los armarios de carga por parte del operador logístico principalmente.
- *Producción*
Son aquellas paradas relacionadas con la propia actividad de producir. Principalmente hacen referencia a cambio de materiales consumibles (electrodos y cubos de masilla), cambios de turno y llenado de la instalación, piezas mal cargadas o cargadas fuera de tiempo y proyecciones de soldadura en los distintos equipos.



- *Tiempo abierto*

Bajo el nombre de tiempo abierto quedan recogidas todas aquellas acciones que imposibilitan, al igual que las averías técnicas o las paradas por calidad, logística y producción, la producción de piezas, pero que a diferencia de éstas, se desconoce su naturaleza. Es decir, que durante este tiempo abierto la instalación se encuentra parada, sin producir, pero sin saber el porqué de dicha improductividad.

Una vez se han clasificado los distintos problemas surgidos durante la producción, se realiza una primera preselección en un top 5 de fallos técnicos por un lado, y de fallos organizativos (calidad, logística y producción) por otro. Seguidamente se pasa a evaluar cada uno de esos 5 fallos uno a uno y se decide finalmente cuál de ellos será objeto de estudio y cuál no; es decir, cuál de ellos se considera problema repetitivo en el tiempo y cuál de ellos problema esporádico o fortuito. Los factores que se tiene en cuenta en la evaluación son pues los siguientes:

- Frecuencia con la que ocurre el fallo (número de veces).
- Tiempo perdido debido al problema.

El hecho de elegir un top 5 de fallos tanto en frecuencia como en tiempo toma como base el principio de Pareto: aproximadamente el 80% de las paradas de la instalación se debe a un 20% de los problemas. Así, de forma relativamente sencilla, aparecen los distintos elementos que participan en un fallo y se pueden identificar los problemas realmente relevantes, que acarrearán el mayor porcentaje de errores.

Con todos estos datos se diseña por último un gráfico de disponibilidad, en el que también se representan los problemas según su categoría. Se trata de un gráfico de barras de porcentajes apilados. En el eje de abscisas aparece la fecha a la que hacen referencia los datos y en el eje de ordenadas el porcentaje de minutos en los cuales se han producido piezas y en los cuales no, indicando el tipo de parada. Un ejemplo de este tipo de gráfico es el que se muestra en la figura 3.4, que muestra la disponibilidad de los laterales de ambas fábricas. Se trata de la disponibilidad media obtenida entre las semanas 35 y 40, periodo previo a la realización del *Workshop*.

Este gráfico permite una visión todavía más clara de la existencia de problemas cuantificados además según su naturaleza y permite también visualizar el número de piezas perdidas debido a las ineficiencias de la instalación.

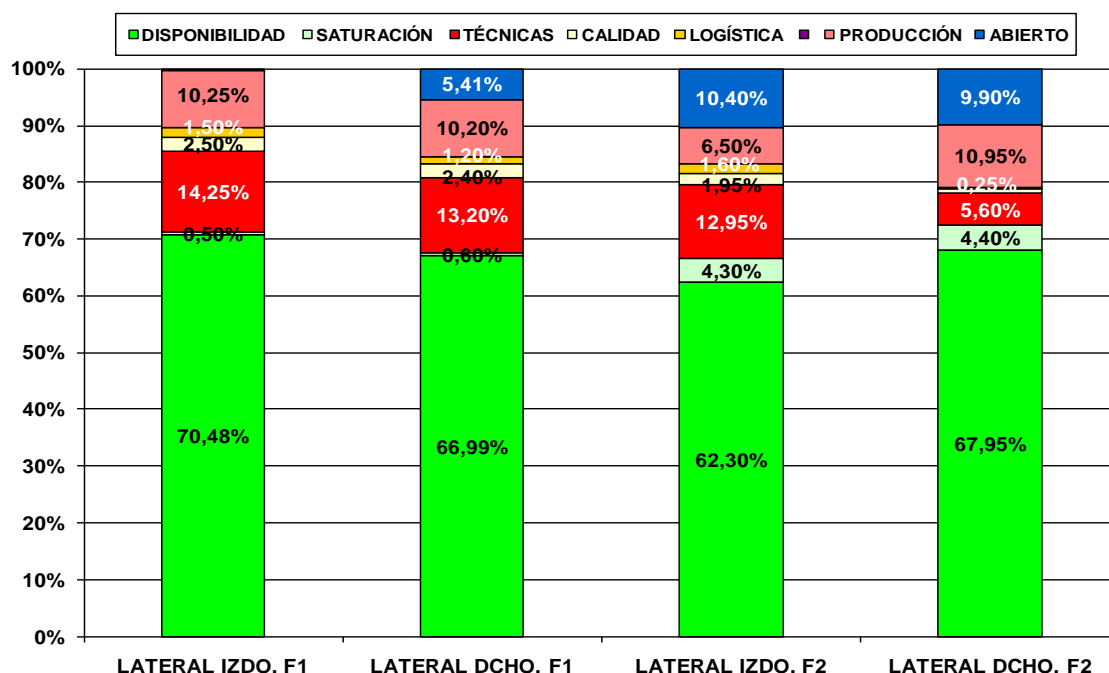


Figura 3.4: Gráfico de disponibilidad

Por último, dada la gran cantidad de información recopilada y la necesidad de que sea fácilmente visible por las distintas partes, se recogen todos los gráficos en un tablón de control del proceso en una sala próxima al taller y habilitada especialmente para ello, denominada “Sala de Impresión”. En esta misma sala, junto al tablón de proceso, se recoge también la metodología practicada a la hora de identificar y describir los problemas.

Eliminación del síntoma e investigación del problema

Una vez que se han elegido los problemas a estudiar, antes de indagar más profundamente en el asunto, el siguiente paso es implantar una medida de corrección a corto plazo. Es lo que coloquialmente llamaríamos como “parche”. A pesar de conseguir solucionar el problema provisionalmente y permitir de esta manera continuar con la producción, este parche no puede adquirir bajo ningún concepto la categoría de medida, entendida ésta como solución definitiva. Se sobreentiende que es una medida provisional y que, por lo tanto, llegado el momento debe retirarse en favor de soluciones permanentes.

Paralelamente a la eliminación del síntoma, se empieza también a investigar el problema. Investigar un problema supone encontrar la causa que lo provoca y, dando un paso más allá, el origen de la causa. Para ello, si es preciso el problema se subdividiría o estratificaría en problemas más pequeños y fácilmente tratables.



En esta labor de búsqueda de la causa raíz resulta de gran ayuda la técnica de los "cinco porqués". Ésta consiste en preguntarse por qué ha ocurrido el problema y, cuando se encuentra la causa inmediata, que no la causa raíz, preguntarse de nuevo por qué ha actuado esta causa, encontrándose así la causa de esta causa. Se sigue procediendo del mismo modo y es habitual que con un ciclo de cinco veces preguntándose el porqué, se llegue a la causa raíz, que permitiría dar una solución correcta al problema. Además esta técnica tiene de positivo que implica el análisis de las cosas y la toma de decisiones en "el lugar de los hechos", es decir, donde se llevan a cabo las operaciones y tienen lugar los problemas: la línea de producción.

Análisis de las causas y valoración

De todas las posibles causas, se escogerán aquellas que se consideren principales. Se comprobarán si realmente son causas reales o auténticas y se evaluarán.

Derivación de las medidas y comprobación de su eficacia.

Una vez que se han elegido los problemas que se van a estudiar y son conocidas las causas que lo provocan, el siguiente paso es desarrollar posibles ideas para mejorarlos o, si la situación lo permite, eliminarlos. En la mayor parte de los casos las soluciones adquiridas serán soluciones *ad hoc*, o traducido literalmente del latín, "para esto"; es decir, que serán soluciones elaboradas específicamente para ese problema o fin preciso.

Como principal herramienta en esta parte del proceso se emplea la técnica *Brainstorming* o tormenta de ideas, una de las técnicas básicas de creatividad. El objetivo de este método es desarrollar el máximo de ideas posible y puede llevarse a cabo solo o en grupo. Para lograr el éxito con esta técnica, sólo es necesario respetar algunas reglas fundamentales:

- Descripción de un tema claro.
- Todo debe ser anotado.
- Cada idea cuenta por muy descabellada que parezca.
- No hay valoración de las ideas, la valoración se realiza más tarde.
- No se descalifica ni se realizan críticas despectivas sobre las ideas.
- Importancia consciente de la cantidad y no de la calidad.

Las medidas propuestas a los problemas seleccionados han de quedar bien definidas y descritas. Para ello se diseña un plan de acción en el cual se incluirán los siguientes datos:

- Problema.
- Medidas necesarias para la resolución de los problemas.
- En cada uno de los pasos:
 - Responsable de la medida.
 - Fecha final teórica.
 - Estado de erradicación del problema.
 - Estatus de la medida (sólo mientras el plan permanezca abierto).

Los apartados correspondientes a estado de erradicación y estatus se rellenarán de acuerdo a la codificación recogida en la Figura 3.5.

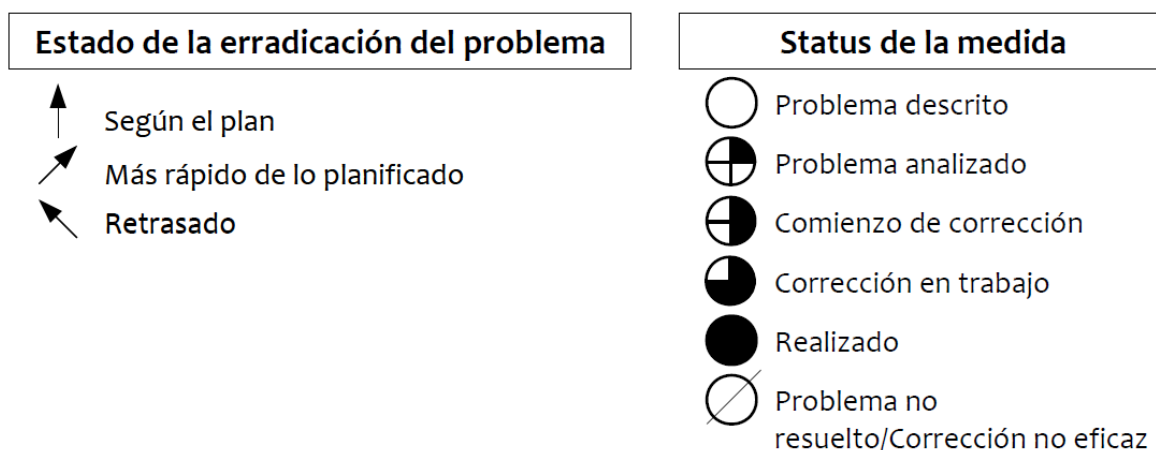


Figura 3.5: Simbología empleada para determinar el estado de la erradicación del problema y el estatus de la medida

Después de haber elegido los primeros proyectos que se deben llevar a cabo y completada su descripción, lo único que queda es su desarrollo. Para que todos los implicados en cada proyecto tengan conocimiento del estado del mismo es necesario llevar un seguimiento. Para ello se harán reuniones periódicamente, en las que tomarán parte todos los participantes involucrados.

Cuando se decida dar por completado alguno de los proyectos deberá realizarse la valoración de los resultados obtenidos. No obstante, esta valoración se realizará de forma conjunta, tras la finalización del *Workshop*. En ella se contemplará el beneficio obtenido y la inversión realizada para ello, tanto en gastos asociados a la propia realización del *Workshop* como recursos destinados a la implantación de las soluciones a los problemas.



Aseguramiento del estándar

El éxito de las medidas no debe concretarse en un único problema y una única tecnología o instalación, sino que debe aprovecharse la coyuntura y extenderse al mayor número de campos posible. Así pues, las medidas que hayan funcionado deberán ser traspasadas a otras instalaciones en las que se puedan implementar o quedar archivadas en el registro al que poder acudir en otros momentos donde aparezca el mismo problema o uno similar, y al que también puedan acceder otras plantas del grupo.

3.2.2 Organización del *Workshop*

Reunión inicial

Esta primera reunión inicial se realiza con el fin de establecer las bases fundamentales para el desarrollo del *Workshop*:

- Fechas en las que se va a llevar a cabo el *Workshop*.
- Elección de las personas que tomarán parte en él.
- Planificación de la agenda para los días que dura el mismo.

En el caso concreto de los *workshops* realizados para optimizar la producción de los laterales se tomaron como fechas de trabajo las semanas 45, 47 y 50 (meses de noviembre y diciembre) y las semanas 3 y 6 (meses de enero y febrero).

Para conseguir un resultado positivo en el desarrollo del *Workshop* es imprescindible conocer muy bien el proceso. Por eso, las personas participantes asociadas a los departamentos técnicos, como Procesos y Mantenimiento, serán los tutores o responsables de la instalación y las distintas tecnologías que la componen.

Los participantes en el *Workshop* son representantes de:

- Producción.
- Mantenimiento.
- Planificación Procesos.
- Logística.
- Calidad.
- Los distintos proveedores (ATB, Ingemat, PKW, Task Force Produktion).



De todos ellos el responsable o moderador encargado de enumerar las incidencias más reseñables y de conducir o asegurar el buen funcionamiento del taller es el responsable de Producción.

Con el fin de conseguir una buena organización se elabora una agenda en la que se fija un guión de las acciones o actividades a realizar diariamente en los distintos intervalos de tiempo, los lugares en los que se van a llevar a cabo cada uno de los puntos y las personas que van a tomar parte en cada uno de los temas que se traten. Las personas asignadas deben tener además dedicación plena durante los intervalos de tiempo en los que se requiere su presencia.

Desarrollo de la Agenda

Una vez ya se ha establecido la fecha de inicio del *Workshop* y comunicado a los representantes de las distintas partes su participación en él, se procede a realizar una pequeña presentación del mismo en una reunión previa al inicio del proyecto, para que quede de manifiesto cuál es la filosofía del método y la dinámica de trabajo a seguir.

Con el primer *Workshop* puesto ya en marcha en la semana 45 (mes de noviembre), el día empieza con una pequeña batida por las instalaciones del taller para recoger los partes de incidencias del día anterior y comentar los problemas con los conductores de instalación. Como ya se ha mencionado anteriormente, estos partes están dispuestos sobre papelógrafos a pie de instalación. Así que la forma de tomar estos datos es mediante la toma de fotografías, fácilmente después almacenables digitalmente en un servidor.

Seguidamente se pasa a realizar el filtrado de dicha información, con el fin de catalogar los distintos tipos de incidencias, identificar el top 5 de averías técnicas y paradas organizativas y calcular la disponibilidad, todo ello referido al día anterior.

Toda esta información, reflejada en forma de gráficos, ha de estar dispuesta en el tablón de control del proceso de la Sala de Impresión a las 10:00h de la mañana, con el fin de que cada participante del *Workshop* pueda analizar libremente durante una hora los problemas acontecidos bajo su responsabilidad así como el estado actual del problema en ese día, y comentar después en la Ronda de Disponibilidad el resultado de sus indagaciones.

Con esto se consigue que los responsables de los distintos departamentos involucrados puedan cuestionarse la información facilitada y estudiar las incidencias con mayor tranquilidad, desde un punto de vista diferente al conductor que rellena el parte, que generalmente suele estar sometido a las presiones propias de los dictámenes de la producción, pero al mismo tiempo tomando como punto de partida su conocimiento del



tema. Ello permite la concentración y el seguimiento del problema de forma directa y, por tanto, el análisis correcto de las causas que lo originan.

A las 11:00h de la mañana, y hasta las 11:15h, tiene lugar en la Sala de Impresión la Ronda de Disponibilidad, elemento central del día y, por tanto, del *Workshop*. En esta ronda el moderador expondrá los datos de producción del día anterior y resumirá los problemas más importantes. Por su parte, el resto de participantes comentarán las investigaciones que han ido realizando y sus impresiones al respecto, y propondrán nuevas soluciones de mejora.

Entre todos se evaluará la gravedad de los problemas y se discutirá si son conocidos realmente o si se necesita de la ayuda de una herramienta especial que permita superar el síntoma y llegar a describir el problema a fondo. También se evaluará el tipo de solución a implantar según los criterios de complejidad técnica, inversión necesaria y mejora esperada. Es decir, si la solución es fácil de implantar o no; si requiere la inversión de una gran cantidad de recursos económicos y personales, o si por el contrario, se puede realizar con los recursos actuales; si es de aplicación inmediata o es preciso esperar a la llegada de nuevo material y/o recambio; si se necesita la opinión de un ente independiente y experto de la tecnología; si va a reportar un beneficio óptimo o si, por el contrario, apenas se va a notar mejoría con su implantación. Se nombrarán responsables de las medidas y se establecerán plazos para la ejecución de esas medidas.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<p>Bienvenida y introducción (7.00)</p> <ul style="list-style-type: none"> Ronda de presentación Presentación de introducción Presentación del área por gerente o mando División en grupos y determinación del líder de grupo <p>Documentar estado actual</p> <p>Conocer el plan de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> Grupos en el lugar de trabajo y observación de cada uno de los trabajados <p>Pausa</p> <p>Explicación 9 tipos de derroches</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprobación de cargas y análisis Comprobación de proceso Elaboración de: diagrama de desplazamiento / diagrama de ocupación Presentación diaria (15.00) 	<p>Retrospectiva 1. Día (7.00)</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluación final de la situación actual <p>Explicación de los métodos</p> <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en un tacto Alcance a 20cm / carrito solidario Organización del puesto de trabajo (5S) <p>Análisis de derroche</p> <ul style="list-style-type: none"> Observación detallada de los procesos (Persona/Material/Movimiento/Comunicación) y por fase de trabajo se usa como base el F-Plan <p>En medio pausa</p> <p>Presentación resultado provisional</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificación de derroche Brainstorming de medidas Creación de una hojas de medidas <p>Encontrar soluciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Seleccionar métodos adecuados/Objetivos Elaborar soluciones Presentación diaria (15.00) 	<p>Retrospectiva 2. Día (7.00)</p> <p>Puntualizar hoja de medidas</p> <ul style="list-style-type: none"> Completar las hojas de medidas y valorar las medidas (IE) <p>Explicación de los métodos</p> <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en grupo sin interferencias Balanceo de cargas Pausa <p>Presentación resultado provisional</p> <p>Test practico</p> <ul style="list-style-type: none"> Puesta en practica de las medidas Introducir las medidas o bien simular „Just do it“ Captura y Priorización de los problemas principales Redefinir objetivo y medidas Presentación diaria (15.00) 	<p>Retrospectiva 3. Día (7.00)</p> <p>Puesta en practica</p> <ul style="list-style-type: none"> Estandarizar y visualizar nuevo procedimiento Elaborar nueva distribución del tacto Verificar las mejoras Evaluar la situación modificada Evidenciar mas mejoras Fijar plazo en 30 Días/ 120 Días/ (Proyecto de producto nuevo) <p>Pausa</p> <p>Presentación resultados provisionales</p> <p>Estado provisional (13.00)</p> <ul style="list-style-type: none"> Transformaciones adicionales En Paralelo creación de la presentación final Presentación diaria (15.00) 	<p>Retrospectiva 4. Día (7.00)</p> <p>Documentación</p> <ul style="list-style-type: none"> Preparación de la presentación final Terminar introducción de medidas <p>13:00 Presentación</p> <p>Ronda de Feedback y fin</p> <p>Enviar la documentación (15.00)</p>

Figura 3.6: Plan semanal del *Workshop*



De la misma forma se comentará la evolución de los problemas de días anteriores, si han progresado adecuadamente o si por el contrario todavía persisten, así como de las medidas correctivas tomadas al respecto. Se detectarán nuevas averías y nuevos problemas que sería preciso estudiar y evaluar y se propondrán también nuevas acciones correctivas, tanto para los antiguos como para los nuevos problemas. Todo ello bajo la responsabilidad del gerente del taller, que es quien está a cargo del éxito o fracaso del método. Él es en última instancia quien decide el camino a seguir y quien autoriza la realización de un proyecto.

La Figura 3.6 muestra el plan de desarrollo de un *Workshop*. Su duración es de una semana y cada día tiene 8 horas de trabajo (de 7:00 h a 15:00 h). El lunes se realiza la ronda de presentación y se comienzan a sacar derroches. El martes se siguen sacando derroches y se van proponiendo medidas para evitarlos. Es ya en el tercer día cuando se escogen soluciones de entre las medidas propuestas, las cuales son puestas a prueba el jueves. De lunes a jueves se realiza una pequeña presentación diaria de lo que se ha hecho en la jornada. El *Workshop* finaliza el viernes con la preparación de la documentación de todas las medidas propuestas y la presentación final ante el director general de la empresa a las 11:00 h.

3.2.3 Descripción de la Situación Inicial

Se necesitan datos tanto previos a la realización del *Workshop* como durante su desarrollo y una vez que haya finalizado.

En este punto se van a presentar los datos que son necesarios para poder comenzar a aplicar este método, es decir, los datos previos. Estos datos son:

- Disponibilidad de la instalación.
- Tiempo ciclo de la instalación.

Con respecto a los fallos que surgen en la instalación no es necesario tomar ningún dato previo, puesto que la propia metodología del *Workshop* contempla el registro diario de todos los fallos que van apareciendo y de todas las observaciones realizadas por los conductores de instalación.

A fin de obtener esta primera información se realiza el 25 de octubre (semana 43) una prueba industrial en la instalación del lateral derecho de fábrica 1, la cual consiste simplemente en realizar un seguimiento ininterrumpido del funcionamiento de la instalación durante un periodo de cuatro horas comprendido entre las 8 de la mañana y las 12 del mediodía. Los datos de disponibilidad de esta instalación se encuentran expuestos en la Figura 3.4, mientras que los tiempos ciclo aparecen en la Figura 3.7. Los resultados de esta prueba también se asumirán para el caso de la instalación del lateral izquierdo de la fábrica 1 y de los laterales de fábrica 2.



Una vez recopilados estos datos, se lleva a cabo una comparación con el estándar o situación teórica de producción. Empleando como base los resultados de esta comparación, se establecen los objetivos con el fin de disminuir el tiempo que la instalación se encuentra sin producir y aumentar consecuentemente la disponibilidad.

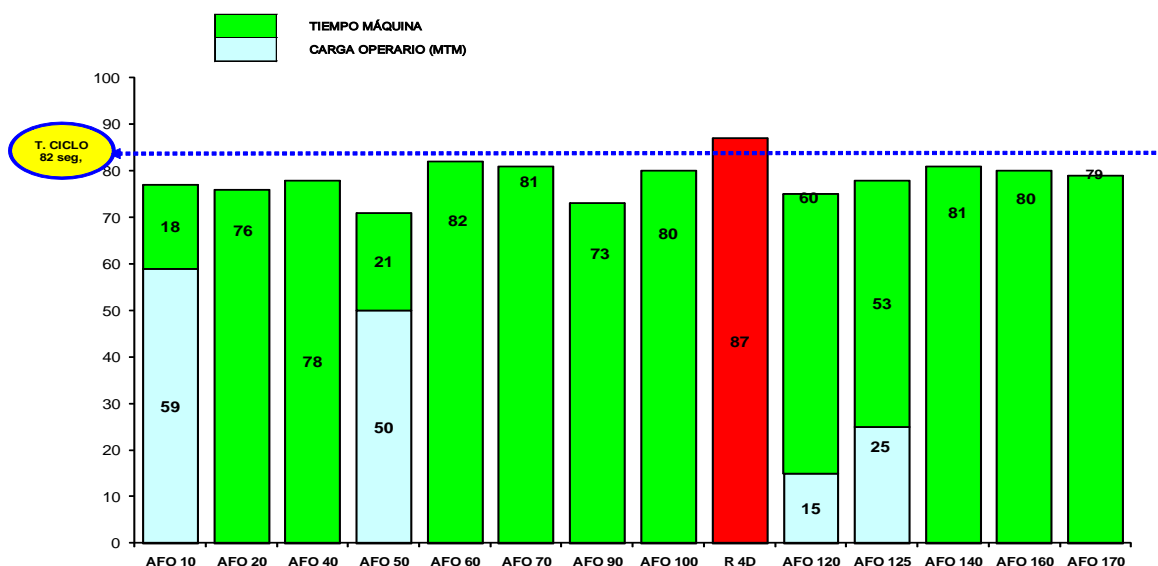


Figura 3.7: Tiempos Ciclo instalación lateral derecho 4P fábrica 1

3.2.3 Objetivos

El trabajo realizado en este proyecto tiene como principal misión la optimización de la producción de los laterales del Volkswagen Polo a través de la utilización del método de Mejora Continua.

Para ello se han realizado un total de cinco talleres o *Workshops* en los que se han tratado los problemas presentes en la producción de los laterales y sus respectivas soluciones. De entre todos los problemas tratados en dichos talleres se han seleccionado los más importantes en cuando a nivel de ahorros. Esos ahorros pueden estar relacionados con distintos aspectos tales como el aumento de la disponibilidad, reducción de mano de obra directa, reducción de defectos de calidad, etc. La exposición y el desarrollo de esos problemas y las medidas adoptadas se verán en el siguiente apartado.



4 Desarrollo del Método de Mejora Continua

4.1 Desarrollo del *Workshop*

La *kaskade* realizada entre los meses de noviembre de 2010 y febrero de 2011 nace como consecuencia de una situación muy concreta y particular en la empresa, con el objetivo de optimizar la producción de todo el taller y, en particular, en la producción de los laterales.

El desarrollo de este taller se realiza a lo largo de varios meses desde la semana 45 hasta la semana 6, y ello permite la posibilidad de realizar un seguimiento continuo de los resultados de la implementación de las medidas que van surgiendo a lo largo del desarrollo del mismo.

Tanto la detección como el análisis de los problemas, su resolución, seguimiento y control en el tiempo, se hacen bajo el amparo o la cobertura de la Metodología de Mejora Continua. Además, los participantes en el *Workshop* son los tutores o padrinos de la instalación, con lo que el proceso es conocido y entendido de antemano. No obstante, previo al inicio del taller, es preciso mantener una breve reunión para establecer los objetivos a cumplir, realizar una pequeña presentación de la metodología a las personas convocadas a participar en el taller, y otorgar una primera información a los conductores de la instalación acerca de la nueva dinámica de trabajo.

Para establecer de forma clara y numérica los objetivos, también se realiza el viernes anterior a la semana de comienzo del *Workshop* una prueba industrial en la instalación de los laterales de fábrica 1 durante cuatro horas.

El proceso de recogida y tratamiento de datos, y el cálculo de la disponibilidad, se realiza todos los días de la misma forma y conforme a lo explicado en el capítulo anterior.

El análisis del conjunto de todos los fallos que aparecen diariamente en la instalación es muy elevado como para realizar un seguimiento específico de cada uno de ellos. Primero, porque no se dispondría ni de tiempo físico suficiente ni del resto de recursos necesarios para hacerlo y, segundo, porque sería contraproducente, pues no se puede dedicar la misma atención a un fallo que aparece una vez y supone un minuto de parada, que a uno que aparece de forma continuada y conlleva un paro de instalación mucho mayor. Se pretende por tanto dar solución a los problemas más graves y repetitivos en el tiempo. De ahí la razón por la que se realiza el filtraje de las paradas en



un top 5 de fallos en cuanto a frecuencia se refiere. También se realiza un top 5 de fallos con respecto al tiempo de duración, pero como segundo criterio de selección cuando el número de veces que se repite un problema no es significativo o cuando el tiempo de parada es elevado.

El principal criterio por tanto en la elección de los problemas a tratar en el *Workshop* es el de la repetitividad, esto es, número de veces que aparece un fallo. El hecho de que un problema se repita de forma ininterrumpida es indicador de un desconocimiento absoluto acerca de la causa que lo genera. De ahí que se consideren los problemas más graves y, por tanto, se de la máxima prioridad a la repetición de un fallo a la hora de seleccionar los proyectos sobre tratados por el taller. No obstante, fallos que se den con una repetitividad mucho menor, pero que en cambio repercutan de manera muy negativa en el tiempo que la instalación permanece parada sin funcionar, también serán objeto de estudio.

4.2 Optimización del Proceso. Desarrollo de Proyectos

De todos los proyectos posibles, como se acaba de ver en el apartado anterior, se seleccionarán aquellos de mayor incidencia en la productividad del proceso, esto es, los problemas más graves. Con los datos obtenidos durante el desarrollo del *Workshop*, se escogen los siguientes proyectos:

- *Optimización del cambio de electrodos*
- *Modificación de la AFO 10*
- *Reducción de bollos y proyecciones*

Estos proyectos serán tratados. Tanto el primer proyecto como el segundo hacen referencia fundamentalmente a temas organizativos y productivos, mientras que el tercero de ellos trata un tema de calidad. No obstante, el hecho de que se establezca esta primera diferenciación o clasificación, no quita para que bajo un mismo proyecto se toquen temas relacionados con distintas áreas. En los tres casos los beneficios obtenidos son de diversos tipos: mejoras ergonómicas, ahorro de material, aumento de aportación de valor, reducción de retrabajos y chatarra, ahorro de mano de obra directa, etc.

Por lo que respecta el resto de incidencias, que no se elijan como proyectos no significa que se vayan a dejar en el olvido. De igual modo es preciso buscar una solución para ellas, pero tendrían menor prioridad que los puntos elegidos como proyectos. Además en la mayor parte de los casos, la solución requerida para estos problemas es inmediata, fácil de aplicar en cuanto a dificultad técnica se refiere y de escasa o nula inversión económica, por lo que no necesitan una investigación o un tratamiento más profundo y en definitiva no se consideran con suficiente importancia como para presentarlos en un Proyecto Fin de Carrera.



A continuación, una vez los proyectos más significativos en cuanto a mejora de la disponibilidad se refiere han sido escogidos, se pasa a analizar y describir cada uno de ellos por separado y de forma individual. La sistemática o el esquema a seguir es el mismo para cada uno de ellos.

El texto comenzará con una breve explicación de la situación inicial, para tener una idea clara de cómo este fallo afecta al funcionamiento global de la instalación. A continuación se pasará a explicar el problema en detalle, enumerando las distintas partes a las que afecta y la repercusión que éste tiene sobre la producción de los laterales. Seguidamente se enumerarán las propuestas estudiadas para solucionar los problemas. Finalmente se realizará un análisis de los resultados obtenidos con la implementación de la solución final y una presentación de los beneficios generados.



4.2.1 Optimización del Cambio de Electroodos

Introducción

La soldadura es una de los procesos más importantes y estudiado en el taller de Chapistería, pues son unos 2500 los puntos de soldadura por los que está compuesta una carrocería, aunque esta cifra varía según el modelo de coche.

Cada robot da un número determinado de puntos de soldadura por ciclo. Cuando el robot termina de soldar un ciclo realiza la “consulta de fresado” para saber si tiene que ir a fresar o no. Si el número de puntos que le quedan a los electrodos antes de ser fresados es mayor que el valor de Puntos de Consulta de Fresado el robot pasa a soldar la siguiente pieza. Por el contrario, si el número es menor, el robot pasa por la fresadora e inicia de nuevo el proceso.

Algo parecido ocurre con la “consulta de cambio de electrodos”: después del último fresado el robot realiza dicha consulta cada vez que termina de soldar una pieza. Si el número de puntos de soldadura que le faltan es mayor que el valor de Puntos de Preaviso de Desgaste el robot sigue soldando. Por el contrario, si el valor es menor, el robot para a la posición de cambio de electrodos.

En ese momento se cierra la llave de paso de agua, la bomba de agua comienza a realizar la extracción de ésta para vaciar el circuito y así evitar que salga agua durante la operación de cambio de electrodos.

El cambio de electrodos se muestra en las pantallas del ordenador que visualiza los controles de soldadura mediante el parpadeo del botón “Cambio de electrodos” del robot correspondiente. El operario entra en la instalación y procede al cambio de electrodos. Cuando la operación ha finalizado el operario debe pulsar el botón “Cambio de electrodos” en el pupitre de explotación para indicar que el cambio se ha realizado, la instalación vuelve al modo automático y el robot realiza el primer fresado para poner a punto los electrodos nuevos.

Situación inicial

En el análisis de derroches, se observa que en los partes aparece excesivo tiempo de parada por cambio de electrodos. Es por ello que se decide realizar una optimización del cambio de electrodos. Uno de los objetivos planteados en la *Kaskade* consiste en conseguir realizar el cambio de electrodos en el mínimo tiempo posible. Hay que tener en cuenta que reducir el número de cambios de electrodos supone una reducción del tiempo a máquina parada, y eso conlleva a un aumento de piezas fabricadas. Por lo tanto tendrá unos beneficios importantes.



El segundo objetivo consiste en agrupar el cambio de electrodos por estaciones. Cada estación tiene una bomba de agua cuya finalidad es la de refrigerar los robots de soldadura. Cuando se tiene que realizar el cambio de electrodos en un robot la bomba deja de suministrar agua al circuito de refrigeración como se ha explicado anteriormente. Así pues, cada vez que un operario entra a la instalación para realizar el cambio de electrodos todos los robots de esa instalación dejan de funcionar ya que la bomba ha dejado de funcionar, independientemente de que sólo se vaya realizar el cambio de electrodos en uno de los robots. Lo que se plantea en el *workshop* es ajustar los parámetros de soldadura para que se puedan realizar a la vez los cambios de electrodos de todos los robots de una misma instalación.

Para llevar a cabo la reagrupación del cambio de electrodos por estaciones es necesario conocer con precisión los datos de partida. Eso requiere hacer un estudio con detalle del proceso de soldadura empleado.

Cuando el robot utiliza electrodos nuevos la soldadura se realiza utilizando la intensidad de corriente nominal. Sin embargo, a medida que los electrodos se van contaminando antes de ser fresados, la resistencia eléctrica va aumentando, de manera que es necesario ir aumentando progresivamente la intensidad de corriente. Como se observa en la Figura 4.1, la intensidad de corriente alcanza el 115% de la intensidad nominal antes de realizar el primer fresado. Una vez que los electrodos han sido fresados por primera vez, el valor de la intensidad se reduce sin llegar al valor nominal. Esto es debido a que el proceso de fresado mejora notablemente el estado de los electrodos, pero nunca los llega a dejar en su estado original. Así que cada vez que se fresa se vuelve a un valor de corriente ligeramente superior al valor del fresado anterior, siguiendo un incremento que viene dado por la llamada Curva de Fresado. Este proceso se repite hasta que se realiza el cambio de electrodos.

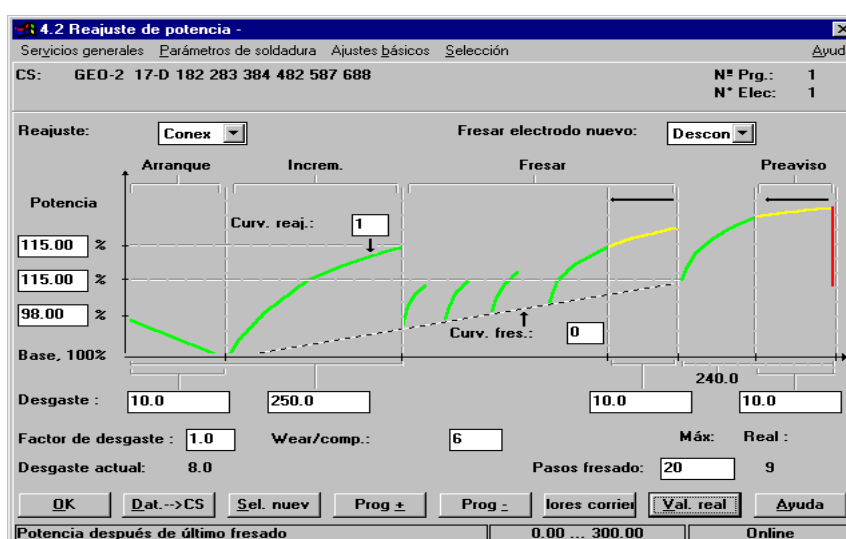


Figura 4.1: Potencia eléctrica empleada en la soldadura



La potencia eléctrica empleada era una cuestión a estudiar, pues llevaba tiempo sin revisar. En el desarrollo del *Workshop* se analizó el estado de los electrodos durante la soldadura y se vio que entre fresado y fresado la contaminación de éstos no era suficiente como para provocar un aumento de resistencia que conllevara aumentar el valor de la intensidad de corriente eléctrica en un 15%. Así que se establece como primera medida el empleo de una intensidad de corriente constante durante todo el proceso de soldadura. Esto trae consigo dos grandes ventajas. La más obvia es que se produce un considerable ahorro energético, que aunque es difícil de cuantificar es evidente. Por otro lado, el hecho de utilizar siempre el mismo valor de corriente hace que el primer punto de soldadura y el último realizados por los mismos electrodos utilicen la misma intensidad de corriente. De esta manera no pueden aparecer malos puntos de soldadura como consecuencia de valores altos o bajos de intensidad.

Para realizar la optimización del cambio de electrodos se analizan todos los robots de soldadura del Taller de Chapa de los dos laterales, tanto de la Fábrica 1 como de la Fábrica 2. Para no excederse en la presentación de datos se muestra a continuación el estudio hecho sobre la soldadura en el lateral izquierdo de la Fábrica 2, si bien el estudio se ha hecho sobre la totalidad de las instalaciones del lateral. Como resultado final de la optimización se presentan los beneficios obtenidos en los dos laterales de las dos fábricas.

La agrupación de cambios de electrodos por estaciones requiere de un estudio exhaustivo del número de puntos de soldadura que es capaz de dar cada robot antes de realizar el cambio de electrodos. Los operarios realizan dicho cambio de acuerdo a unos valores predeterminados. La Tabla 4.1 muestra el número de piezas que es capaz de soldar cada robot con un par de electrodos nuevos. Los robots (RB) vienen clasificados según la AFO y la bomba a la que pertenecen. Como ya se comentó anteriormente, cada estación utiliza una bomba, y cada bomba abastece a varios robots. Los valores del número de piezas que es capaz de soldar cada robot con un par de electrodos nuevos vienen determinados por los siguientes parámetros:

- *Puntos Por Pieza:*
Indica el número de puntos de soldadura que da un robot en cada ciclo de trabajo.
- *Puntos de Preaviso de Desgaste:*
Muestra el número de puntos de soldadura utilizados para la consulta de cambio de electrodos. Este valor deberá ser siempre mayor al valor de Puntos por Pieza, de manera que no exista riesgo de que al robot le llegue señal de cambio de electrodos sin terminar de soldar una pieza.



- Puntos de Desgaste Máximo:**
Este valor indica el número de puntos de soldadura de calidad que es capaz de proporcionar cada par de electrodos antes de ser fresados.
- Pasos de Fresado:**
Indica el número de veces que se pueden fresar los electrodos antes de ser cambiados por otros nuevos.

BOMBA	AFO	RB	PTOS. POR PIEZA	PTOS. PREAVISO DESGASTE	PTOS. DESGASTE MÁXIMO	PASOS FRESADO	PTOS. CONSULTA FRESADO	PIEZAS FRESADO	PIEZAS FRESADO (REAL)	TOTAL
1	20	1B	16	80	112	45	15	6,06	7	315
	20	1C	14	70	98	45	13	6,07	7	315
	30	1D	20	20	80	52	30	2,50	3	156
2	40	1E	16	80	112	45	15	6,06	7	315
	40	1F	19	95	114	53	18	5,05	6	318
	40	1G	15	75	105	45	14	6,07	7	315
3	60	2B/1	11	55	88	40	10	7,09	8	320
	60	2C	15	75	120	40	14	7,07	8	320
	70	2D	6	30	48	40	5	7,17	8	320
4	90	2E	13	65	91	40	12	6,08	7	280
	90	2F	15	75	105	40	14	6,07	7	280
	90	2G	13	65	91	40	12	6,08	7	280
	90	2H	15	75	105	40	14	6,07	7	280
5	100	4A	23	115	115	56	22	4,04	5	280
	100	4B	22	110	110	56	21	4,05	5	280
	100	4C	19	95	95	56	18	4,05	5	280
6	120	3B	4	48	92	10	7	21,25	22	220
	125	3C	13	52	117	40	15	7,85	8	320
	125	3D	6	30	90	24	8	13,67	14	336
	135	3E	7	35	133	11	9	17,71	18	198
7	140	E	17	85	102	50	16	5,06	6	300
	140	F	17	85	136	25	16	7,06	8	200
	140	G	17	85	102	50	16	5,06	6	300
8	160	B	24	120	120	50	23	4,04	5	250
	160	C	28	140	140	50	27	4,04	5	250
	160	D	25	40	135	20	27	4,32	5	100
9	170	G	25	125	125	47	24	4,04	5	235
	170	H	21	105	105	47	20	4,05	5	235

Tabla 4.1: Piezas soldadas teóricas con cada par de electrodos



- **Puntos de Consulta de Fresado:**
Hace referencia al número de puntos de soldadura utilizados en la Consulta de Fresado. Este valor debería ser siempre superior al valor de Puntos por Pieza, de manera que el robot no pueda ir a fresar sin haber terminado de soldar la pieza.
- **Piezas por Fresado:**
Se trata del número de piezas que el robot es capaz de soldar entre fresado y fresado. Este valor depende fundamentalmente de los Puntos de Desgaste Máximo y de los Puntos por Pieza, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Piezas por Fresado} = \frac{\text{Puntos de Desgaste Máximo} - \text{Consulta de Fresado}}{\text{Puntos por Pieza}} \quad (4.1)$$

El valor obtenido con esta ecuación no es un valor entero ya que se está teniendo en cuenta el valor de Consulta de Fresado para garantizar la soldadura de piezas completas. El número de piezas por fresado real será pues el valor redondeado de dicho resultado.

- **Total de Piezas Soldadas:**
Se trata del número total de piezas que se pueden soldar teniendo en cuenta las Piezas por Fresado y el valor de Pasos por Fresado:

$$\text{Total Piezas Soldadas} = \text{Piezas por Fresado (real)} \times \text{Pasos por Fresado} \quad (4.2)$$

Para una mejor comprensión de los parámetros se toma el ejemplo del robot 1B y se analizan los valores numéricos obtenidos. Este robot pertenece a la AFO 20 y es bombeado por la Bomba 1. Puede pasar por la fresadora 45 veces antes de cambiarle los electrodos y con cada fresado se pueden dar 112 puntos de soldadura. Teniendo en cuenta que cada pieza soldada por ese robot requiere 16 puntos de soldadura y que la Consulta de Fresado es de 15 puntos, eso nos da un valor de 6.06 piezas. Cuando el robot haya soldado la sexta pieza se realizará la consulta de fresado y el robot recibirá la orden de pasar a soldar la siguiente pieza ya que le quedan más de 15 puntos para completar los Puntos de Desgaste Máximo. Cuando el robot termine de soldar la sexta pieza realizará de nuevo la consulta e irá a fresar, pues le quedan menos de 15 puntos. Esto se repetirá 45 veces, produciéndose un total de 315 piezas soldadas antes del cambio de electrodos. Como se observa en la Tabla 4.1, tanto el robot 1B como el robot 1C realizan el cambio de electrodos a la vez. Sin embargo, el robot 1D, perteneciendo a la misma estación (misma bomba), tiene que realizar el cambio de electrodos con anterioridad, siendo ésta una situación no deseable.

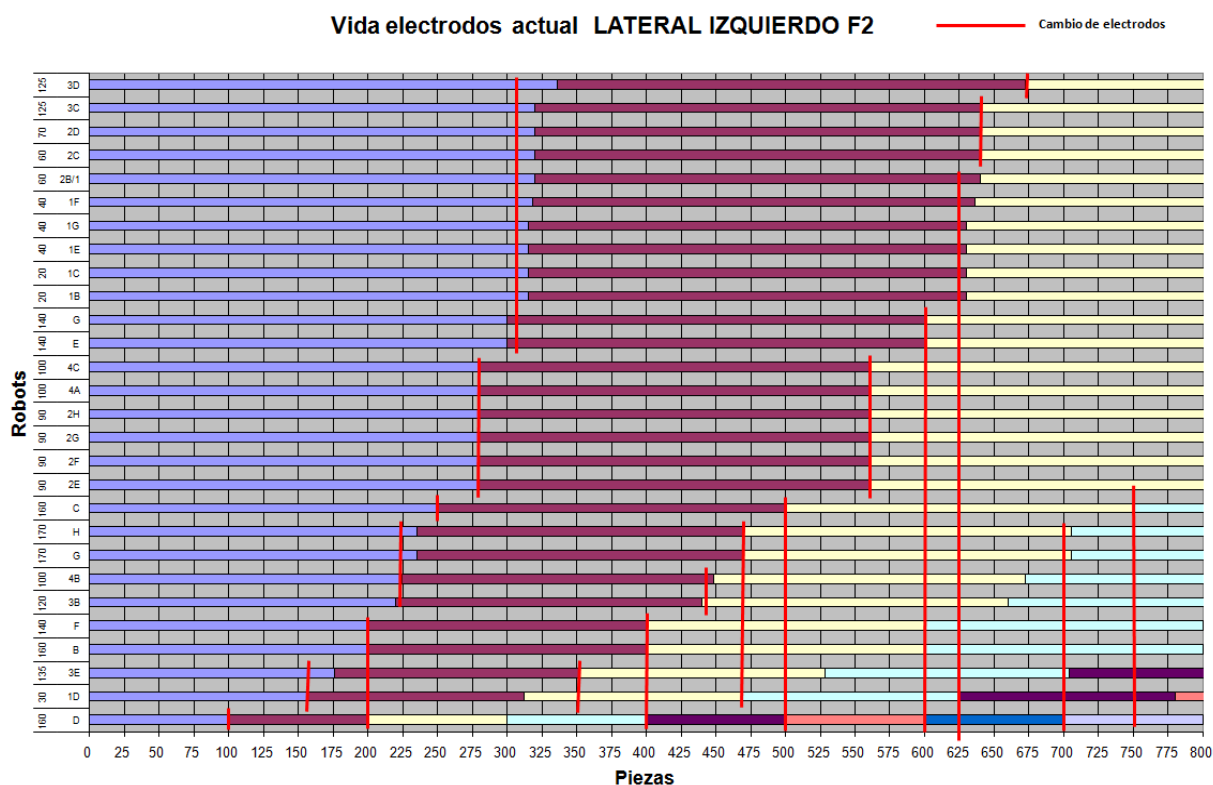


Figura 4.2: Cambio de electrodos original

Hay que tener en cuenta que el operario cambia los electrodos cuanto se han soldado el número de piezas mostrado en la Tabla 4.1 sin comprobar el estado de los electrodos. Es decir, el operario actúa en base a lo que le indica por pantalla. La Figura 4.2 muestra los cambios de electrodos que se realizaban originalmente (antes del *Workshop*). Se trata de un cambio de electrodos no agrupado por bombas que produce 19 paradas de instalación al día. Analizando los partes de incidencia se calculó que esas 19 paradas diarias ocasionaban una media de 50 minutos de parada de instalación al día, tiempo que se desaprovecha y en el cual no se producen carrocerías.

Propuestas y solución final

El principal objetivo es reducir el tiempo de parada de instalación por cambio de electrodos. Para ello hay que conseguir disminuir el número de veces que se realiza el cambio agrupándolos por bombas. Lo primero que se decide realizar para poder agrupar los cambios de electrodos por bombas es verificar que los datos de partida son los correctos, y de no ser así modificarlos. Lo que hay que hacer por tanto es verificar que lo que marca la pantalla se ajusta a la realidad.



BOMBA	AFO	RB	PTOS. POR PIEZA	PTOS. PREAVISO DESGASTE	PTOS. DESGASTE MÁXIMO	PASOS FRESADO	PTOS. CONSULTA FRESADO	PIEZAS FRESADO	PIEZAS FRESADO (REAL)	TOTAL
1	20	1B	16	26	112	45	21	5,69	6	270
	20	1C	14	24	98	45	19	5,64	6	270
	30	1D	20	30	80	52	25	2,75	3	156
2	40	1E	16	26	112	45	21	5,69	6	270
	40	1F	19	29	114	53	24	4,74	5	265
	40	1G	15	25	105	45	20	5,67	6	270
3	60	2B/1	11	21	88	40	16	6,55	7	280
	60	2C	15	25	120	40	20	6,67	7	280
	70	2D	6	16	48	40	11	6,17	7	280
4	90	2E	13	23	91	40	18	5,62	6	240
	90	2F	15	25	105	40	20	5,67	6	240
	90	2G	13	23	91	40	18	5,62	6	240
	90	2H	15	25	105	40	20	5,67	6	240
5	100	4A	23	33	115	56	28	3,78	4	224
	100	4B	22	32	110	56	27	3,77	4	224
	100	4C	19	29	95	56	24	3,74	4	224
6	120	3B	4	14	92	10	9	20,75	21	210
	125	3C	13	23	117	40	18	7,62	8	320
	125	3D	6	16	90	24	11	13,17	14	336
	135	3E	7	17	133	11	12	17,29	18	198
7	140	E	17	27	102	50	22	4,71	5	250
	140	F	17	27	136	25	22	6,71	7	175
	140	G	17	27	102	50	22	4,71	5	250
8	160	B	24	34	120	50	29	3,79	4	200
	160	C	28	38	140	50	33	3,82	4	200
	160	D	25	35	135	20	30	4,20	5	100
9	170	G	25	35	125	47	30	3,80	4	188
	170	H	21	31	105	47	26	3,76	4	188

Tabla 4.2: Piezas soldadas con cada par de electrodos

Uno de los parámetros que se pretende revisar es el número de puntos de soldadura que cada robot realiza en cada pieza. Para ello se lleva a cabo un conteo visual de los puntos de soldadura que efectúa cada robot. Realizado dicho análisis se descubre que hay algunas diferencias con los valores teóricos que se están usando, así que se decide realizar de nuevo los cálculos de las piezas soldadas con los nuevos valores de puntos de soldadura por pieza.

Otra de las medidas que se toma es la modificación de los valores de Puntos de Preaviso de Desgaste y Puntos de Consulta de Fresado. Se vio que los valores originales podían dar ocasión a paradas de robot sin pieza completa soldada con el fallo de algún punto de soldadura. Así que se decide establecer un valor para los Puntos de Preaviso de Desgaste de 10 puntos por encima del valor de Puntos por Pieza, y un valor para los Puntos de Consulta de Fresado de 3 puntos por encima del valor de Puntos por Pieza.



BOMBA	AFO	RB	PTOS. POR PIEZA	PTOS. PREAVISO DESGASTE	PTOS. DESGASTE MÁXIMO	PASOS FRESADO	PTOS. CONSULTA FRESADO	PIEZAS FRESADO	PIEZAS FRESADO (REAL)	TOTAL
1	20	1B	16	26	117	45	19	6,13	7	315
	20	1C	14	24	103	45	17	6,14	7	315
	30	1D	20	30	124	52	23	5,05	6	312
2	40	1E	16	26	117	45	19	6,13	7	315
	40	1F	19	29	120	52	22	5,16	6	312
	40	1G	15	25	116	45	18	6,53	7	315
3	60	2B/1	11	21	91	40	12	7,18	8	320
	60	2C	15	25	124	40	18	7,07	8	320
	70	2D	6	16	100	40	9	15,17	16	640
4	90	2E	13	23	109	40	16	7,15	8	320
	90	2F	15	25	110	46	18	6,13	7	322
	90	2G	13	23	109	40	16	7,15	8	320
	90	2H	15	25	110	46	18	6,13	7	322
5	100	4A	23	33	110	50	26	3,65	4	200
	100	4B	22	32	125	50	25	4,55	5	250
	100	4C	19	29	105	50	22	4,37	5	250
6	120	3B	4	14	92	14	7	21,25	22	308
	125	3C	13	23	109	38	16	7,15	8	304
	125	3D	6	16	94	40	9	14,17	15	600
	135	3E	7	17	125	20	10	16,43	17	340
7	140	E	17	27	108	50	20	5,18	6	300
	140	F	17	27	110	25	20	5,29	6	150
	140	G	17	27	108	50	20	5,18	6	300
8	160	B	24	34	106	50	27	3,29	4	200
	160	C	28	38	113	50	31	2,93	3	150
	160	D	25	35	130	20	28	4,08	5	100
9	170	G	25	35	130	47	28	4,08	5	235
	170	H	21	31	111	47	24	4,14	5	235

Tabla 4.3: Ajuste de las piezas soldadas con cada par de electrodos

Realizadas estas dos modificaciones se vuelven a realizar los cálculos del número de piezas soldadas por cada robot, obteniendo notables diferencias. Como se puede observar en la Tabla 4.2, el número de piezas soldadas disminuye con respecto a la situación original, como era de esperar debido a los ajustes preventivos implementados.

Una vez recalculadas las piezas soldadas con los datos reales se observa que sigue habiendo una desagrupación del cambio de electrodos que no es deseable. Para realizar la agrupación se decide hacer modificaciones en los valores de Puntos de Desgaste Máximo y Pasos de Fresado. El único requisito técnico es que no se supere el valor de 135 Puntos de Desgaste Máximo ni 50 Pasos de fresado. No se aconseja superar estos valores para tener una soldadura de calidad. Realizando todas las distintas combinaciones posibles se decide escoger aquellas que hacen que los valores de las piezas soldadas por los robots de una misma bomba estén lo más próximo posible, si bien es cierto que muchas veces es imposible conseguir una agrupación exacta. En la Tabla 4.3 se muestra el ajuste realizado. Los valores en rojo indican que se ha



aumentado el valor con respecto al valor de la situación original. Los valores en verde quieren decir que ha habido una disminución con respecto al valor original.

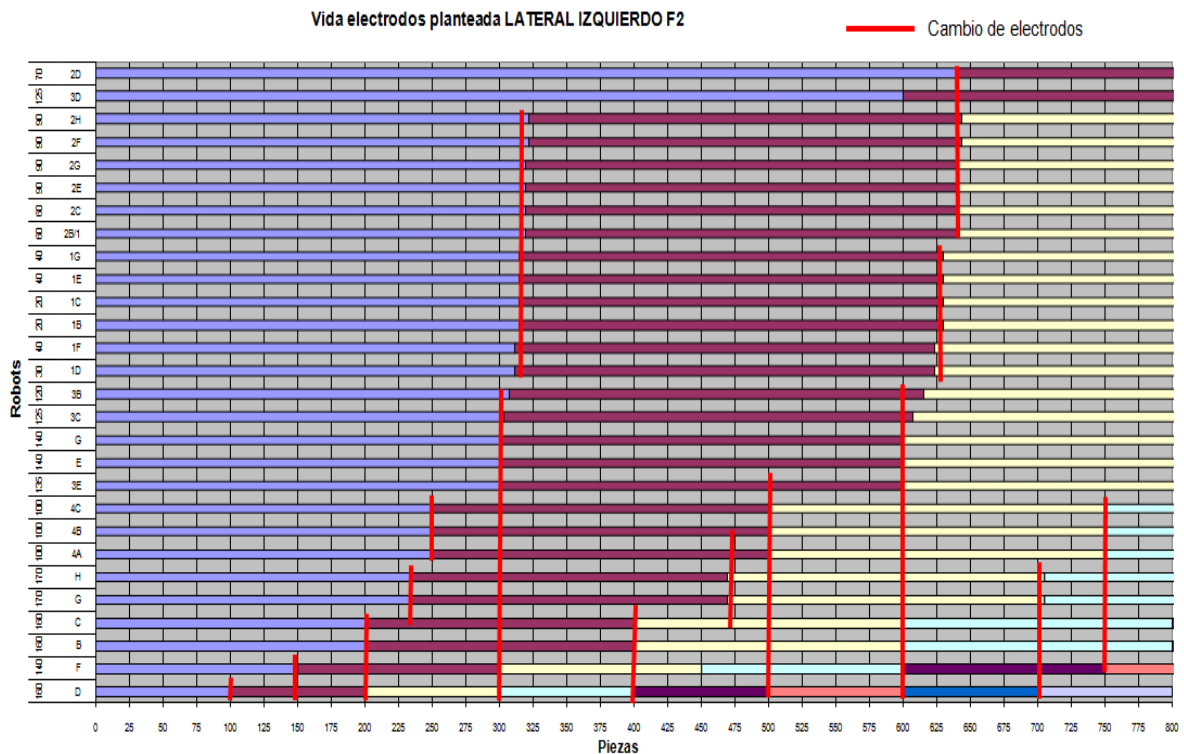


Figura 4.3: Agrupación de electrodos por bombas

La Figura 4.3 muestra la nueva vida de los electrodos con sus respectivos cambios. Con el nuevo ajuste se producen 15 cambios de electrodos al día, que equivale a un tiempo medio de 40 minutos al día, es decir, 10 minutos menos que en la situación original.

Durante el desarrollo del *Workshop* se pensó que ésta era una buena medida, pero que no era la única. Se plantea otra alternativa que consiste en realizar un cambio de electrodos sistemático al finalizar el turno del operario, de modo que se emplea el tiempo de parada de máquina al finalizar el turno para realizar dicho cambio. Esto se puede realizar en todos los robots menos en aquellos en los que no se puede alargar la vida de los electrodos hasta el cambio de turno. Sólo en aquellos en los que la vida de los electrodos sea próxima o superior a la duración de un turno se puede realizar esta distribución. La Figura 4.4 muestra la opción descrita anteriormente. La producción correspondiente a un turno de trabajo es de 250 piezas por lateral y por fábrica (250 piezas por lateral y por fábrica corresponden a 1500 laterales diarios) Se observa que hay 7 robots que tienen que hacer el cambio de electrodos durante el tiempo de producción, mientras que el resto hace el cambio al finalizar el turno.

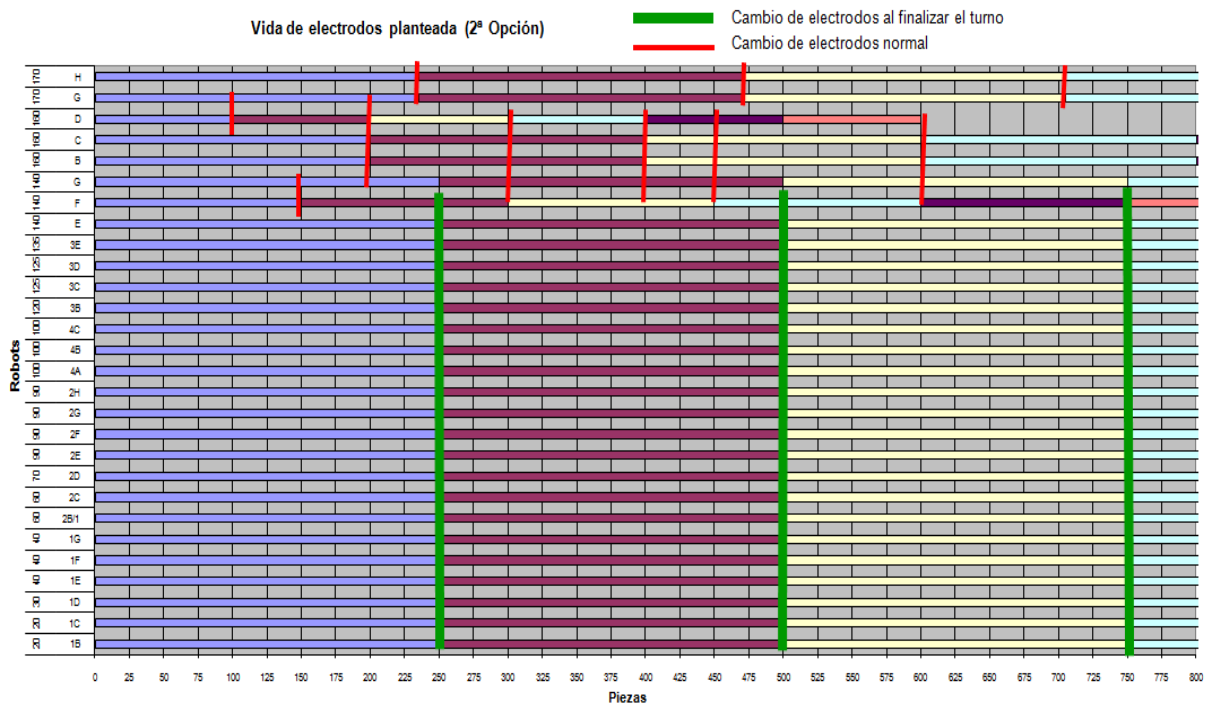


Figura 4.4: Cambio sistemático de electrodos al finalizar el turno

Esta opción tiene como punto muy positivo que realiza la mayoría de los cambios de electrodos a máquina parada, con lo cual no se desaprovecha tiempo de producción. El problema es que el operario que termina el turno se tiene que quedar los diez minutos que hay desde que éste acaba el turno hasta que viene el operario del siguiente turno a realizar el cambio de electrodos. Para que esto no suponga un problema el operario puede empezar su turno diez minutos más tarde. Y esos diez minutos que llega más tarde son trabajados por los relevistas.

La parte negativa de esta opción es que se cambian electrodos que podrían ser usados durante más tiempo. Esto supone un derroche no deseable que se cuantifica en 170 € por semana.

Durante la semana del *Workshop* se estudiaron las dos opciones para el cambio de electrodos y se consideró que la opción del cambio sistemático al finalizar el turno era la más beneficiosa puesto que era la que menos carrocerías dejaba de producir.

Se calcula que para realizar el cambio de electrodos de esta manera se pueden emplear 50 minutos al día para cada lateral. Teniendo en cuenta que hay tres turnos por día y que hay diez minutos entre turno y turno, eso supone que de los 50 minutos 30 minutos se emplean a máquina parada, y los otros 20 minutos durante la producción. En la Tabla 4.4 se pueden ver las diferencias con la situación actual y cuánto tiempo se ahorra.



Optimización cambio electrodos

ANTES	DESPUÉS
Cambios de electrodos al agotarse la vida.	Cambio sistemático al finalizar el turno
Lateral izquierdo F1 12 cambios/día 43 min./día	Lateral izquierdo F1 11 cambios/día 20 min./día -23 min/día
Lateral derecho F1 15 cambios/día 45 min./día	Lateral derecho F1 12 cambios/día 20 min./día -25 min/día
Lateral izquierdo F2 19 cambios/día 50 min./día	Lateral izquierdo F2 14 cambios/día 20 min./día -30 min/día
Lateral derecho F2 19 cambios/día 67 min./día	Lateral derecho F2 15 cambios/día 20 min./día -47 min/día
	Total.... -125 min/día
	Pérdidas de 170 €/semana en derroche de electrodos

Tabla 4.4: Optimización del cambio de electrodos

Los cuatro laterales suponen un ahorro total de 125 minutos al día. Para calcular el número de carrocerías que ese tiempo supone hay que utilizar el tiempo ciclo (82 segundos):

$$125 \frac{\text{min}}{\text{día}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \times \frac{\text{lateral}}{82 \text{ seg}} = 91 \text{ laterales/día} \tag{4.3}$$

Para calcular el ahorro que suponen estos laterales que se producen de más hace falta saber cuánto vale un lateral. Para saberlo se consultó al área de *Controlling* y se obtuvo un valor de 2.8598 € por lateral. El ahorro anual se calcula de la siguiente manera:

$$91 \frac{\text{laterales}}{\text{día}} \times 2.8598 \frac{\text{€}}{\text{lateral}} \times \frac{211 \text{ días}}{\text{año}} = 54911 \text{ €/año} \tag{4.4}$$

Teniendo en cuenta que se producen unas pérdidas de 170 € por semana en derroche de electrodos, el beneficio anual es el siguiente:

$$54911 \text{ €/año} - 170 \frac{\text{€}}{\text{semana}} \times \frac{42 \text{ semanas}}{\text{año}} = 47771 \text{ €/año} \tag{4.5}$$

Se trata de una medida organizativa que se realiza buscando voluntarios a los cuales se les pueda retrasar el cambio del horario de turno.

4.2.2 Modificación de la AFO 10

Introducción

La instalación de los laterales está formada por el lateral derecho y el lateral izquierdo, y cada lateral está formado por distintas estaciones. La AFO 10 es la primera estación de la instalación y en ella dos operarios cargan las piezas pertenecientes al Refuerzo Lateral Interior (véase Figura 4.5) directamente sobre el manipulador del Robot 1A.

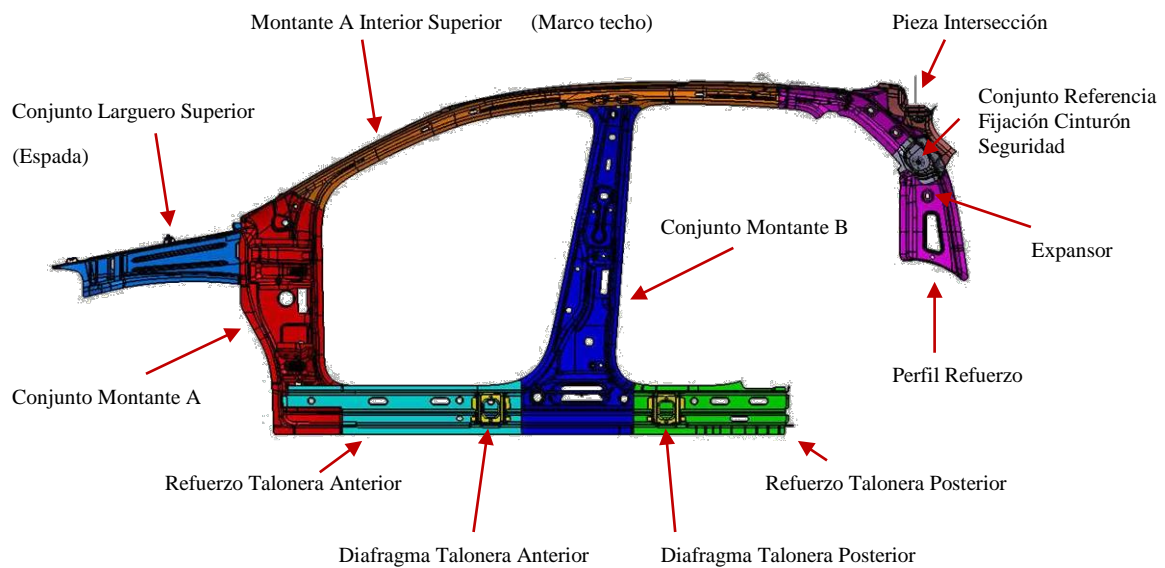


Figura 4.5: Piezas conformadas en el Refuerzo Lateral Interior (AFO 10)



Figura 4.6: Posición de carga de la AFO 10



En un funcionamiento automático habitual el robot 1A se situará en posición de carga y el manipulador quedará sujeto mediante unas garras. Acto seguido los operarios atravesarán la zona de seguridad cortando el láser del escáner e irán colocando las piezas correspondientes sobre el robot, saldrán de la zona explorada por el escáner y validarán la carga apretando el pulsador. Si todo está correcto el robot cerrará, sujetará las piezas mediante unas bridas y se moverá hacia la siguiente estación, donde se realizará la soldadura de las piezas cargadas inicialmente.

Situación inicial

El derroche en este caso tiene que ver con el excesivo tiempo de espera del operario. Resulta que la AFO 10 estaba pensada originalmente para que en ella trabajara un único operario. Como no le daba tiempo a realizar todas las cargas se decidió aportar un operario más. Esto trajo como consecuencia el incremento de tiempo de espera a instalación de ambos operarios y por tanto la disminución de la aportación de valor. Además se encontraron otros derroche no menos importantes: la incorrecta ergonomía del uno de los operarios al coger el Montante A y los excesivos recorridos de los dos operarios.

Los dos operarios que trabajan en la AFO 10 realizan operaciones de aplicación de masilla y carga de piezas en los robots. Si se observa la Carga de Trabajo del operario 1 (Tabla 4.5) se puede ver que el operario tiene un tiempo de espera a instalación de 0.46 minutos por ciclo. En ese tiempo el operario no añade valor al producto ya que lo único que hace es esperar a que la instalación haga su trabajo de manera automática. Lo mismo ocurre con el segundo operario que trabaja en la estación (Tabla 4.6). En este caso hay un tiempo de espera de instalación de 0.71 minutos por ciclo, más de la mitad del tiempo total de Carga de Trabajo, que son 1.37 minutos y que coincide con el Tiempo Ciclo de la instalación. Entre los dos operarios hay por tanto un derroche de tiempo no deseable.

El principal objetivo se convierte pues en aprovechar al máximo el Tiempo Ciclo y minimizar el tiempo de espera de tal manera que haya una aportación de valor máxima. Para ello se estudia la posibilidad de realizar la carga tal y como se pensó originalmente, es decir, a través de un solo operario. Si se observa la tabla 4.7 se ve que el primer operario tiene 0.91 min de tiempo de trabajo y el segundo operario 0.66 min, y ambos tienen un tiempo de espera considerable hasta llegar al Tiempo Ciclo de la instalación (1.37 min). El caso en el que sólo trabaja un operario está reflejado en la tercera columna, que se obtiene como resultado de la suma de los tiempos de trabajo de los dos operarios originales (1.57 min). Se observa la razón por la que no es viable: el tiempo obtenido excede al Tiempo Ciclo, es decir, al operario no le da tiempo a realizar la carga de las piezas. Para que fuera posible utilizar un solo operario habría que encontrar alguna manera de que evitar los 0.20 min que hacen que el tiempo de trabajo se exceda del Tiempo Ciclo. Eso es lo que se estudia a continuación.



Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TØ
CARGA 1	CARGA OPERARIO 1 OP. 10 LATERAL			
10-10	CARGAR DIAFRAGMA TALONERA ANT. Y POST.	0,10	100	0,10
10-15	CARGAR REFUERZOS TALONERA ANT.	0,10	100	0,10
10-30	CARGAR MONTANTE A	0,11	100	0,11
10-35	CARGAR ESPADA	0,10	100	0,10
10-45	CARGAR MONTANTE B	0,17	100	0,17
10-50	ACCIONAR PULSADOR	0,03	100	0,03
10-55	APLICAR CORDON MASILLA A MTE A	0,30	100	0,30
10-70	ESPERAS A INSTALACION	0,46	100	0,46
PNAOL1	EL ORDEN Y LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO SE REALIZARÁ DURANTE LOS PAROS DE LA INSTALACIÓN	0,00	0	0,00
TOTAL ACTIVO				1,37
TOTAL PASIVO				0,00
TOTAL				1,37

Tabla 4.5: Carga de Trabajo Operario 1 AFO 10. Situación original

Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TØ
CARGA 2	CARGA OPERARIO 2 OP. 10 LATERAL			
C10-20	CARGAR REFUERZO PERFIL	0,08	100	0,08
C10-25	CARGAR PIEZA INTERSECCION	0,08	100	0,08
C10-15	CARGAR REFUERZO TALONERA POST.	0,10	100	0,10
C10-40	CARGAR LARGUERO SUPERIOR	0,20	100	0,20
C10-55	APLICAR CORDON MASILLA A PIEZA INTERSECCION	0,10	100	0,10
C10-60	COLOCAR EXPANSOR Y REF FIJACION CINTURON EN RFZO PERFIL	0,10	100	0,10
C10-70	ESPERAS A INSTALACION	0,71	100	0,71
CPNAOL1	EL ORDEN Y LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO SE REALIZARÁ DURANTE LOS PAROS DE LA INSTALACIÓN	0,00	0	0,00
TOTAL ACTIVO				1,37
TOTAL PASIVO				0,00
TOTAL				1,37

Tabla 4.6: Carga de Trabajo Operario 2 AFO 10. Situación original

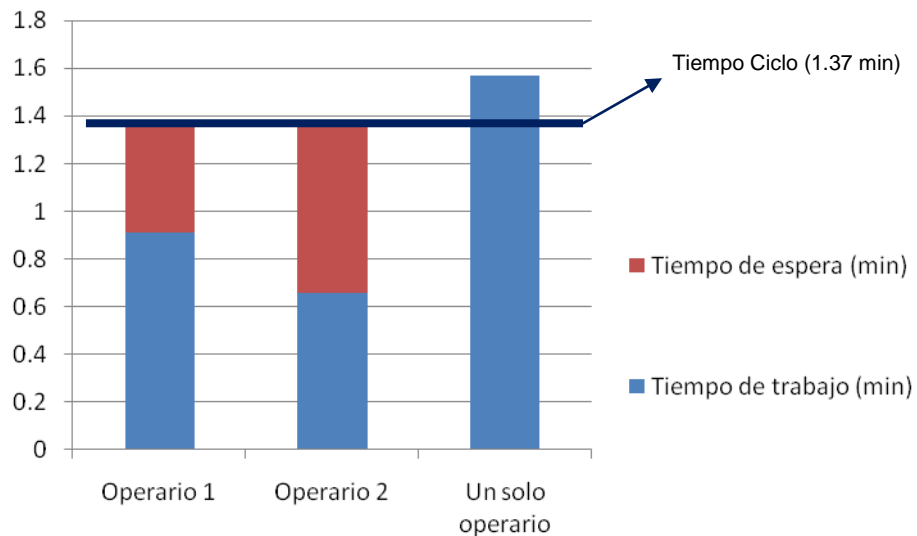


Figura 4.7: Tiempos operarios AFO 10

Propuestas y solución final

La primera propuesta estudiada involucra a la estación contigua a la que es objeto de estudio, la AFO 50. Analizando la Carga de Trabajo del operario que trabaja en la AFO 50 (Tabla 4.8) se observa que también hay un derroche considerable de tiempo de espera que no se aprovecha para añadir valor al producto. Es por ello por lo que se piensa en la opción de utilizar ese tiempo “perdido” en ayudar al único operario de la AFO 10. La manera que tendría de ayudar al operario de la AFO 10 sería realizando la operación de aplicación de masilla en el Montante A (0.30 minutos), ya que es la carga que más tiempo lleva asignado y de esa manera se evitarían los 0.20 min que exceden al Tiempo Ciclo. De este modo la ventaja es doble: por una parte el operario de la AFO 10 tiene tiempo suficiente para cargar todas las piezas en el robot, y por otra parte el tiempo de espera del operario de la AFO 50 se reduce considerablemente. Se trata de una solución óptima que reduce un operario por turno sin dejar de realizar ninguna operación en su tiempo establecido.

Lo que impide la puesta en marcha de esta medida candidata es la disposición física de las estaciones. Resulta que la AFO 50 está situada a la derecha de la AFO 10. El montante A se encuentra posicionado en la parte izquierda del Refuerzo Lateral Interior, por lo que hay demasiada distancia entre el operario de la AFO 50 y el carro desde donde se cargan los Montantes A, de manera que al operario de la AFO 50 no le da tiempo a depositar las piezas con masilla y completar el ciclo. Ante este problema se piensa en la colocación de un carrusel de forma que los Montantes A con masilla pudieran ser trasladados al carro de carga sin el desplazamiento del operario de la AFO 50. Esta opción fue desechada por su compleja implementación debido a la distancia.

Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TØ
CARGA 3	CARGA OPERARIO 3 OP. 50 LATERAL			
50-05	CARGAR MONTANTE B INT Y TALONERA	0,18	100	0,18
50-10	CARGAR MARCO TECHO	0,09	100	0,09
50-15	CARGAR PASORRUEDAS	0,16	100	0,16
50-20	CARGAR PILOTO	0,08	100	0,08
50-25	CARGAR MONTANTE C	0,13	100	0,13
50-27	CARGAR SOPORTE ASIENTO	0,07	100	0,07
50-30	CARGAR PROLONGACION PASORRUEDAS POST Y FLANCO INT INF	0,14	100	0,14
50-50	ESPERAS A INSTALACION	0,52	100	0,52
PNAOL2	EL ORDEN Y LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO SE REALIZARÁ DURANTE LOS PAROS DE LA INSTALACIÓN	0,00	0	0,00
TOTAL ACTIVO				1,37
TOTAL PASIVO				0,00
TOTAL				1,37

Tabla 4.7: Carga de Trabajo Operario AFO 50

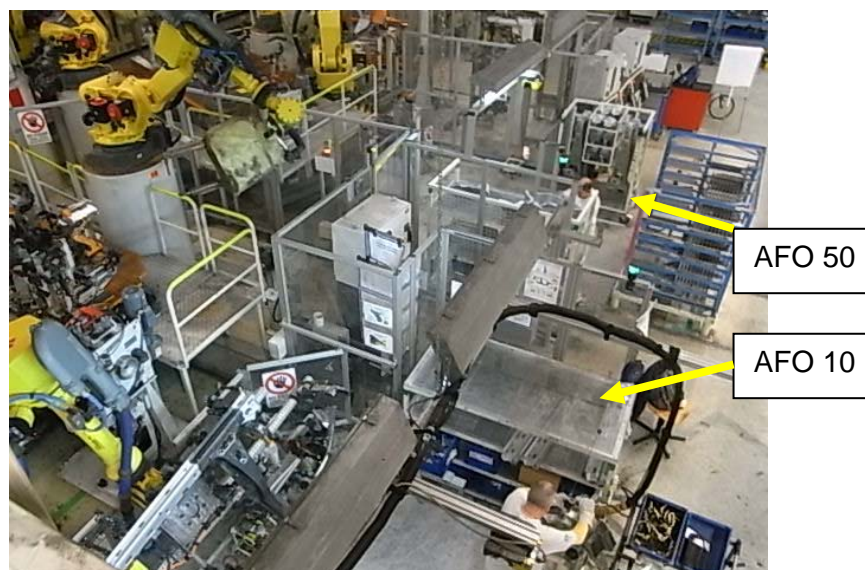


Figura 4.8: Ubicación AFO 10 y AFO 50

Otra alternativa es que el carro de Montante A venga del supermercado con la masilla ya aplicada sobre las piezas. De esta manera la labor de aplicación de masilla se realizaría en un lugar distinto al de la instalación, y el operario de la AFO 10 recibiría directamente las piezas listas para cargar en el robot. Se trata de una posible medida para solucionar la reducción de operarios. La idea finalmente se descartó por la dificultad



que conllevaba diseñar un carro con gran capacidad de piezas para que no hubiera que realizar demasiados viajes entre el supermercado y la instalación, y que a la vez permitiera trasladar las piezas con masilla sin se golpearan entre ellas y ello afectara a los cordones de masilla. Además existe actualmente un problema de saturación en el supermercado por exceso de trabajo.

Descartadas las dos opciones anteriormente mencionadas se pensó en otra medida candidata a llevar a cabo la optimización del puesto de trabajo. En este caso hay un operario que realiza la aplicación de masilla del Montante A tanto en el lateral izquierdo como en el lateral derecho. Este operario está primero en la AFO 10 de uno de los laterales aplicando masilla y tras llenar un carro completo de piezas va a realizar la misma tarea al otro lateral. Y de esta manera trabaja en los dos laterales de la instalación. Por otra parte se tiene un único operario en cada AFO 10 del lateral que realiza la carga de las piezas en el robot. Este operario carga el Montante A con la masilla ya aplicada por el operario que trabaja en los dos laterales, de modo que le da tiempo a completar su trabajo dentro del Tiempo Ciclo.

Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TØ
CARGA 1	CARGA OPERARIO 1 OP. 10 LATERAL			
10-03	CARGAR REFUERZO PERFIL	0,06	100	0,06
10-06	CARGAR PIEZA INTERSECCION	0,10	100	0,10
10-10	CARGAR DIAFRAGMA TALONERA ANT. Y POST.	0,10	100	0,10
10-15	CARGAR REFUERZOS TALONERA ANT. Y POST.	0,14	100	0,14
10-30	CARGAR MONTANTE A	0,10	100	0,10
10-35	CARGAR ESPADA	0,07	100	0,07
10-40	CARGAR MARCO TECHO	0,18	100	0,18
10-45	CARGAR MONTANTE B	0,19	100	0,19
10-50	ACCIONAR PULSADOR	0,04	100	0,04
10-55	APLICAR CORDON MASILLA A PIEZA INTERSECCION	0,05	100	0,05
10-60	COLOCAR EXPANSOR Y REF FIJACION CINTURON EN RFZO PERFIL	0,09	100	0,09
10-67	APROVISIONAMIENTOS	0,10	100	0,10
10-70	ESPERAS A INSTALACION	0,14	100	0,14
		TOTAL ACTIVO		1,36
		TOTAL PASIVO		0,01
		TOTAL		1,37

Tabla 4.8: Carga de Trabajo 1 Operario AFO 10. Situación modificada



En la situación original había en total 4 operarios trabajando en la AFO 10 (2 operarios por cada lateral). La introducción de la medida anterior supone pasar de 4 operarios a 3 operarios: dos operarios cargando piezas en la AFO 10 (uno por cada lateral) y otro operario aplicando masilla en el Montante A de las AFO 10 de los dos laterales. Si bien es cierto que esta medida no supone la reducción de dos operarios como se pensó originalmente, soluciona el problema a través de una medida organizativa de fácil implementación. Es por ello por lo que se decidió tomarla como solución definitiva.

La Tabla 4.9 muestra los tiempos correspondientes a las Cargas de Trabajo del operario de la AFO 10 tras la implementación de la medida. Se observa que el tiempo que queda de espera a instalación se ha reducido en casi un 70 % respecto a la situación original.

Para analizar los tiempos del operario que aplica masilla se cronometra el tiempo que tarda en desplazarse de un lateral a otro, siendo la medida obtenida de 1.07 minutos por desplazamiento. Teniendo en cuenta que se realiza este trayecto 6 veces por turno y que se producen 322 ciclos de trabajo por turno, se obtiene un tiempo equivalente de 0.02 minutos de desplazamiento por ciclo, tal y como muestra la Tabla 4.10. El tiempo restante desde que termina de aplicar masilla a los montantes hasta que se desplaza al otro lateral es empleado para realizar otras tareas especificadas por el mando.

Nº OP	DENOMINACIÓN	T	%MIX	TØ
CARGA 4	CARGA OPERARIO 4 APLICACION MASILLA MTE A LATERAL IZDO Y DCHO F1			
10-4	DAR MASILLA A MONTANTE A LATERAL IZDO	0,26	100	0,26
20-4	DAR MASILLA A MONTANTE A LATERAL DCHO	0,26	100	0,26
30-4	PASAR DE LATERAL IZDO A LATERAL DCHO	0,02	100	0,02
40-4	PASAR DE LATERAL DCHO A LATERAL IZDO	0,02	100	0,02
50-4	OTRAS TAREAS A ESPECIFICAR POR EL MANDO	0,81	100	0,81
TOTAL ACTIVO				1,37
TOTAL PASIVO				0,00
TOTAL				1,37

Tabla 4.9: Carga de Trabajo 2 Operario AFO 10. Situación modificada

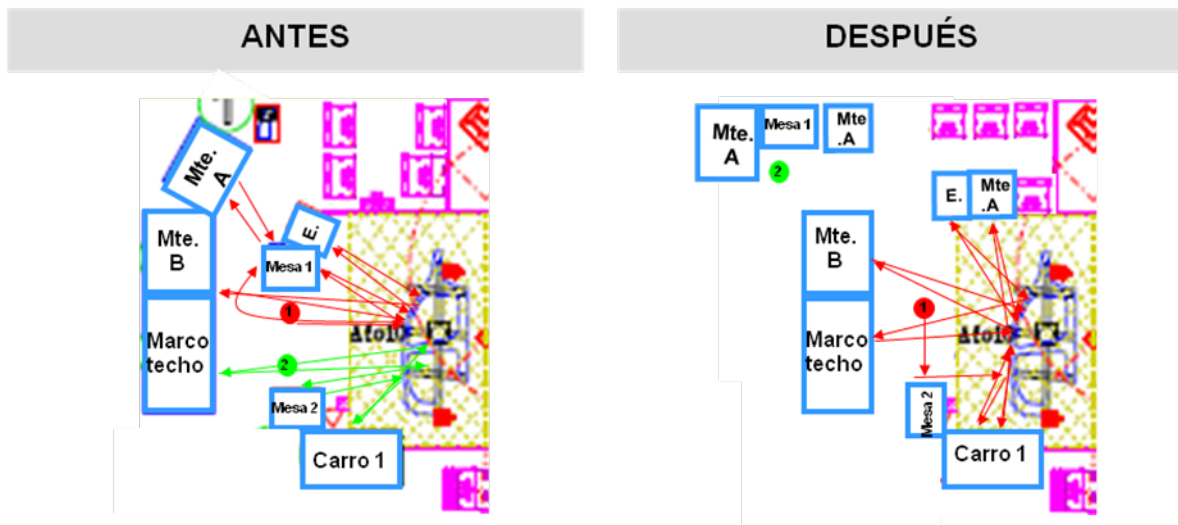


Figura 4.9: Modificación AFO 10

La eliminación de un operario por turno en la AFO 10 de ambos laterales supone la reducción total de tres operarios en los tres turnos de trabajo. Esto supone un ahorro de mano de obra directa que se cuantifica como beneficio anual de la siguiente manera:

$$1 \frac{\text{operario}}{\text{turno}} \times 3 \text{ turnos} \times 43097 \frac{\text{€}}{\text{operario} \times \text{año}} = 129291 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (4.6)$$

Una vez tomada la decisión de realizar esta modificación en cuanto a la organización del puesto de trabajo se decide pasar a la reducción de los recorridos del operario. Esto se lleva a cabo a través del acercamiento de los contenedores al puesto de carga, de manera que el operario puede realizar las cargas de trabajo en el tiempo estipulado con los mínimos desplazamientos y con la posición ergonómica adecuada.

Con la presencia del operario que aplica masilla al Montante A es necesario también realizar el traslado de los equipos de masilla. Esta modificación trae consigo el traslado del armario eléctrico de fusibles y de robots, así como de la eliminación de metacrilatos.

Para la nueva situación del puesto de trabajo es necesario la creación de un mueble de almacenamiento de Montante A. En la situación original el operario tenía que hacer dos manipulaciones con la pieza: primero la sacaba del contenedor universal y la colocaba en una mesa. Seguidamente le aplicaba masilla y la colocaba en el manipulador del robot. Desde el punto de vista ergonómico suponía un peso manipulado de 8.921 kg con un Índice de Levantamiento de 0.89 (Método NIOSH). Para la nueva situación se diseña un carro especial sobre el que se van acumulando las piezas con

masilla, de manera que el operario sólo tiene que coger la pieza del carro y colocarla en el manipulador del robot. Esta acción supone un peso manipulado de 7.753 kg con un Índice de Levantamiento de 0.86. Es decir, mejora el Índice de Levantamiento en 0.03 y manipula 1.168 kg menos.

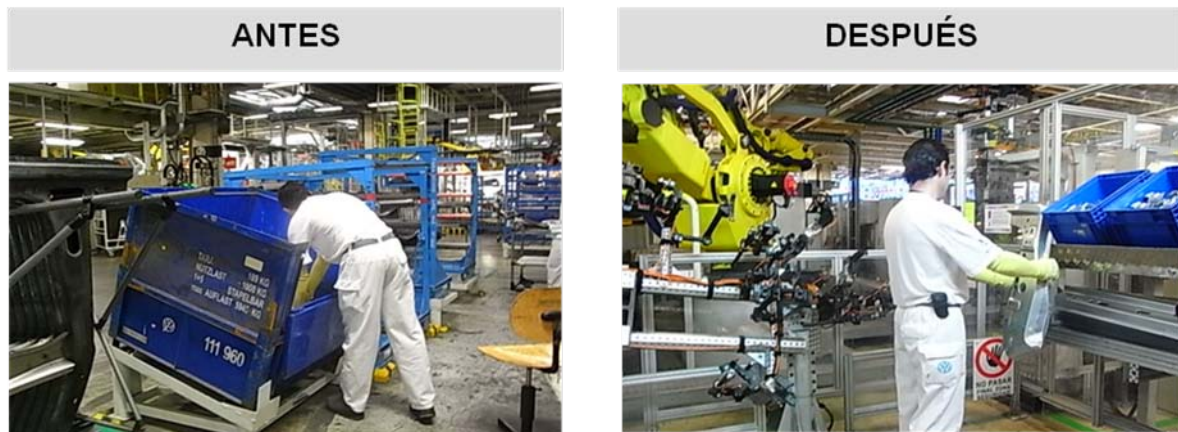


Figura 4.10: Mejora ergonómica operario AFO 10

Por último se quiere realizar una mejora en cuanto a la seguridad. Se pretende que el robot no permita la colocación de piezas sobre él mismo mientras no se tengan los carros del Conjunto Larguero Superior y el Montante A. Para ello se colocan unos detectores de presencia con sus respectivas luminarias.

La inversión necesaria para la optimización del puesto de trabajo tanto en el lateral derecho como en el izquierdo asciende a 17.000 €. Esta cantidad tiene en cuenta entre otras cosas la creación de un nuevo mueble y la colocación de detectores. Recordando que los beneficios de la mejora suponen casi 130.000 €, el pay-back de la inversión realizada es inferior a un año.

Todas las instrucciones de trabajo de la AFO 10 tanto de la situación original como de la situación mejorada se encuentran en el Anexo B.



4.2.3 Reducción de bollos y proyecciones

Introducción

Las carrocerías fabricadas en el taller de Chapistería deben de cumplir unas condiciones de estado superficial adecuadas de acuerdo a los niveles de calidad establecidos. Para ello se ha de evitar la aparición de bollos y cualquier otro defecto superficial.

Actualmente los bollos que aparecen en la carrocería siguen un proceso de detección y reparación llevado a cabo tanto en el taller de Chapa como en el taller de Pintura. Cuando la carrocería deja la Línea de Elementos Móviles del taller de Chapistería, ésta pasa a una zona de retrabajos denominada ZP5 en la que se realiza la detección y reparación de todo tipo de defectos. La detección de bollos se realiza a través de una piedra abrasiva denominada comúnmente como “chivata”. El chapista verificador pasa esta herramienta por la superficie susceptible de tener algún bollo. En la superficie chivateada comenzarán a aparecer una serie de rayas en función del número de pasadas hechas con la “chivata”. Si hay algún bollo hacia afuera de la superficie (denominado comúnmente como “picada”), éste se detectará al ser la primera zona que aparezca rayada. Por el contrario, la detección de bollos hacia adentro se hace gracias a que la zona del bollo no aparece rayada. En ambos casos la reparación de los bollos se realiza mediante varillas de distintos tamaños, limas y cinceles de nylon.

Después de esta fase del proceso, la carrocería pasa al taller de Pintura para ser sometida a los distintos tratamientos superficiales y al propio proceso de pintado. Tras ser pintada por completo, la carrocería pasa a otra zona de retrabajos denominada ZP5A. Allí los reparadores detectan los defectos superficiales que han aparecido durante los procesos y manipulaciones a los que ha sido sometida la carrocería. Se detectan de manera visual mediante luces especiales, y son reparados de forma similar a los bollos reparados en la zona ZP5 pero con más delicadeza debido al peligro que conlleva reparar zonas pintadas.

Situación inicial

Tal como se ha explicado en la descripción del Método de Mejora Continua, el primer paso realizado en la Cascada es analizar los derroches. En este caso los el tipo de derroche encontrado es el de retrabajos debidos a la aparición de bollos en la carrocería. Los retrabajos de bollos son considerados como derroches porque requieren tiempo de reparación en las zonas ZP5 y ZP5A, un tiempo que no añade ningún valor en el proceso productivo. Además, puede darse el caso de que una carrocería tenga que enviarse a chatarra en caso de que los bollos no puedan ser reparados, con el derroche evidente que ello supone.



En la semana de preparación del *Workshop* se hace una recopilación de datos de retrabajos por bollos de los últimos meses. La figura 4.11 muestra el resumen de los datos recogidos, donde se puede observar el porcentaje de carrocerías sometidas a retrabajo por bollos. La primera gráfica muestra el porcentaje de carrocerías retrabajadas en el año 2009 y en el año 2010. En el 2009 hay más aparecen más bollos porque los defectos son mayores debido al lanzamiento del nuevo modelo A05. En el 2010 se van optimizando las instalaciones y con ello se produce un considerable descenso del número de bollos. En la segunda gráfica se puede ver el porcentaje de carrocerías sometidas a retrabajos durante los meses previos a la realización del *Workshop*. En todos ellos el porcentaje ha ido variando entono a una media de 4.7% de carrocerías, siendo este valor superior al del valor de 3.5% establecido como objetivo.

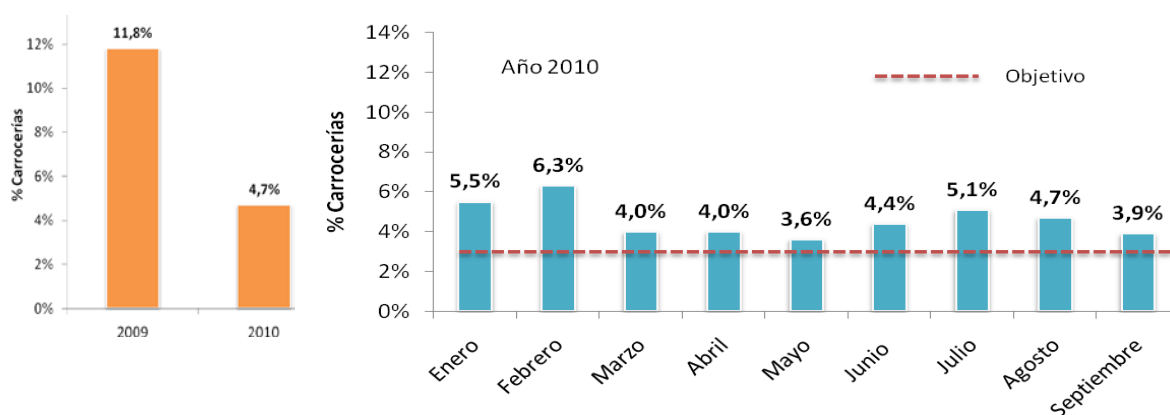


Figura 4.11: Resumen retrabajo de bollos

La optimización realizada en el presente Proyecto está centrada en los laterales de la carrocería, por lo que el siguiente paso es detectar el número de carrocerías en las que los retrabajos son debidos a bollos aparecidos en los laterales. De esta manera se podrá saber si la disminución de bollos en los laterales hace que el número de carrocerías que son sometidas a retrabajos quede por debajo del valor objetivo.

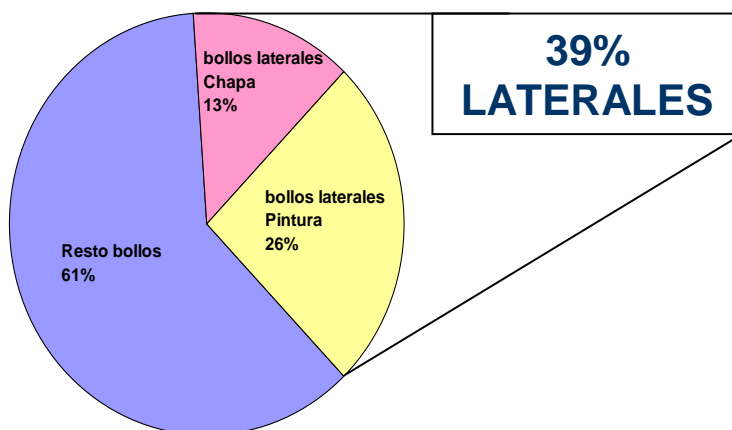


Figura 4.12: Imputación de laterales en el total de retrabajos

Para conocer la imputación de bollos de los laterales en el total de bollos de la carrocería se revisan los partes de las zonas de retrabajos ZP5 y ZP5A. En el taller de Chapa (ZP5) se detecta una media del 13% de bollos en los laterales con respecto al total de bollos, mientras que el taller de Pintura este valor asciende hasta un 26%. Es decir, en total el 39% de los bollos que aparecen en la carrocería son imputados a los laterales. Este es un valor considerablemente elevado, de manera que si se logra eliminar o disminuir el número de bollos en los laterales se podría lograr llevar el porcentaje de carrocerías retrabajadas hasta un nivel inferior al valor objetivo. Es por ello que la eliminación de bollos en los laterales se convierte en uno de los objetivos principales del *Workshop*.

Después de tomar la decisión de reducir la aparición de bollos en los laterales lo primero que se hace es determinar las zonas del lateral en las se hacen presentes. Tras analizar los partes de incidencias y las propias carrocerías retrabajadas se observan dos zonas destacadas por la aparición de bollos: la talonera y el pasorruedas trasero. En estas zonas aparece la mayoría de los bollos del lateral, aunque no por ello se puede ignorar el resto de los bollos. Se decide por tanto dividir el estudio en tres partes: los bollos generados en el pasorruedas, los bollos generados en la talonera y los bollos generados en el resto del lateral. El paso siguiente es averiguar la causa de la aparición de los bollos en cada una de esas tres zonas para posteriormente poder establecer medidas correctivas.



Figura 4.13: Zonas de aparición de bollos en los laterales

Para la detección de las causas que generan los bollos se procede a analizar cada una de las estaciones de la instalación, así como a preguntar a los conductores de las instalaciones sobre posibles problemas que causen bollos en las piezas.

a) Bollos en el pasorruedas:

A continuación se describen los motivos principales por los que se produce la aparición de bollos:

- El primero de ellos tiene que ver con la incorrecta manipulación de los pasorruedas. Cuando el operario carga las piezas en el supermercado, debido al peso o a la cantidad de pasorruedas manipulados, éstas son apoyadas en el contenedor y se producen bollos, ondulaciones o deformaciones. Se trata por tanto de una causa evitable al ser una mala manipulación realizada por el operario.
- La segunda causa está relacionada con el proceso de engrapado del pasorruedas. El exceso de presión ejercido por la roldana hace que se produzcan una serie de olas sobre las superficies que derivan en bollos.



Figura 4.14: Engrapado del Pasorruedas

b) Bollos en la talonera

Los bollos en la talonera son fácilmente detectables por el cliente, ya que es una zona vista al abrir la puerta para entrar en el vehículo.

El motivo principal por el que se producen estos bollos está relacionado con la soldadura de la talonera. El robot de soldadura accede a la talonera para realizar una serie de puntos de soldadura. El problema es que en este proceso los portaelectrodos rozan contra la superficie de la talonera, generando así una serie de bollos.

Tras analizar con detalle los robots de soldadura se observa que en muchos de ellos los portaelectrodos aparecen desalineados, siendo éste el motivo por el que rozan contra la superficie de la talonera.

La razón por la cual se produce la deformación de los portaelectrodos está directamente relacionada con la metodología empleada para en el cambio de electrodos. Cuando el operario entra en la instalación para realizar dicho cambio emplea una llave de perro o picopato para extraer los electrodos usados. Seguidamente coloca los electrodos nuevos sobre las pinzas y los aprieta golpeándolos con un martillo. En algunas ocasiones estos golpes no se realizan de forma paralela al eje del portaelectrodos, de manera que provoca un momento de fuerzas que, en caso de repetirse sucesivamente, provoca una deformación notable y por tanto una desalineación de los mismos que hace que rocen contra la superficie de la talonera.

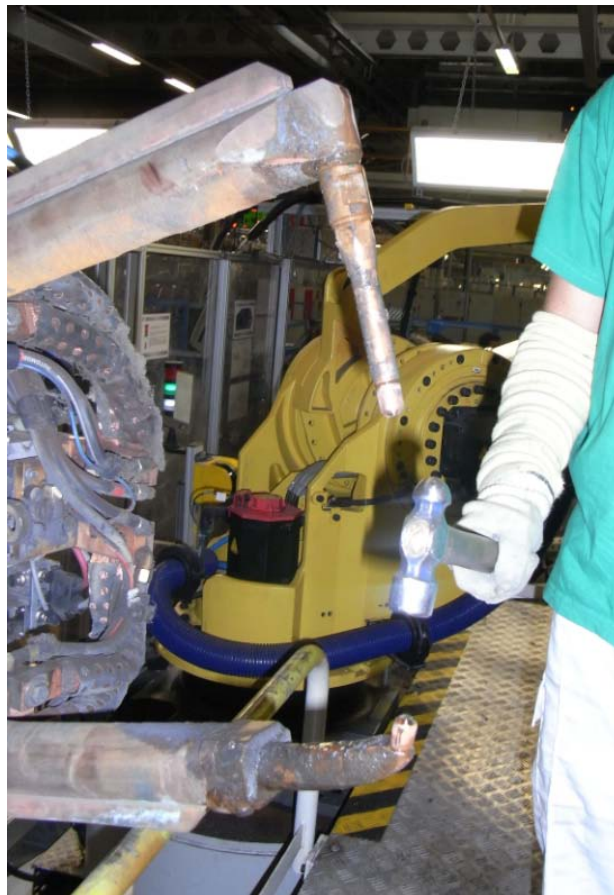


Figura 4.15 Apriete de electrodos

c) Bollos en el resto del lateral

Uno de los motivos por los que se generan bollos en el lateral son las proyecciones de soldadura. La aparición de proyecciones provocadas por la generación de un punto de soldadura es algo no deseado que se puede atribuir a muchas razones, entre ellas a la desalineación de los portaelectrodos provocada por el proceso de cambio de electrodos. La desalineación de los portaelectrodos hace que la soldadura no sea perpendicular a la superficie a soldar y eso provoca la aparición de proyecciones.

Las proyecciones de soldadura salen disparadas de forma aleatoria, y por tanto no se puede saber con exactitud el lugar de impacto de las mismas. Lo que se observa durante la realización del *Workshop* es que algunas de esas proyecciones caen sobre los apoyos de los manipuladores sobre los que son colocados los laterales para ser sometidos a las distintas operaciones de soldadura y aplicación de masilla. Las proyecciones se quedan pegadas sobre la superficie del apoyo y cuando el lateral es depositado sobre esa superficie y es apretada por las bridas se puede generar un bollo.

Otra razón por la que aparecen bollos en el lateral está relacionada con la aplicación de masilla. Cuando la masilla queda aplicada fuera de la superficie de unión de las piezas se pueden originar bollos por rechupe de masilla en los baños de pintura al producirse el proceso de secado de la misma. Esto se puede producir bien por una aplicación de masilla incorrecta o bien por una aplicación de cantidad de masilla excesiva que produce reboses en las juntas de unión.

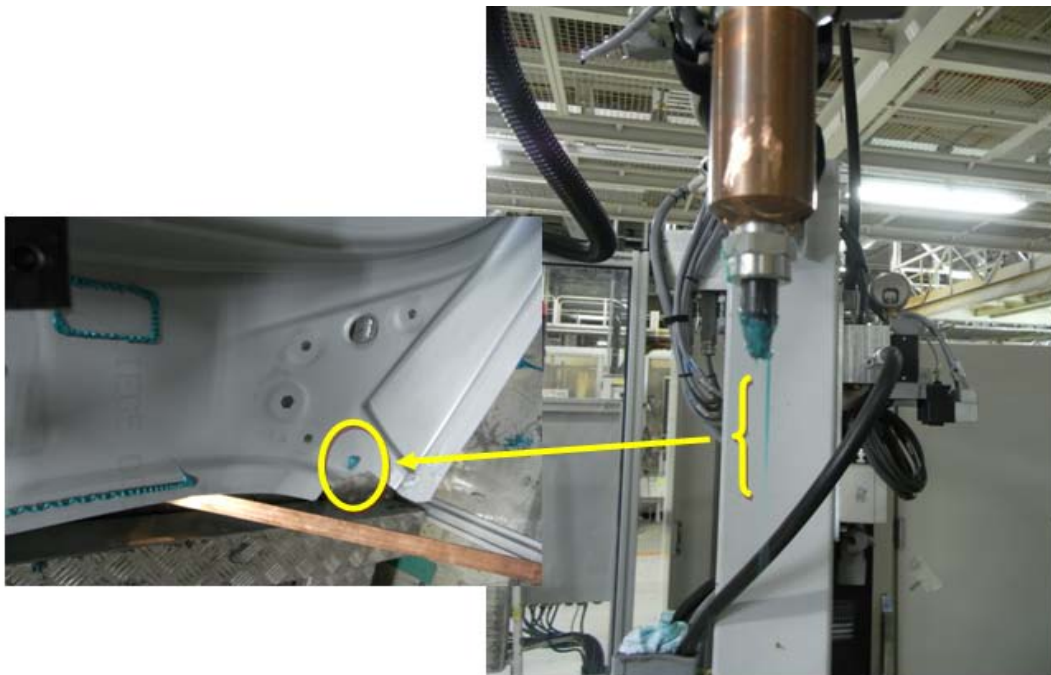


Figura 4.16: Exceso de masilla tras el cierre de válvula

El proceso de aplicación de masilla comienza con la apertura de la válvula de la pistola de masilla. Posteriormente se aplica el cordón de masilla sobre la pieza y finalmente se produce el cierre de la válvula, dando así por finalizado la aplicación de masilla. El problema es que al realizarse el cierre de válvula la masilla que queda entre la válvula y la boquilla de la pistola queda libre y se desprende por efecto gravitatorio. Esas gotas de masilla son susceptibles de caer sobre la superficie de chapa que en ese momento se encuentre en la vertical de la pistola, pudiendo generar bollos durante el secado en el taller de Pintura

Propuestas y soluciones

Una vez que se han encontrado las posibles causas de la generación de bollos se procede a la búsqueda de soluciones.

a) Pauta de manipulación del pasorruedas

Lo último que queda por optimizar es lo relacionado con la aparición de bollos en el pasorruedas. Una de las causas origen es la incorrecta manipulación que se realiza de las piezas en el supermercado al colocarlas en el contenedor. Ese contenedor es llevado posteriormente a la AFO 150 de la instalación de laterales, donde se realiza el engrapado.



Figura 4.17: Manipulación correcta del pasorruedas

Para evitar que se produzcan bollos como consecuencia de la incorrecta actuación del operario se decide crear una pauta de manipulación por la cual se indica al operario que tiene que coger de cuatro en cuatro los pasorruedas y colocarlos



directamente en el contenedor. Así se hace que el operario no abolle las piezas como consecuencia del peso manipulado al coger un excesivo número de piezas.

b) Reprogramación del engrapado

Otro de los motivos que afecta a la aparición de bollos en el pasorruedas es el proceso de engrapado. Para evitar la aparición de bollos como consecuencia de este proceso se decide realizar una reprogramación del robot de engrapado para disminuir la fuerza con la que la roldana pliega la pestaña del pasorruedas.

c) Útil para el cambio de electrodos

El siguiente tema a mejorar es el método de cambio de electrodos para evitar la deformación de los portaelectrodos. Se trata de una incorrecta actuación por parte de los operarios y por tanto evitable.

Una primera solución pasa por advertir a la plantilla del taller del problema descrito y establecer una pauta para el correcto apriete de los electrodos. Se trataría de explicar a los operarios la correcta inclinación y fuerza con la que deben de utilizar el martillo para apretar los electrodos antes de ser usados.

Tras ser conscientes de la dificultad que conlleva establecer una norma de conducta para todos los trabajadores se decide pensar en otra solución que evite la utilización del martillo. Esto da comienzo a una lluvia de ideas para diseñar una herramienta que permita realizar la labor de cambio de electrodos sin utilizar martillo. Se pretende diseñar un útil que permita apretar los electrodos nuevos sin necesidad de realizar ningún golpe.

La herramienta debería de permitir realizar el apriete de los dos electrodos a la vez. Para ello parte del útil tiene que medir lo mismo que la distancia de separación entre las puntas de los portaelectrodos en el momento de cambio de electrodos, y tiene que quedar encajada entre los electrodos para realizar el apriete. El problema que surge es que esa distancia varía en función del robot de soldadura considerado; no es una distancia universal. Así que un primer borrador realizado consiste en una herramienta con pletinas de apriete que pueden posicionarse a distancia variable. Este útil se podría usar para apretar electrodos en todos los robots de soldadura.

Sin embargo se cree más oportuno diseñar un modelo universal que sirva para todos los robots. Eso sería posible si todos los robots tuvieran la misma distancia de separación entre electrodos en el momento de la realización del cambio. En las nuevas servopinzas de soldadura empleadas en la instalación de laterales es posible modificar esa distancia, así que tras llevar a cabo la reprogramación para modificarla se comienzan a diseñar distintos modelos con distancia entre extremos fija.



Figura 4.18: Herramientas para el cambio de electrodos. Modelos iniciales y modelo definitivo

Después de descartar distintos candidatos se elige un modelo compacto que permite realizar la totalidad del cambio de electrodos sin la necesidad de utilizar ninguna herramienta adicional. Por una parte facilita la extracción de los electrodos usados mediante una llave *Elu*, y por otra parte permite el apriete de los electrodos nuevos aplicando fuerza sobre una palanca. El diseño del útil hace que la fuerza de apriete actúe sobre en la misma dirección que la línea de unión entre los dos electrodos. Con el empleo del nuevo útil no se deforman los portaelectrodos y por tanto no se produce el choque entre el portaelectrodos y la superficie de la talonera. Además la soldadura se realiza de manera perpendicular a la superficie y se evita la generación de proyecciones. De esta manera se evita la aparición de bollos, tanto en la talonera al no deformarse el portaelectrodos, como en el resto del lateral al no generarse proyecciones.

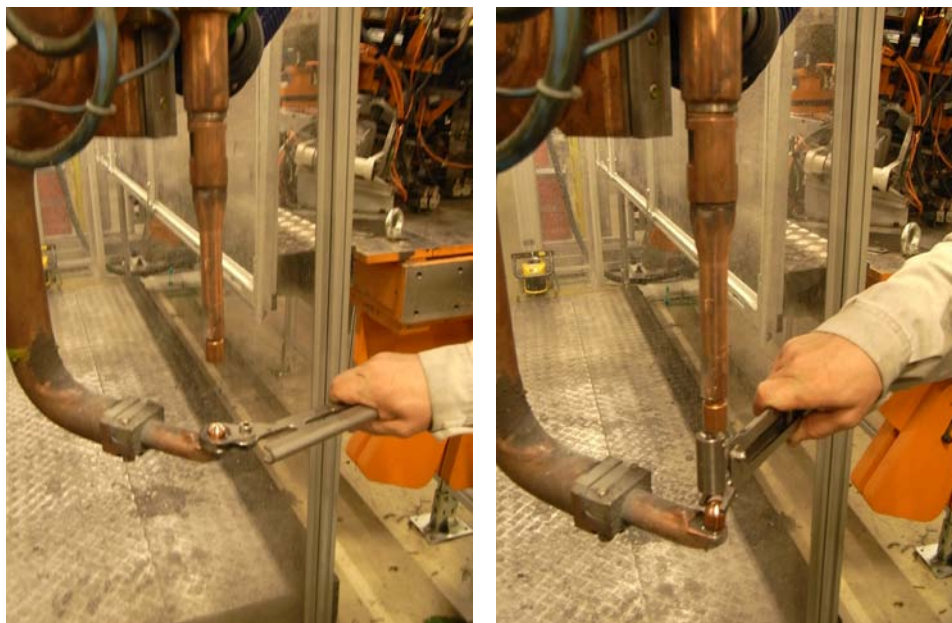


Figura 4.19: Cambio de electrodos con el nuevo útil

El número de herramientas fabricadas para abastecer a todos los conductores de la instalación asciende hasta las 40 unidades. Teniendo en cuenta el coste de fabricación unitario de 75 €, el coste total suma 3.000 €. Además hay que tener en cuenta el coste de reprogramación de las servopinzas, que supone 1.000 €.

Una vez decidida la utilización este modelo da comienzo la implantación del uso de la herramienta en la instalación de laterales. El diseño de la herramienta surge como consecuencia del *Workshop* de laterales, sin embargo, tras las pruebas realizadas con la nueva herramienta en la instalación de laterales y su aprobación, se decide hacer que los operarios del resto de instalaciones vayan usando de manera progresiva el nuevo útil y dejen de utilizar las tenazas y el martillo. Esto es posible de implementar en la medida en la que se vayan sustituyendo las pinzas de soldadura viejas por las servopinzas empleadas en la producción de los laterales.

d) Pauta de verificación de la masilla

La primera medida que se decide implementar es la creación de una pauta de verificación de la masilla para ser realizada una vez por turno. Para ello se habilita un botón en el sinóptico que permite mandar a los robots manipuladores con la pieza con masilla a una posición de control donde el operario puede realizar la pauta y observar si los cordones de masilla han sido aplicados de manera correcta.



Figura 4.20: Verificación de la aplicación de masilla

En el sinóptico aparece una foto donde figuran muestras patrón de las piezas con masilla aplicada, de manera que se sabe cómo deben de quedar los cordones de masilla.



De este modo el conductor de instalación puede comparar visualmente la foto con la pieza que se encuentra en la posición de control y verificar la correcta aplicación de masilla. En caso de observar alguna desviación, el personal de mantenimiento puede realizar la reprogramación de los robots para reparar el fallo. Con la aplicación de esta medida las desviaciones relacionadas con la aplicación de masilla automática se pueden detectar fácilmente y proceder a su corrección, y de esa manera disminuir la posibilidad de generación de bollos.

e) Cambio de pistolas de masilla

Otro de los motivos por los que afecta el proceso de aplicación de masilla en la aparición de bollos es el goteo de masilla producido en el cierre de válvula de las pistolas, tal y como se ha explicado anteriormente. La solución a este fenómeno pasa por la utilización de otro modelo de pistola de masilla, ya que las pistolas originales no son modificables.

Se decide realizar el cambio de pistolas de masilla en la instalación de los laterales. Para ello se consulta el catálogo de pistolas de masilla de la casa SCA *Schucker GmbH & Co.* Se opta por el modelo 7285.1036 D, que tiene situada la válvula de cierre justo en la boquilla extrema de la pistola, de modo que al producirse el cierre de válvula no se desprende ningún resto de masilla y por tanto no hay peligro de que se produzcan bollos por rechupes en los hornos del taller de Pintura. El precio de compra de la pistola es de 4.222,80 € por unidad (IVA incluido). Teniendo en cuenta que en total se cambian 18 pistolas de masilla, la inversión realizada asciende a 76.010 €. Tanto el modelo de pistola original como el nuevo modelo utilizado se encuentran adjuntos en el Apéndice C.

El cambio de pistolas de masilla comienza a introducirse en la instalación de laterales como consecuencia de la optimización llevada a cabo en el *Workshop*, si bien es cierto que tras el éxito de su implementación se pretende introducir en el resto del taller.

Con esta medida se da por concluida la introducción de medidas para reducir la aparición de bollos. El último paso consiste en realizar el análisis de los resultados.

Una vez implementadas las medidas en el taller, se contabilizan las horas de retrabajos sobre las carrocerías en las zonas ZP5 y ZP5A. De esta manera se pretende cuantificar la reducción de bollos provocada por la optimización y comparar la nueva situación con la situación original. Para ello se acude a los partes de horas de retrabajos de las semanas posteriores a la introducción de las medidas del *workshop*.

Para poder hacer una buena comparación entre los valores originales y los valores actuales hay que utilizar datos anuales. Los datos originales no suponen ningún problema para obtener información anual, ya que se tiene acceso a todos los partes



antiguos. El problema es conocer cuántas horas de retrabajos anuales se obtienen en la nueva situación al disponer tan sólo de las semanas posteriores a la implementación de las medidas. Para solucionar esto se recurre a la extrapolación de los datos obtenidos durante esas semanas y de esa manera se obtiene una estimación bastante acertada del valor anual.

La figura 4.20 muestra los resultados obtenidos en el análisis de horas anuales de retrabajos sobre laterales. Las horas empleadas para realizar retrabajos antes de la introducción de las medidas se aproximan a 7.000 horas anuales, incluyendo los retrabajos de bollos en la talonera y el pasorruedas. El tiempo de retrabajo que afecta a la talonera y al pasorruedas suma 2.748 horas, suponiendo un 39% del total del tiempo. Tras la implementación de las medidas el número de horas retrabajadas en bollos sobre el pasorruedas y la talonera desciende hasta un valor estimado de 1.250 horas, es decir, 1.498 horas menos (un 54% por debajo del valor original).

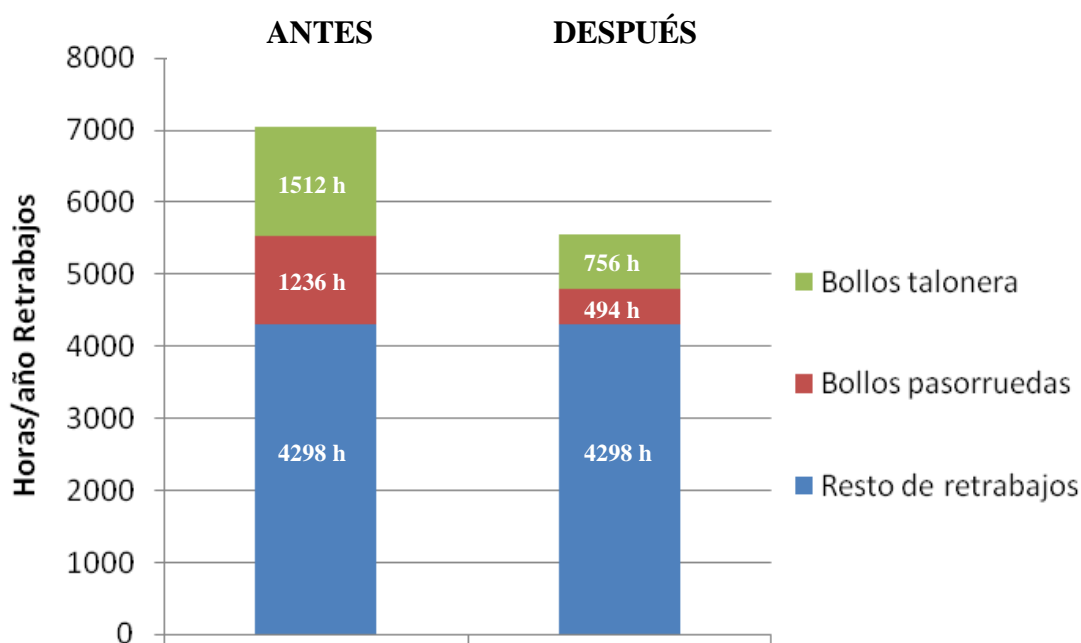


Figura 4.21: Horas anuales empleadas en retrabajos del lateral

Otro de los parámetros fundamentales para la comprobación de la mejora es el porcentaje de carrocerías retrabajadas por bollos. La situación tras las medidas implementadas consigue reducir este valor hasta el 2,7%, es decir, hasta por debajo del valor objetivo establecido al inicio del *Workshop*. Como era de esperar, la reducción de bollos en el lateral reduce de manera drástica el número de carrocerías sobre las que se realizan retrabajos.



En cuanto al análisis económico de la reducción de bollos hay que tener en cuenta las inversiones realizadas y los ahorros obtenidos.

Las inversiones realizadas son las siguientes:

- Creación plantilla de verificación de masilla.....2.000 €
- Fabricación de útiles de cambio de electrodos (40 unidades)...3.000 €
- Reprogramación de las servopinzas.....1.000 €
- Cambio de pistolas de masilla (18 pistolas).....76.010 €

Los ahorros anuales obtenidos se basan fundamentalmente en dos aspectos:

- Reducción del consumo de portaelectrodos:

Antes de la implantación de las medidas eran numerosos los portaelectrodos que había que cambiar por estar deformados. A través del empleo del útil para cambio de electrodos se consigue reducir el consumo de portaelectrodos considerablemente. Teniendo en cuenta la reducción del consumo de portaelectrodos experimentado durante las semanas siguientes a la introducción del útil, se estima un ahorro anual de 20.000 €.

- Reducción de horas de retrabajo:

Como se ha explicado anteriormente, el tiempo empleado en retrabajos por bollos en la talonera y el pasorruedas se reduce en 1.498 horas. Para realizar el cómputo del ahorro causado por esa disminución de tiempo hay que utilizar el coste de la mano de obra directa realizada por un operario, que son 29,54 €/hora. Multiplicando las 1.498 horas por ese coste se obtiene un ahorro de 44.250 € anuales.

Por tanto se obtienen 64.250 € anuales de ahorro y 82.010 € de inversiones, lo cual supone un período de recuperación de 1 año y 4 meses.



5 Resultados y Conclusiones

A continuación se presenta un análisis de la optimización realizada, así como una valoración económica de los resultados obtenidos con la implementación de las distintas medidas. Finalmente se realizará una conclusión general del presente proyecto.

La optimización se ha llevado a cabo a través de la realización de tres proyectos concretos:

A) Optimización del Cambio de Electrodo

La mejora del cambio de electrodos pretende reducir el tiempo de parada por cambio de electrodos, ya que es un tiempo en el que los robots dejan de funcionar y por lo tanto se dejan de producir laterales.

La primera opción propuesta consiste en una agrupación del cambio de electrodos por estaciones. Cada bomba de agua de refrigeración abastece a varios robots de una misma estación, por lo tanto, al conseguir esa reagrupación se consigue realizar varios cambios a la vez y por tanto se pierde menos tiempo de producción.

La otra alternativa consiste en la realización sistemática del cambio de electrodos al finalizar el turno de trabajo del operario. De esta manera la mayoría de los cambios se pueden realizar durante el tiempo de descanso, con la consiguiente reducción de tiempo de cambio de electrodos durante el tiempo de fabricación.

Tras el estudio correspondiente de ambas propuestas se decidió optar por la segunda de ellas, ya que producía más laterales y suponía una medida organizativa fácil de implementar. Con la implantación de esta medida se producen 91 laterales más al día, con el correspondiente beneficio económico que ello conlleva.

B) Modificación de la AFO 10

En este caso el derroche tiene que ver con el excesivo tiempo de espera que tienen los dos operarios que realizan las cargas de trabajo en la AFO 10, tiempo en el que no añaden ningún valor al producto final.

Lo primero que se propone es reducir el número de operarios, de manera que el trabajo que antes se hacía con dos operarios se hiciera con uno sólo. Esta opción fue rechazada porque el tiempo empleado para ello superaba al Tiempo Ciclo.



Se buscan varias alternativas que por distintos motivos son rechazadas. La solución final consiste en lo siguiente: un operario realiza una de las cargas de trabajo, la aplicación de masilla del Montante A, en los dos laterales (el izquierdo y el derecho), y de esa manera da posibilidad a que en la estación de cada lateral trabaje un solo operario. De este modo se consigue la reducción de un operario por turno, es decir, tres por día.

C) Reducción de Bollos y Proyecciones

Las carrocerías son susceptibles sufrir la generación de bollos durante el proceso de producción. En el estudio del problema se observó que gran parte de esos bollos son generados en los laterales. Y a su vez aparecen especialmente en dos zonas del lateral: el pasorruedas y la talonera.

Los bollos generados en la talonera son debidos a una incorrecta manipulación de las piezas y a un exceso de fuerza aplicado en el proceso de engrapado. Como medidas correctivas se establece una pauta de manipulación del pasorruedas y una reprogramación del engrapado.

Los bollos generados en la talonera tienen que ver fundamentalmente con el proceso de soldadura mediante puntos. El motivo es que los operarios aprietan los electrodos utilizando un martillo, y de ese modo deforman los portaelectrodos. Este problema se solucionó diseñando un nuevo útil para el cambio de electrodos que evita dar golpes sobre los mismos.

Por último aparecen bollos en ambas zonas debido a la aparición de gotas de masilla en zonas indebidas, y que se transforman en bollos en los hornos de secado de Pintura. Para evitar el goteo de masilla se lleva a cabo una sustitución de las pistolas de masilla por otras nuevas que tienen la válvula en el extremo de la boquilla. Además se crea una pauta de verificación de la correcta aplicación de los cordones de masilla.

La implementación de todas estas medidas supone una fuerte inversión, si bien es cierto que la disminución de las horas dedicadas a reparación de bollos ha disminuido de manera considerable.

La implantación de todo lo descrito anteriormente lleva consigo una serie de inversiones y gastos. Por otra parte producen unos beneficios económicos como consecuencia de distintos factores como el aumento de la productividad, la disminución de horas de reparaciones o la reducción de mano de obra directa.

La tabla 5.1 muestra un balance económico de los tres proyectos realizados. Por una parte se muestran las inversiones y gastos de los aspectos de cada proyecto, y por otra parte se presentan los beneficios anuales obtenidos.



	Concepto	Inversiones y gastos	Beneficio anual
Cambio de Electrodos	Derroche de electrodos	7.140 €	
	Aumento de productividad (91 laterales/día)		54.911 €
	Total	7.140 €	54.911 €
Modificación AFO 10	Creación de muebles y detectores	17.000 €	
	Reducción de un operario por turno		129.291 €
	Total	17.000 €	129.291 €
Reducción Bollos	Creación de platilla verificación masilla	2.000 €	
	Útiles cambio electrodos (40 unidades)	3.000 €	
	Reprogramación engrapado	1.000 €	
	Cambio pistolas masilla (18 unidades)	76.010 €	
	Reducción consumo portaelectrodos		20.000 €
	Reducción horas reparación bollos		44.250 €
Total	82.010 €	64.250 €	
TOTAL		106.150 €	248.452 €

Tabla 5.1: Balance económico del Proyecto

Las inversiones totales ascienden hasta 106.150 €, mientras que los beneficios suman 248.452 € al año. Realizando el cociente entre las inversiones y los beneficios anuales se obtiene un Pay-Back de 5 meses y 45 días, lo que supone un período de recuperación bastante asequible.

Como conclusión general de este Proyecto Fin de Carrera, decir que para el alumno ha supuesto una oportunidad para aprender sobre la filosofía de trabajo de la empresa Volkswagen Navarra S.A.; la mejora de los procesos no se consigue realizando grandes modificaciones, sino a través de la mejora continua, es decir, llevando a cabo pequeñas mejoras de manera continuada. Asimismo, la posibilidad de realizar este proyecto ha servido para tener una primera experiencia profesional en empresa.



Bibliografía

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN: CONCEPTOS, TIPOLOGÍA DE PROBLEMAS, MÉTODOS, PROBLEMAS DE IMPLANTACIÓN. Carlos Ochoa Laburu, Pilar Arana Pérez. Editorial Donostiarra, D.L. 1996

LEAN MANAGEMENT. LA GESTIÓN COMPETITIVA POR EXCELENCIA. Lluís Cuatrecasas. Profit Editorial. 2010

MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN. E.P de Garmo, J.T. Black y R.A Kohser. Ed. Reverte 1994

RESISTANCE WELDING: FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS. Hongyan Zhang y Jacek Senkara. 2006

DAS PRODUKTIONSSYSTEM VW. Laura Maria Kronen. August 2008

Catálogo de pistolas de masilla *SCA schucker*.

www.vw-navarra.es

Documentación proporcionada por Volkswagen Navarra S.A.

Apéndice A

Pirámide Gráfica Laterales



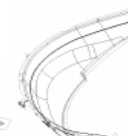

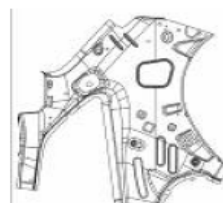








PIRAMIDE GRAFICA VW 250

 Montante A Int. Superior 6R3.809.437/438 Gestamp (Vizcaya)	 Ref. Talonera anterior. 6R3.810.609/610 Gestamp (Orcoyen)	 Ref Talonera posterior 6R3.809.695/696 Gestamp (Orcoyen)	 Preza Intersección 6R4.810.187/188 Gametal (Oliveira de Azemels)	 Conj. Ref. Lateral. Int. 6R3.810.263/264
 Expansor IK6.810.525	 Perfil Ref. 6R3.809.587/588 Prensas BNA	 Conj. Ref. fij. Cinturon seguridad 6R3.810.287/288 SNOP (55161/00)	 Conj. Larguero Sup. 6R0.810.135A/136A KWD (55632/00)	 Conj. Montante B 6R3.809.219/220 MB (52405/00)
 Conj. Montante A 6R0.809.203A/204A MB (52405/00)	 Expansor 6R4.864.629 IAC (Vitoria)	 Masilla (Verde) AMV 167 W 10	 Conj. Montante A 6R0.809.203A/204A MB (52405/00)	 Ref. Lat. Int. Post. 6R3.810.267/268
 Diafragma Talonera (2/2) 6R3.810.847 Gestamp (Orcoyen)				

DENOMINACIÓN: Conjunto Refuerzo Lateral Interior 2p "A05" N° CLAVE: 6R3.810.263/264

PIRAMIDE GRAFICA VW 250

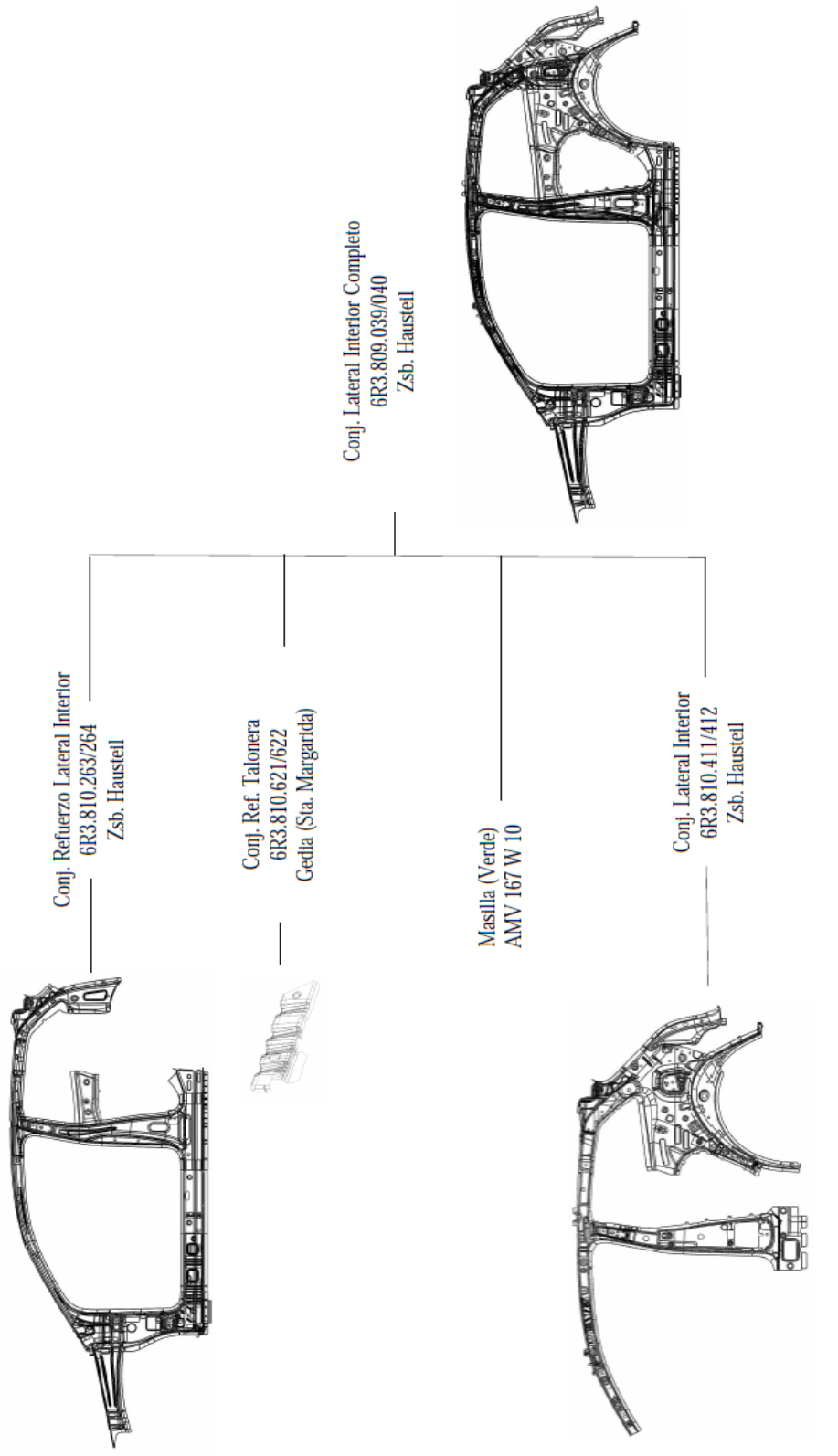


	Fianco Int. Inferior 6R3.810.421/422 Prensas BNA		Ref Canal de Estanteidad 6R6.813.331/334A Prensas BNA
	Pasorueltas Post. Ext. Izq. 6R6.809.411A Prensas PNA		Pasorueltas Post. Ext. Dch. 6R6.809.412A Prensas PNA
	Fianco Int. Posterior 6R3.809.405/406 Prensas PNA		Boca de Carga 6R6.813.818A LUNKE
	Conj. Soporte 6R6.810.745A GEDIA		Conj. Lateral Int. Sup. 6R3.809.421/422 Zsb. Hausteil
	Perno de Masa M6 x 16.5(1 IZQ) WHT.000.868 TUCKER / NELSON		Masilla (Verde) AMV 167 W 10
	Conj. Montante B Int. 6R3.809.443/444 MB (52405/00)		Expansor. 6R4.864.621/622 INTERNATIONAL
			Prolongacion Pasarr. Post.. 6R6.813.227A/228A Garnetal (Oliveira de Azemeis)
			Expansor 6R4.864.633
			Conj. Lateral Interior 6R3.810.411/412 Zsb. Hausteil

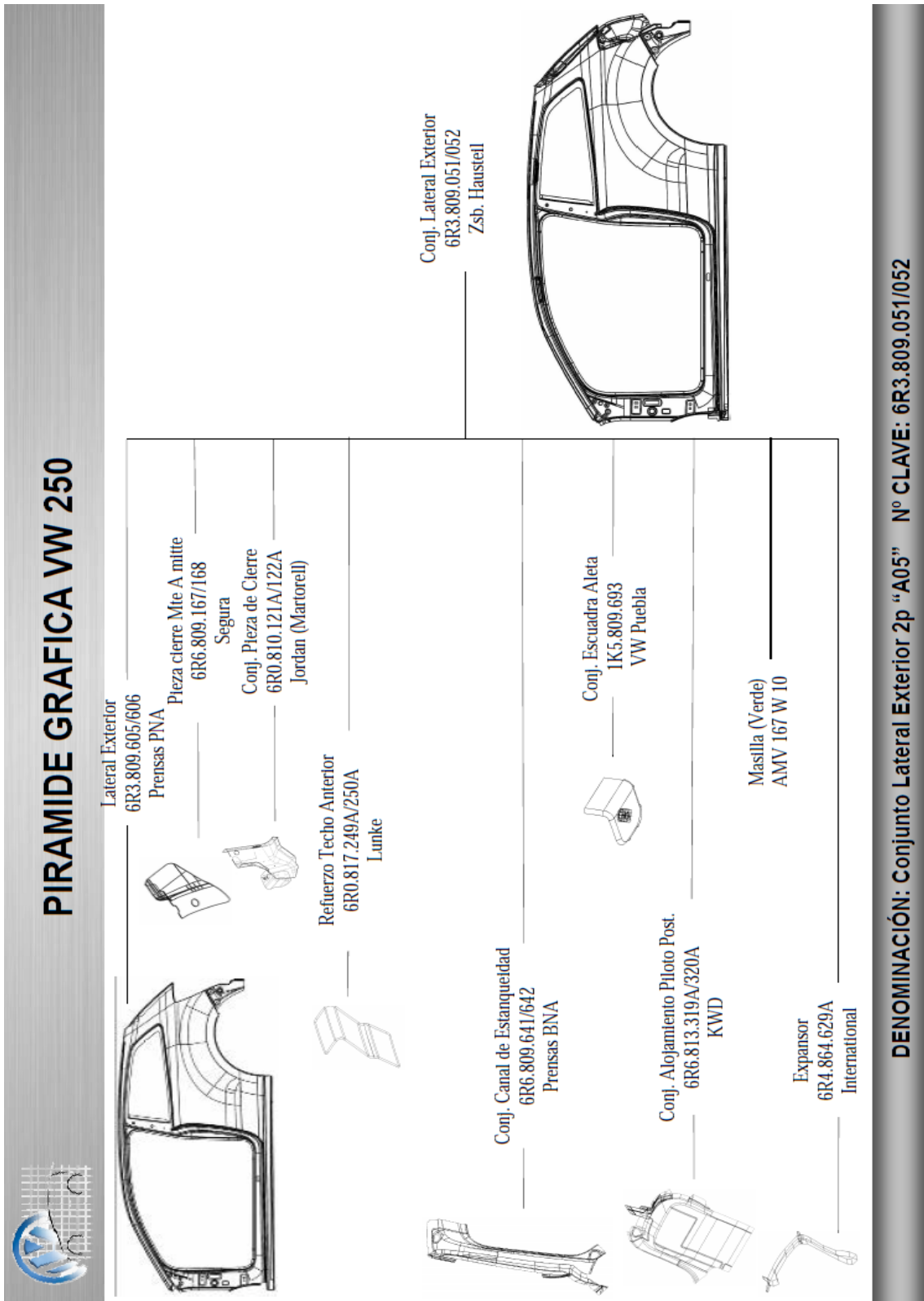
DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral Interior 2p "A05" N° CLAVE: 6R3.810.411/412



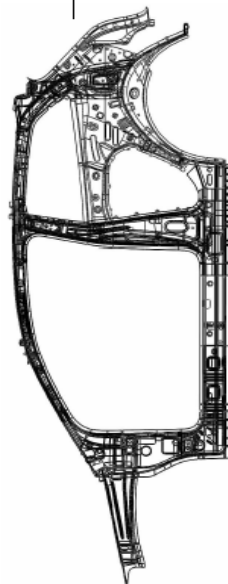
PIRAMIDE GRAFICA VW 250



DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral Interior Completo 2p "A05" N° CLAVE: 6R3.809.039/040



PIRAMIDE GRAFICA VW 250



Conj. Lateral Interior Completo
6R3.809039/040
Zsb. Hausteil

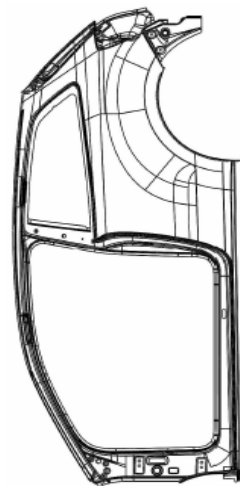
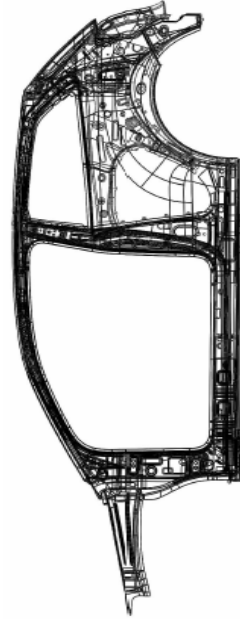
Masilla (Verde)
AMV 167 W10

Masilla (Negra)
AMV 153 W24

Hilo Cu-Si 3
SCK AA1 00201
Safra

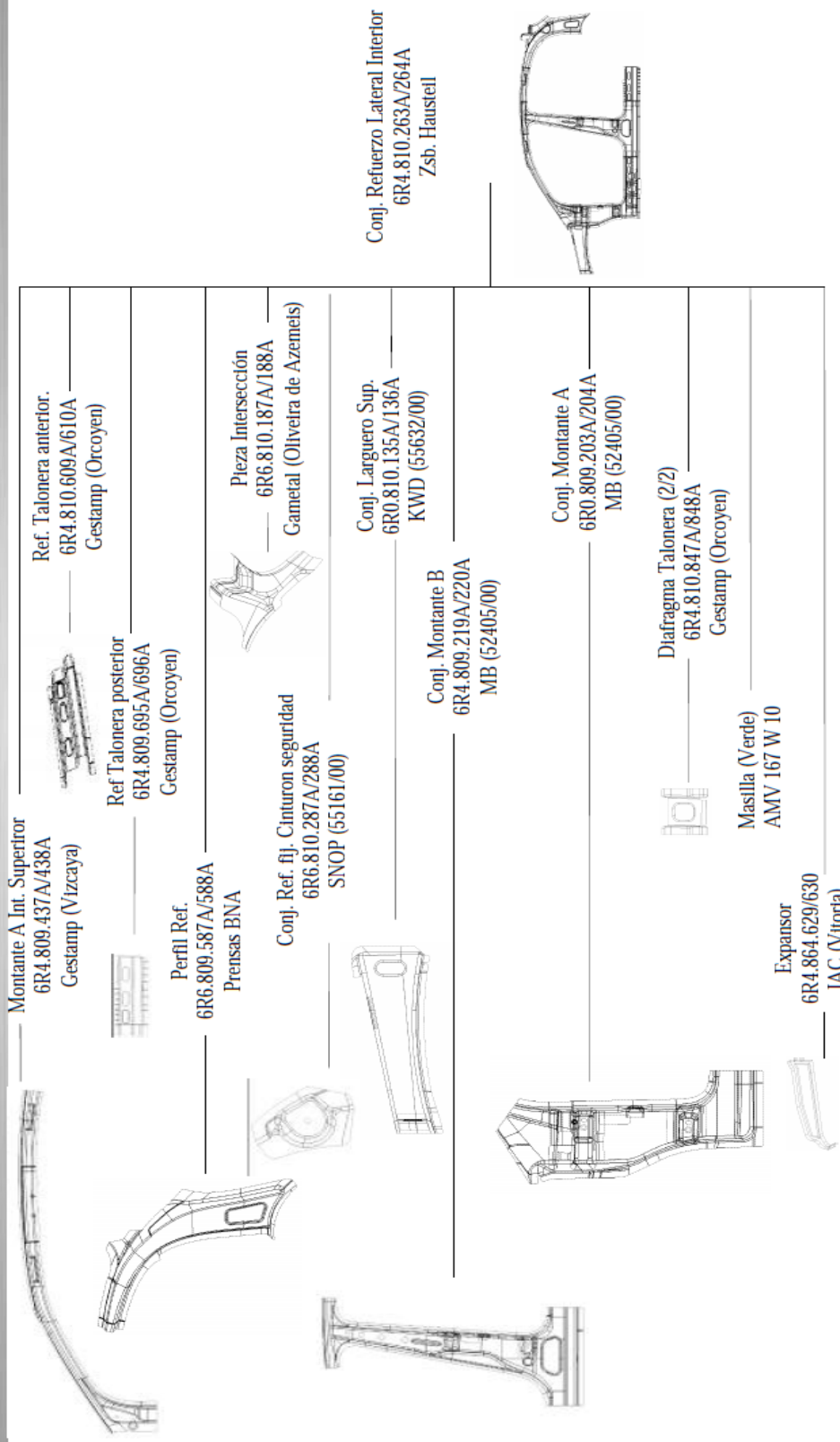
Conj. Lateral Exterior
6R3.809.051/052
Zsb. Hausteil

Conj. Lateral
6R3.809.029/030
Zsb. Hausteil



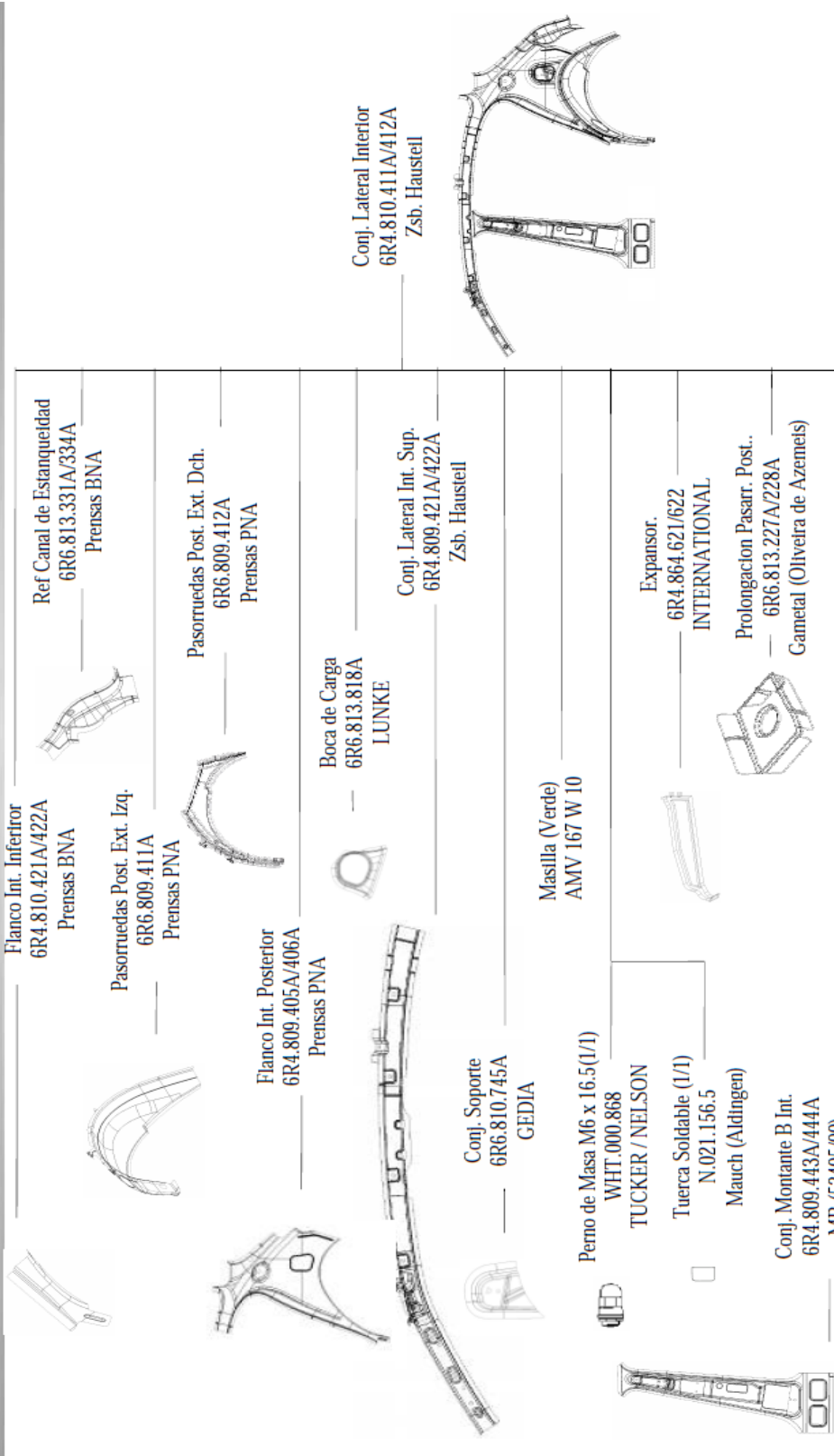
DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral 2p "A05" N° CLAVE: 6R3.809.029/030

PIRAMIDE GRAFICA VW 250



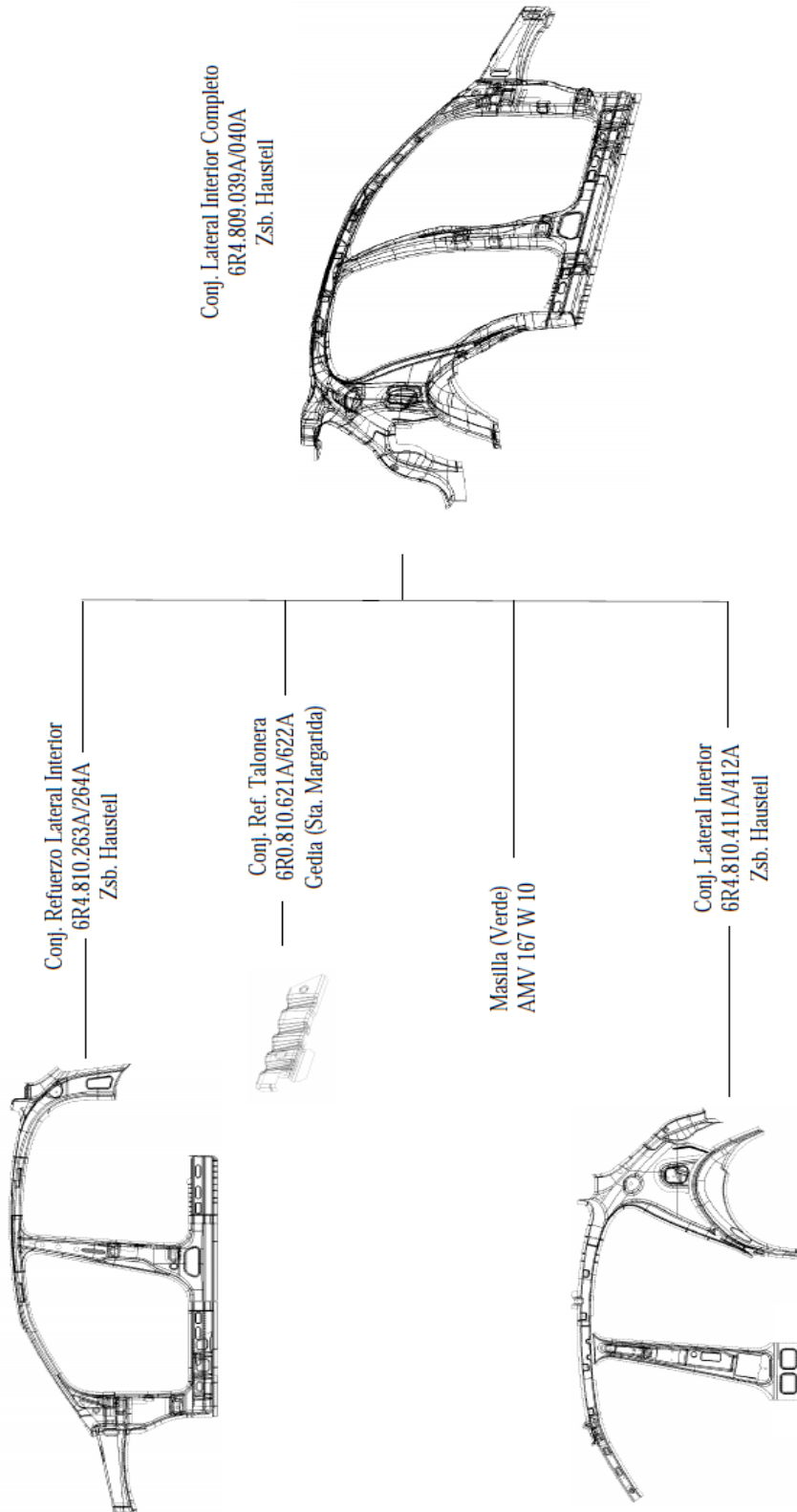
DENOMINACIÓN: Conjunto Refuerzo Lateral Interior 4p "A05" N° CLAVE: 6R4.810.263A/264A

PIRAMIDE GRAFICA VW 250



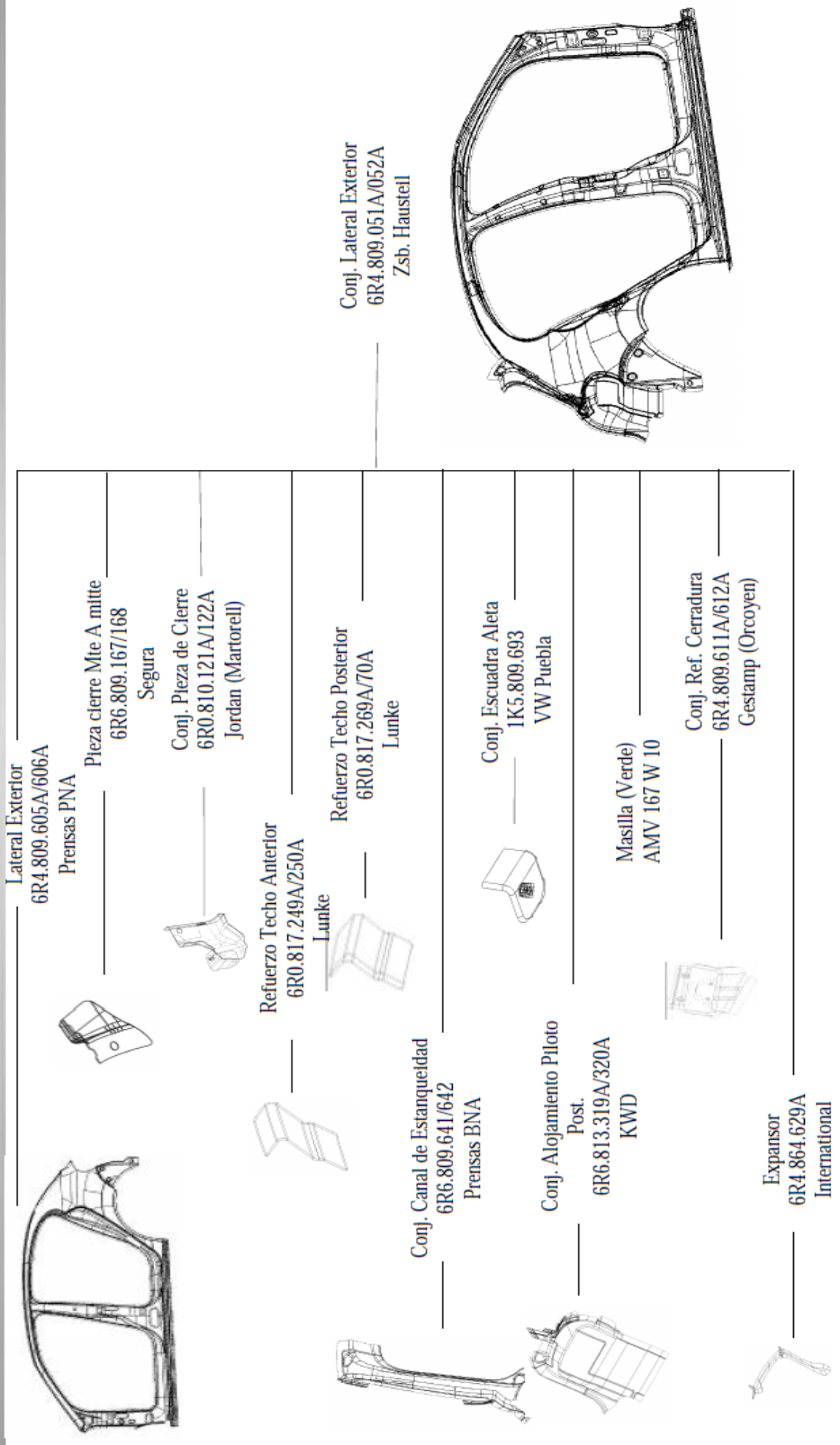
DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral Interior 4p "A05" N° CLAVE: 6R4.810.411/412

PIRAMIDE GRAFICA VW 250



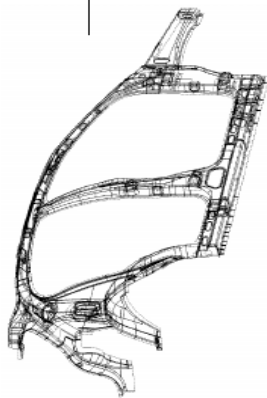
DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral Interior Completo 4p "A05" N° CLAVE: 6R4.809.039/040

PIRAMIDE GRAFICA VW 250



DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral Exterior 4p "A05" N° CLAVE: 6R4.809.051/052

PIRAMIDE GRAFICA VW 250



Conj. Lateral Interior Completo
6R4.809039A/040A
Zsb. Hausteil

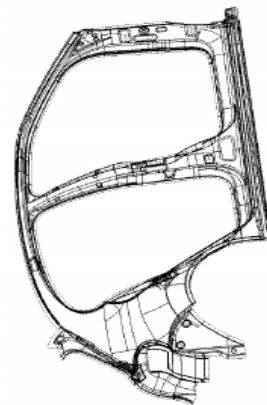
Masilla (Verde)
AMV 167 W10

Masilla (Naranja)
AMV 167 020

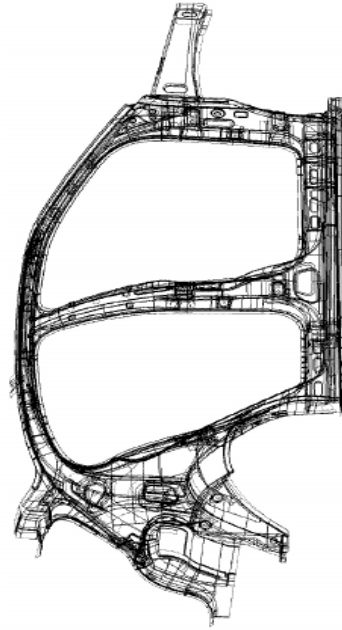
Masilla (Negra)
AMV 153 W24

Hilo Cu-Si 3
SCK AA1 00201
Safra

Conj. Lateral Exterior
6R4.809051A/052A
Zsb. Hausteil



Conj. Lateral
6R4.809.029A/030A
Zsb. Hausteil



DENOMINACIÓN: Conjunto Lateral 4p "A05" N° CLAVE: 6R4.809.029/030

Apéndice B

Instrucciones de Trabajo AFO 10

Carga Original Operario 1

**TALLER
CHAPISTERÍA**

Modelo: A05

**CARGA AFO 10
LATERAL DERECHO**

MÉTODO DE TRABAJO

Nº OP.	DESCRIPCIÓN MÉTODO (OPERARIO 1)
1	Tomar y situar diafragma talonera ant. y post.
2	Tomar y situar refuerzos talonera ant.
3	Tomar y situar Montante A
4	Tomar y situar montante A interior superior
5	Coger y posicionar montante B
6	Accionar pulsador
7	Aplicar masilla a montante A

DIAGRAMA

DETALLE DE CARGA DE PIEZAS

Lateral AFO 10

Aplicación masilla al montante A

PRENDAS DE SEGURIDAD A UTILIZAR

84-47 16201

84-31 726012

84-35 350013

PIEZAS A CARGAR

	DENOMINACIÓN	CLAVE	CANTIDAD
1	Diafragma posterior der.	6R4.810.848A	1
2	Diafragma anterior der.	6R4.810.847A	1
3	Refuerzo Talonera anterior der.	6R4.810.610A	1
4	Conj. Montante A	6R0.809.204A	1
5	Montante A Int. Superior	6R4.809.438A	1
6	Conj. Montante B	6R4.809.220A	1




Carga Original Operario 2

**TALLER
CHAPISTERÍA**

Modelo: A05

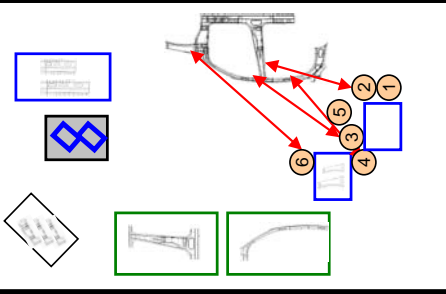
**CARGA AFO 10
LATERAL DERECHO**



MÉTODO DE TRABAJO

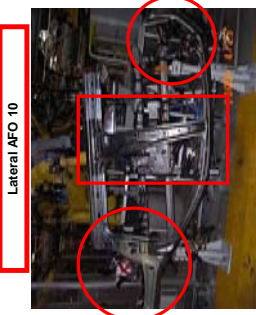
Nº OP.	DESCRIPCIÓN MÉTODO (OPERARIO 2)
1	Colocar expansor y refuerzo fijación cinturón en refuerzo perfil
2	Aplicar cordón masilla a pieza intersección
3	Tomar y situar refuerzos talonera post.
4	Coger y posicionar refuerzo perfil
5	Tomar y situar pieza intersección
6	Coger y posicionar larguero superior

DIAGRAMA




DETALLE DE CARGA DE PIEZAS

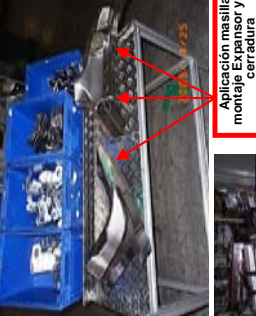
Lateral AFO 10





Refuerzos Perfil y pieza Intersección





Aplicación masilla y montaje Expansor y Ref. cerradura





PRENDAS DE SEGURIDAD A UTILIZAR

84.47.163201

84.31.725012

84.35.580013

PIEZAS A CARGAR

DENOMINACIÓN	CLAVE	CANTIDAD
Diaphragma posterior der.	6R4.810.848A	1
Diaphragma anterior der.	6R4.810.847A	1
Refuerzo Talonera posterior der.	6R4.809.696A	1
Conj. Ref. fij. Cinturón seguridad	6R6.810.288A	1
Perfil Ref.	6R6.809.588A	1
Pieza Intersección	6R6.810.188A	1
Conj. Larguero Sup.	6R0.810.136A	1

Carga Modificada Operario 1

**TALLER
CHAPISTERÍA**

Modelo: A05

**CARGA AFO 10
LATERAL DERECHO**

MÉTODO DE TRABAJO

Nº OP.	DESCRIPCIÓN MÉTODO (OPERARIO 1)
1	Cargar perfil refuerzo
2	Cargar pieza intersección
3	Cargar diafragma talonera ant. y post.
4	Cargar refuerzos talonera ant. y post.
5	Cargar montante A
6	Cargar conjunto larguero superior
7	Cargar montante A interior superior
8	Cargar montante B
9	Accionar pulsador
10	Aplicar masilla a pieza intersección
11	Colocar expansor y refuerzo fijación cinturón seguridad en perfil refuerzo

DIAGRAMA

DETALLE DE CARGA DE PIEZAS

Lateral AFO 10

PRENDAS DE SEGURIDAD A UTILIZAR

USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD
 84.47.105201

USO OBLIGATORIO DE GUANTES DE CUERO NORMAL
 84.311.125012

USO OBLIGATORIO DE MANGUITOS DE SEGURIDAD
 84.35.580013

PIEZAS A CARGAR

	DENOMINACIÓN	CLAVE	CANTIDAD
1	Diafragma posterior der.	6R4.810.848A	1
2	Diafragma anterior der.	6R4.810.847A	1
3	Refuerzo Talonera posterior der.	6R4.809.896A	1
4	Refuerzo Talonera anterior der.	6R4.810.810A	1
5	Conj. Ref. fij. Cinturón seguridad	6R6.810.288A	1
6	Perfil Ref.	6R6.809.588A	1
7	Pieza Intersección	6R6.810.188A	1
8	Conj. Montante A	6R0.809.204A	1
9	Conj. Larguero Sup.	6R0.810.136A	1
10	Montante A Int. Superior	6R4.809.438A	1
11	Conj. Montante B	6R4.809.220A	1

Carga Modificada Operario 2

**TALLER
CHAPISTERÍA**

Modelo: A05

**CARGA AFO 10
LATERAL DERECHO**

Navarra SA

MÉTODO DE TRABAJO		DIAGRAMA	DETALLE DE CARGA DE PIEZAS
Nº OP.	DESCRIPCIÓN MÉTODO (OPERARIO 2)		
1	Aplicar masilla a montante A		<p style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Aplicación masilla al montante A</p> <p style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 10px;">Lateral AFO 10</p>

PRENDAS DE SEGURIDAD A UTILIZAR

84.471.682.01

84.311.250.02

84.335.580.03

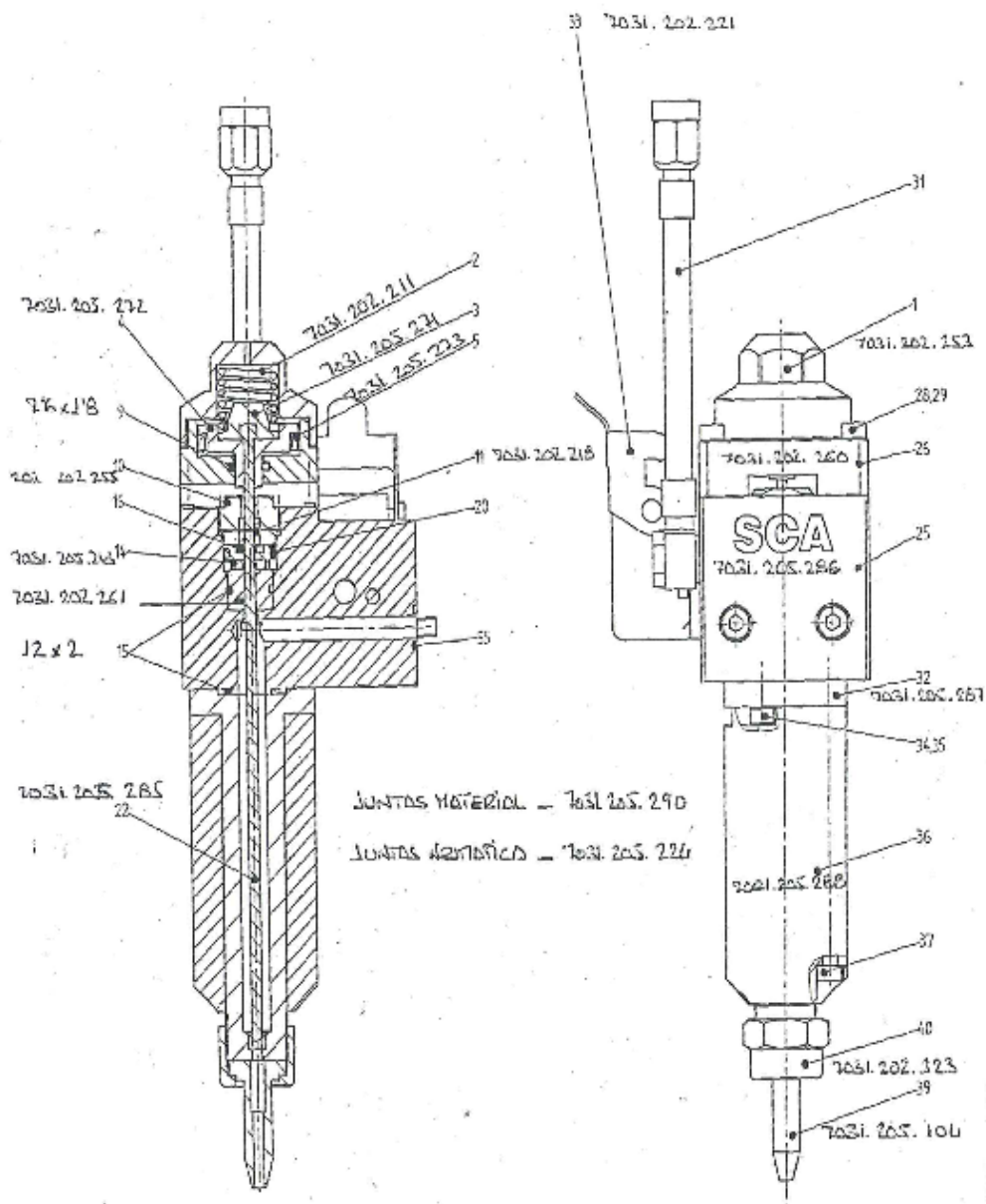
PIEZAS A CARGAR

Apéndice C

Pistolas de Masilla

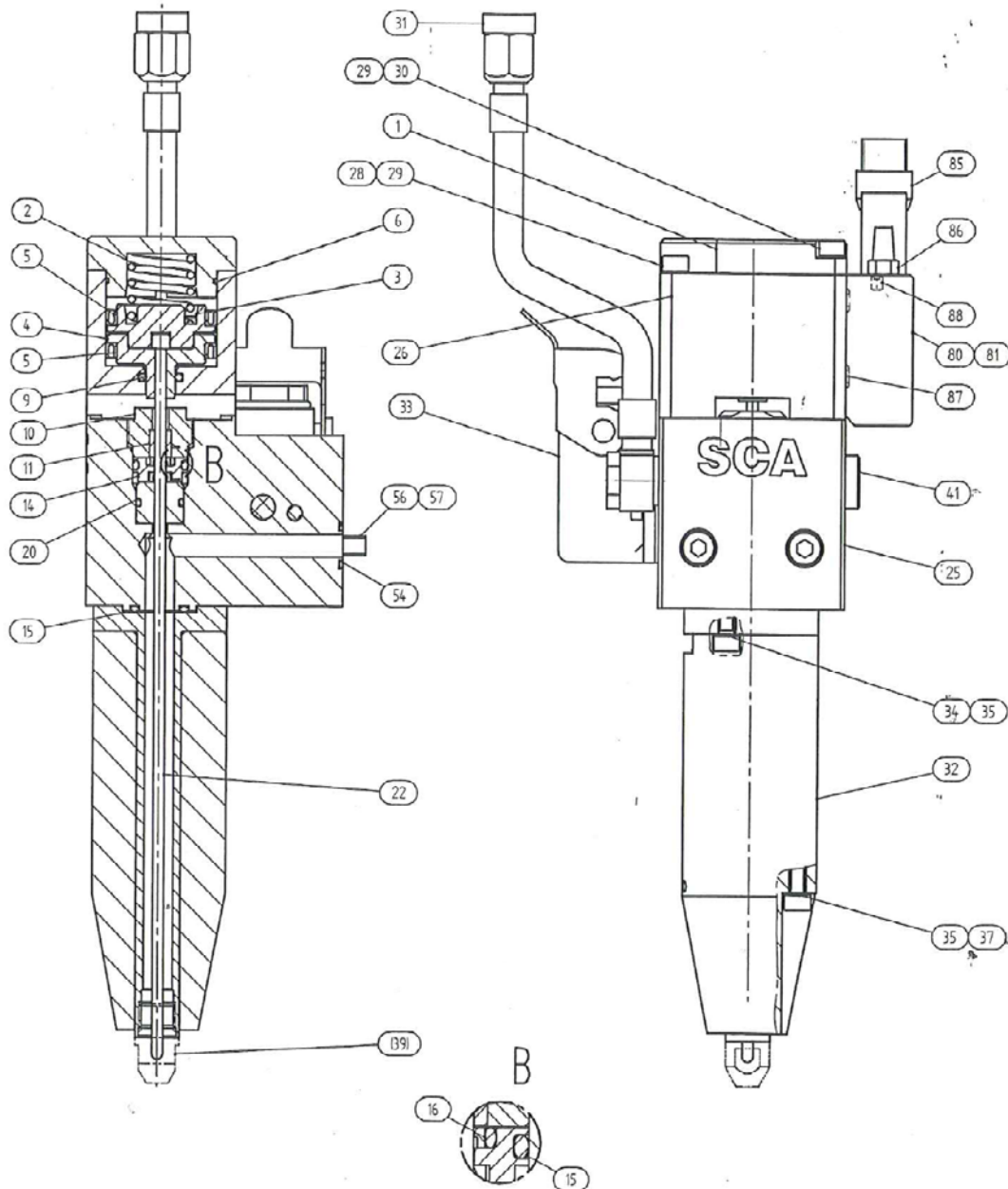
Pistola de masilla original. Modelo 7285.10221 D.

SCA Schucker GmbH & Co.



Pistola de masilla nueva. Modelo 7285.1036 D.

SCA
SCHUCKER





Nº	Descripción
1	Tapa
2	Resorte de compresión
3	Pieza de presión
4	Émbolo
5	Anillo obturador
6	Anillo tórico 28x1
9	Anillo tórico 7.5x2
10	Tornillo de fijación
11	Casquillo deslizante
14	Soporte de obturación
15	Anillo tórico 12x2
16	Anillo escalonado con anillo tórico
20	Anillo tórico 9.50x1.60
22	Bulón de válvula
25	Carcasa
26	Cilindro
28	Tornillo DIN 912 M4x12
29	Arandela de seguridad R2
30	Tornillo DIN 912-12.9 M4x80
31	Depósito de plastificante
32	Brida
33	Calefacción
34	Tornillo DIN 912 M4x12
35	Arandela de seguridad R2
37	Tornillo DIN 912-12.9 M4x80
39	Boquilla
41	Tapón roscado
54	Anillo tórico 9x1.50
56	Tornillo DIN 912-12.9 M5x70
57	Arandela de seguridad R2.5

