



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LA INSTALACIÓN
DE PORTÓN

María Larráyoiz Izcara

Francisco Javier Rípodas Agudo

Pamplona, Julio 2010

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a la empresa Volkswagen Navarra S.A. la oportunidad que me ha brindado para realizar este proyecto y aprender con él.

A todos los compañeros tanto de la oficina técnica de Mantenimiento Chapa como de Producción Chapa y Procesos Chapa, oficinas entre las cuales me he ido desplazando hasta el punto de hacerlos dudar de a qué departamento pertenecía. Gracias por todo vuestro apoyo, disposición y conocimiento. Mención especial a Jesús Quiñones, al que siempre le estaré agradecida por las enseñanzas adquiridas así como por su trato humano. Porque desde el momento en que vino a recibir a esa tímida becaria hasta el momento de su despedida siempre estuvo ahí.

A todos los integrantes de la “mafia” de becarios, porque los almuerzos y los cafés no habrían sido lo mismo sin vosotros.

A mi tutor de la universidad Francisco Javier Rípodas, por el tiempo dedicado a mi proyecto y por sus sabias recomendaciones.

A todos mis amigos de siempre, Maite, Ainhoas, Andrea, Marta, Santi, Paula, Belate, . . . y a todos los demás que siempre estáis ahí, por aguantar mis largas ausencias.

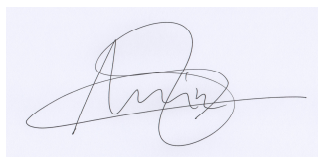
A todos mis compañeros y amigos de natación, porque me habéis desestresado durante todos estos meses con grandes dosis de humor y de tragos involuntarios de agua, y en especial a Jontx, porque como bien me dijiste un día, que haría yo sin mi.

Y como no a mi madre y a mi hermano, por tantas razones que no cabrían en esta hoja. Porque cuando me pongo cabezona sólo vosotros me aguantáis y sabéis encarrilarme. Porque tú “tato” eres mi mentor. Por vuestra confianza en mí. Por tantos detalles que no soy capaz de agradecer de la forma que debiera. Por toda esa ayuda incondicional y sin intereses sin la que seguro ahora no estaría escribiendo estas líneas.

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

Y a mi padre, porque desde donde estés, tu apoyo durante toda mi vida ha sido lo más importante.

Simplemente gracias.

A handwritten signature in black ink on a light blue rectangular background. The signature is cursive and appears to read 'María Larráyoz Izcará'.

María Larráyoz Izcará

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 ya de por sí competitiva industria automovilística, 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. El caso de Volkswagen Navarra es además un tanto especial por estar inmersa en el momento de realización de este proyecto en la fase final de lanzamiento de su nuevo modelo de coche: el Polo A05.

Dicho esto, el presente proyecto, llevado a cabo en el taller de Chapistería de la ya mencionada empresa, pretende proponer por un lado una metodología de análisis y mejora de la disponibilidad de cualquier proceso productivo en situación de crisis; y por otro, mejorar la disponibilidad de una de las instalaciones de la fábrica, en concreto, la instalación donde se fabrica el portón, que lleve a la aceptación definitiva de la misma. Y es que esta instalación está operando con una disponibilidad técnica muy inferior a la esperada.

El proyecto empezará con una primera parte introductoria acerca de la empresa con el fin de facilitar la comprensión del trabajo. Básicamente se procederá a realizar una breve descripción de la misma, así como del proceso productivo que en ella tiene lugar. El capítulo comenzará desde una perspectiva general para, poco a poco, ir concretando hasta llegar a la instalación de portón.

En el segundo gran capítulo del proyecto se presenta la metodología propia empleada para la mejora de la disponibilidad desde el área técnica. Esta filosofía de trabajo está basada en el *Practical Problem Solving* (PPS) para la resolución de todos los problemas que repercuten negativamente en la disponibilidad y cuya puesta en práctica se traduce en la realización de un *Workshop* o taller. Este método nos permitirá también determinar y

analizar, por un lado, el nivel de disponibilidad inicial de la instalación así como su evolución con el paso del tiempo; y por otro, encontrar todos los puntos de mejora para maximizar la productividad de la misma. Se pone especial acento en eliminar los problemas repetitivos, considerados como principales responsables de que la instalación permanezca parada o fuera de funcionamiento.

A continuación, tiene lugar la presentación del desarrollo del método, donde se entresacarán los principales problemas. EL proceso culminará con la realización de varios proyectos de Mejora Enfocada, actividades orientadas a eliminar las principales pérdidas existentes en el proceso productivo.

En el último capítulo de resultados y conclusiones, después de haber implantado el método, se analizará el efecto o la repercusión que dicha metodología ha supuesto en la mejora de la disponibilidad de la instalación del portón, y se procederá a evaluar su validez comparando la situación real alcanzada con la situación objetivo. Los resultados obtenidos pondrán de manifiesto si el análisis de pérdidas y de disponibilidad propuesto es una herramienta en potencia para solventar situaciones de crisis y, en última instancia, para crear estrategias sistemáticas de mejora que consigan dar ventaja competitiva a la empresa y situarla en una posición privilegiada dentro del sector.

Abstract

In the actual context of aggressive markets, global competition and demanding customers -even more in these economically difficult times- Volkswagen Navarra S.A., as a member of the competitive automotive industry, is facing constantly new challenges. Coupled all this with the development of an even increasing number of variants, the firm has to adaptate its systems of Production, Logistic and Service in order to attend the existing great demand without increasing the costs. Besides, the case of Volkswagen Navarra S.A in the moment of execution of this Diploma Thesis is special because of the launching of the new car model: the Polo A05.

Having stated this, the present project which has been carried out in the Workshop where the bodyshell work is done, tries to propose a methodology of analysis and improvement of the availability of any production process in a critical situation, as well as improve the availability of the facility where the back door of the car is manufactured, in order to accept definitively this facility. The reason why this installation is chosen is because its technical availability is lower than the expected.

The starting point of this Diploma Thesis is the introduction of the firm in order to make the understanding of the project easier. This introduction will basically involve a brief description of the company and the Production Process of the car. The chapter begins showing a general perspective, but with the course of the pages, the text ends specifying the facility of the back door.

On the second great chapter of the Thesis, it is explained the specific methodology used to improve the availability from a technical point of view. This working system is based on the *Practical Problem Solving* (PPS) and, as its own name indicates, its aim is to solve the problems which reduce the availability. In practice this method consists of the execution of a Workshop. This system allow us to determine and evaluate the initial availability as well as its development and evolution through time. But it also allow us to know every room for improvement in order to maximize the productivity. The work is specially stressed on the repetitive problems, as they are considered to be the most problematic ones.

Next it is discussed the development of the method. At this point, the main problems are selected and a set of projects established in order to find a solution for these problems as well as improve every possible aspect of the production process, according to the continuous improvement philosophy.

On the last chapter, after having implemented the method, the results are discussed. It is also analyzed the effect of this methodology on the availability and evaluated its validity by comparing the real situation with the objective. In other words, it is determined whether the availability of the facility of the back door has heightened or not in the desired terms. The obtained results will also prove if the proposed methodology is appropriate to face critical situations and, in a long term, to create systematically improvement strategies, which will let the firm increase its competitive advantage and hold an excellent position of the separate brands in the markets worldwide.

Índice de Contenidos

1	Introducción	1
2	Volkswagen Navarra	7
2.1	Historia	8
2.1.1	Breve Historia del Volkswagen Polo	13
2.2	El Proceso	18
2.2.1	Sistema de Producción Volkswagen	18
2.2.2	Proceso de Producción	20
2.2.3	Taller de Chapistería	29
2.2.4	Portón	32
3	Fundamentos del Método de Mejora de Disponibilidad	42
3.1	Introducción: Sistemática y Filosofía	42
3.1.1	Área Técnica	45
3.1.2	Área de Organización	47
3.2	Fundamentos del <i>Workshop</i>	48
3.2.1	Descripción del <i>Workshop</i>	48
3.2.2	Reunión Inicial	58
3.2.3	Preparación del <i>Workshop</i> . Descripción de la Situación Inicial	62
3.2.4	Objetivos	63
4	Desarrollo del Método de Mejora de Disponibilidad	66
4.1	Desarrollo del <i>Workshop</i>	66
4.2	Elección de Proyectos	67

ÍNDICE DE CONTENIDOS

4.3	Definición y Descripción de Proyectos	69
4.3.1	Aplicación de Masilla en Panel de Portón	70
4.3.2	Eliminación de Reboses de Masilla	88
4.3.3	Optimización del Cambio de Herramientas. <i>Docking</i> .	103
4.3.4	Calibre de Contenedor de Armazón	109
4.3.5	Atasco en la Guía de Alimentación del Disparador de Tornillos	117
4.3.6	Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo	125
4.3.7	Mejora de la Disponibilidad desde el Punto de Vista Organizativo	134
4.3.8	Optimización del Chatarreo producido por Pruebas Destructivas de Control de Puntos de Soldadura . . .	141
5	Resultados	153
5.1	Análisis de Resultados	158
5.2	Valoración económica	165
A	Diagrama de Flujo del Proceso Productivo en la Instalación de Portón	I
B	Desarrollo del <i>Workshop</i>. Caso práctico	VII
B.1	Registro de Incidencias	VII
B.2	Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad	VII
C	Aplicación de Masilla en Panel de Portón. Proyecto 4.3.	IXVII
C.1	Diagrama de Funcionamiento del Robot R2A	XVII
C.2	Sistema RPS en Revestimiento de Portón	XIX
D	Eliminación de Reboses de Masilla. Proyecto 4.3.2	XX
E	Reducción de Tiempo Abierto. Optimización de Teimpos Ciclo. Proyecto 4.3.6	XXII
E.1	Catálogo de Medidas	XXII
E.2	Matriz de Control de Mejoras de Tiempo Ciclo Portón	XXII

ÍNDICE DE CONTENIDOS

F Optimización del Chatarreo producido por Pruebas Destructivas de Control de Puntos de Soldadura. Proyecto 4.3.8	XXVII
G Disponibilidad Semanal de Portón F1 y Portón F2	XXXII

Lista de Figuras

2.1	Marcas que componen el Grupo Volkswagen	7
2.2	Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1965 a 1975	9
2.3	Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1976 a 1983	10
2.4	Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1984 hasta hoy	13
2.5	Polo A01	14
2.6	Polo A02	15
2.7	Polo A03	15
2.8	Polo A04	16
2.9	Polo A05	18
2.10	Sistema de producción Volkswagen (casa)	19
2.11	Lay-out de la fábrica y visualización esquemática del proceso productivo	20
2.12	Taller de Prensas	22
2.13	Taller de Chapistería	23
2.14	Taller de Pintura	25
2.15	Taller de Motores	26
2.16	Taller de Montaje	27
2.17	Revisión final	28
2.18	Lay-out Chapistería	30
2.19	Proceso productivo de cada línea en el taller de Chapistería	33
2.20	Portón VW 250 A05. Vista interior y exterior	34
2.21	Lay-out instalación de portón	35
2.22	Estación 1	36
2.23	Estación 2	37

LISTA DE FIGURAS

2.24 Estación 3	38
2.25 Estación 4	38
2.26 Estación 6	40
2.27 Pirámide gráfica portón VW 250 A05	41
3.1 Posible situación actual de la planta	44
3.2 Disponibilidad técnica	47
3.3 Tiempo de ciclo	47
3.4 Plantilla para el registro de incidencias a cumplimentar por el conductor	50
3.5 Visualización del top 5 de fallos en un diagrama de barras	53
3.6 Gráfico de disponibilidad	54
3.7 Tablón de control del proceso en la Sala de Impresión	55
3.8 Simbología empleada para determinar el estado de la erradicación del problema y el estatus de la medida	57
3.9 Prueba industrial portón F1	63
3.10 Disponibilidad portón F1	65
3.11 Tiempo ciclo portón F1	65
4.1 Manipulador R2A para la descarga del panel del contenedor	71
4.2 Vista esquemática de la zona de aplicación de mástico sobre la piel o panel exterior del portón en la estación 220	71
4.3 Inestabilidad en todo el contorno. Redistribución de las bridas de sujeción	73
4.4 A) Ventosa plana inicial de diseño (ventosa CVC 15-35 Fa Norgren); B) Ventosa nueva tipo fuelle (Ventosa fuelle redonda SAB 30 de Schmalz)	74
4.5 Comparativa entre el problema actual, situación teórica y solución desarrollada	75
4.6 Bollos en la chapa provocan que el cordón de masilla sea aplicado fuera del panel o en una posición incorrecta	75
4.7 Interferencia de centrador RPS del manipulador con agujero RPS correspondiente del portón	77
4.8 Nicho para ubicación de contenedores en la instalación de portón	80
4.9 Aumentando la longitud de los topes se consigue salvar la altura de las pestañas de la plataforma y de los centradores y, por tanto, evitar que sean golpeados	81

LISTA DE FIGURAS

4.10	Centradores atornillados a la base del nicho	82
4.11	Baches en el piso provocan el desplazamiento de las piezas en el contenedor	83
4.12	Línea continua de masilla que se proyecta sobre la superficie de la pieza a pegar, formada por espiras que se cruzan constantemente hasta ocupar toda la superficie deseada (Catálogo PrecisionSwirl de Graco)	84
4.13	Vista esquemática del extremo de la boquilla provisto de los orificios que generan el espirolado del hilo de masilla. La disposición de los orificios de salida de los flujos de aire a presión hacen que éstos incidan tangencialmente sobre el chorro de masilla que es eyectado de forma axial por el orificio central	85
4.14	A Cordón lineal de masilla. B Cordón espirolado con aire	86
4.15	Estado de la engrapadora y del manipulador del robot R2E en PPI F1 a las dos horas de la limpieza diaria de TPM	90
4.16	Ejemplo de rebose de la masilla en el conjunto portón. Éste rebose supone un retrabajo en la línea finish para limpiar la masilla	91
4.17	Detalle del engrapado del área inferior del portón	92
4.18	Plantillas para la realización de auditorias de masilla en puertas de fábrica 1. Los puntos donde rebose la masilla en la instalación serán marcados en azul, mientras que los que lo hagan en la línea finish, se señalarán en rojo. Con los datos obtenidos y así registrados, se procederá a efectuar las reprogramaciones necesarias a fin de eliminar los reboses	94
4.19	Zonas sin pestaña y con despullas en panel de PPD por las que rebosa la masilla durante el engrapado	95
4.20	Creación y estandarización de programas de aplicación de masilla para el caso de PPD. Elaboración de plantillas	96
4.21	Spring back effect. Al finalizar el engrapado, la pestaña tiende a recuperar su posición original, resquebrajando la capa de masilla	97
4.22	La regularidad en las dimensiones de las microperlas hace que el espesor del hueco entre chapas permanezca siempre constante, con lo que las propiedades mecánicas de la masilla permanecen uniformes	98
4.23	Box de masillas	99
4.24	Planificación de la prueba industrial en taller de Chapistería para la introducción de la nueva masilla AMV167S31	100

LISTA DE FIGURAS

4.25	Ejemplo de detección de fallo en la aplicación de masilla durante la reunión de control en el box de masillas. El fallo consiste en la aparición de un bolo de masilla generado por una microparada del robot	102
4.26	Cambio rápido de herramienta o <i>Docking</i>	103
4.27	Cantidad de <i>Docking</i> pinza-manipulador y pinza-pinza en los talleres 1 y 1B	104
4.28	Conexiones no estancas provocan fugas de agua afectando a conexiones eléctricas	105
4.29	Puntos de soldadura de R1B	107
4.30	Contenedor para armazón de portón	110
4.31	Sistema de anillos centradores para el encuadre del contenedor en el armario de la instalación según estándar Volkswagen	111
4.32	Calibre original para contenedor de armazón de portón	112
4.33	Las lengüetas de las barras giratorias del calibre entran en las cavidades de los extremos de los peines laterales (calibrado en dirección “y”) pero no hasta completar el posible recorrido (calibrado en dirección “z”)	113
4.34	Calibre nuevo para contenedor de armazón de portón	114
4.35	Sistema de muelles para la calibración en altura y profundidad. Cuando los muelles son destensados, las guías retroceden hasta hacer tope con los peines	116
4.36	Sistema de regletas para cuantificar el grado de desviación de los elementos del contenedor	117
4.37	Vista esquemática de la zona de soldadura de los tres pernos sobre el armazón del portón en la estación 110	118
4.38	Disparador de tornillos	118
4.39	Tornillo soldable M6x22 N911 116	120
4.40	Carril vibratorio del disparador de tornillos	120
4.41	Disposición de los detectores en el carril transportador. El detector ST2 se sitúa a la salida de la tolva de alimentación y el ST3, a la entrada de la manguera. El espacio que queda entre los dos detectores tiene que estar siempre lleno de pernos	124
4.42	Ubicación de punzonados y fechado en el armazón de portón. 1 punzón 1; 2 punzón 2; 3 fechado	129
4.43	Trayectoria del robot R1A en las operaciones de punzonado y marcado antes y después de las modificaciones	130

LISTA DE FIGURAS

4.44	Ubicación actual del refuerzo cerradura en la mesa giratoria de la estación de carga 130 (antes) y nueva ubicación en el soporte independizado de la mesa (después)	131
4.45	El manipulador inferior del robot R2A abría anteriormente el grupo de bridas después de maniobrar para salir de la mesa volteadora. Con la modificación, la apertura de bridas de los dos manipuladores, superior e inferior, se realiza al mismo tiempo durante la dejada del panel en la mesa	132
4.46	Resultados de la optimización de tiempos ciclo en fábrica 1. Situación actual y situación estimada	132
4.47	Resultados de la optimización de tiempos ciclo en fábrica 2. Situación actual y situación estimada	134
4.48	Modelos de aplicación para reforzar el personal con cualificación de conductor de instalación	136
4.49	Instalación de capó y portón. Situación inicial y situación propuesta	137
4.50	Valoración económica de la medida	140
4.51	Valoración económica de la mejora de disponibilidad de las instalaciones	141
4.52	Vista esquemática del proceso de soldadura por puntos y de la “lenteja” o punto de soldadura resultante con sus características principales	143
4.53	Prueba del cincel y el martillo. Ejemplo de soldadura correcta . . .	145
4.54	Aparato de ultrasonidos	147
4.55	Vista esquemática del funcionamiento del equipo de ultrasonidos. A) Situación en la que las ondas no encuentran discontinuidades en su paso por la muestra a ensayar; B) Situación en la que existen heterogeneidades	148
5.1	Evolución mensual de la disponibilidad de la instalación de protón fábrica 1	154
5.2	Evolución semanal de la disponibilidad total de la instalación de portón fábrica 1	155
5.3	Evolución mensual de la disponibilidad de la instalación de portón fábrica 2	156
5.4	Evolución semanal de la disponibilidad total de la instalación de portón fábrica 2	157
5.5	Beneficio conseguido con el proyecto	166
B.1	Registro de incidencias de portón fábrica 1	VIII

LISTA DE FIGURAS

B.2	Registro de incidencias de portón fábrica 2	IX
B.3	Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas técnicas de portón fábrica 1	X
B.4	Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas técnicas de portón fábrica 2	XI
B.5	Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas organizativas de portón fábrica 1	XII
B.6	Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas organizativas de portón fábrica 2	XIII
B.7	Hoja de cálculo de la disponibilidad de portón. Parte 1	XIV
B.8	Hoja de cálculo de la disponibilidad de portón. Parte 2	XV
B.9	Gráficos de disponibilidad de portón fábrica 1 y portón fábrica 2 . .	XVI
F.1	Punto óptimo	XXVIII
F.2	Punto quemado	XXIX
F.3	Punto pequeño	XXIX
F.4	Punto pegado	XXX
F.5	Punto suelto	XXXI
G.1	Disponibilidad portón fábrica 1	XXXIII
G.2	Disponibilidad portón fábrica 2	XXXIV

Lista de Tablas

2.1	Producción de coches en Volkswagen Navarra desde su fundación	13
2.2	Resumen línea	34
3.1	Resolución de problemas en 8 pasos	49
3.2	Horarios de las reuniones de Disponibilidad	61
3.3	Control de presencia de la Ronda de Disponibilidad de elementos móviles	62
4.1	Plan de acción del proyecto “Aplicación de Masilla en Panel de Portón”	87
4.2	Tiempos ciclo de la instalación de portón en fábrica 1 y fábrica 2 registrados durante las semanas 9, 10 y 11	127
4.3	Medidas específicas para optimizar el tiempo ciclo de la instalación del portón	128
4.4	Matriz de control de mejoras del tiempo ciclo del portón	133
4.5	Necesidad conductores de instalación. Situación actual y situación propuesta	138
4.6	Plan de acción del proyecto “Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo”	139
4.7	Cantidad y coste de conjuntos y armazones de elementos móviles destinados a chatarra por pruebas destructivas de control de puntos	142
4.8	Plan de inspección de puntos en taller 1B	151
4.9	Plan de acción para la implementación de la técnica de ultrasonidos en la inspección de puntos de soldadura en el taller 1B	152
5.1	Disponibilidad total portón fábrica 1 y fábrica 2	155
5.2	Análisis de resultados en cada una de las fábricas respecto a las medidas adoptadas en los respectivos proyectos	164

LISTA DE TABLAS

5.3	Coste del proyecto	165
-----	------------------------------	-----

Introducción

Este Proyecto Fin de Carrera (PFC) ha sido realizado por la alumna María Larráyoiz Izcarra, con el fin de obtener el título de Ingeniero Industrial, y se ha llevado a cabo a petición del Departamento de Chapistería de la empresa Volkswagen Navarra S.A. entre el 26 de Octubre y el 26 de Abril. De este modo, mediante la mutua colaboración entre el estudiante universitario y la empresa, se logra un doble objetivo. Por un lado, como ya se ha indicado previamente, la realización del proyecto necesario para la finalización de la carrera y, por otro, su aplicación real en la empresa que permita mejorar su proceso productivo.

Ante la necesaria y obligada protección y confidencialidad de los datos e información en general de la empresa donde se ha realizado el proyecto, ha sido preciso modificar algunas magnitudes que se presentan a lo largo del mismo, siempre y cuando las circunstancias lo han permitido. No obstante, es importante resaltar que en ningún caso los citados cambios han alterado los resultados y conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo.

El objetivo principal del presente proyecto es incrementar la disponibilidad de la instalación donde se fabrica el portón del coche, mediante la aplicación de una metodología específica para la resolución de problemas basada en el *Practical Problem Solving* (PPS). Tomando como modelo esta instalación, también se pretende proponer al mismo tiempo una metodología de análisis y de mejora de la disponibilidad aplicable a cualquier proceso productivo.

Así pues, se pretende entender cuál es la situación inicial de pérdidas 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 acaecidos con una mayor frecuencia, síntoma inequívoco de un desconocimiento en la causa raíz de los problemas en cuestión, y sobre los que versa principalmente el PPS.

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 confundido con 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 facilitarán 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?
- ¿Como puedo comprobar y confirmar el siguiente nivel de causa?
- ¿Se prevendrá 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.

Con respecto a la propia concepción de fallo, problema o pérdida, se entiende como todo aquello que hace que la instalación deje de producir. Y si deja de producir, es porque no funciona. Y si no funciona significa que está parada. Por ello, el fallo y/o problema se va a identificar a lo largo de todo este proyecto, y mientras no se diga lo contrario, con la parada de la instalación.

Seis van a ser los grandes campos en los que se van a agrupar o clasificar estas paradas:

- *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 y 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 ocho 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 escogidos son los siguientes:

- *Aplicación de masilla en panel de portón*
El problema analizado en este proyecto consiste en que los cordones de masilla no son aplicados sobre el panel del portón en la posición o ubicación en la que debieran, por lo que en muchos casos, estos paneles ni siquiera llevan ningún tipo de adhesivo. La estratificación del problema en elementos más pequeños y sencillos permite a su vez detectar la existencia de otro segundo gran problema en la recogida o descarga del panel del contenedor.
- *Eliminación de reboses de masilla*
Debido a fallos en las condiciones de aplicación de la masilla y a su propia naturaleza, durante el casamiento del panel con el armazón, el adhesivo rebosa fuera de la prensa, ensuciando ya no sólo el conjunto portón, sino también las engrapadoras y la propia instalación, obligando a destinar una gran cantidad de recursos a la limpieza de todas las partes afectadas.
- *Optimización del cambio de herramientas (Docking)*
En los robots con cambio de herramienta en los que se ve involucrada al menos una pinza de soldadura, se producen fugas de agua del circuito de refrigeración debido al desgaste de las juntas de conexión, provocando grandes averías en las conexiones eléctricas.
- *Calibre para contenedor de armazón*
Gran parte de los armazones que llegan a la instalación lo hacen mal colocados en el contenedor, por lo que, al tratarse de una descarga automática, inevitablemente el correspondiente robot falla al recoger las piezas. Pero el hecho de que los armazones vengan desplazados de su posición teórica no se debe a una incorrecta manipulación por parte de los operarios del taller de Prensas ni de los operadores logísticos, sino a que los contenedores en sí contienen una serie de defectos. Y es que el calibre encargado de cotejar las prestaciones de dichos contenedores presenta grandes deficiencias que imposibilitan una correcta calibración y detección de anomalías.
- *Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos*
Para montar el soporte del motor limpiaparabrisas trasero es necesario previamente soldar tres pernos al panel interior del portón. Estos tornillos soldables son a su vez suministrados por un dispositivo

disparador. El problema es que en muchas ocasiones los tornillos se quedan atascados en la guía de alimentación del citado disparador, impidiendo que las piezas lleguen a la estación final de soldadura.

- *Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo*
Con el transcurso del proyecto y la implementación de las distintas mejoras, la existencia de un tiempo abierto en el cual la instalación permanece sin producir por causas en un principio desconocidas sigue siendo excesiva, a pesar de que los conductores de instalación, encargados de anotar todas las paradas incluso por muy pequeñas que éstas sean, están completando los registros de incidencia con gran detalle y adecuación. Finalmente se descubre que esta tendencia es motivada por un funcionamiento de la instalación a velocidad reducida, lo que hace que la instalación produzca las piezas en un tiempo de ciclo mayor al teórico.
- *Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo*
Este proyecto no hace referencia a un problema técnico propiamente dicho, pero sí afecta y en gran medida a la disponibilidad total de la instalación, motivo por el cual se incluye en el trabajo. Supone este proyecto perder en cierto modo la noción técnica para acercarse a una nueva perspectiva desde la organización. Así pues, se va a considerar la cualificación y formación del personal, con el objeto de aumentar el número de conductores de instalación disponibles y poder así reestructurar los puestos de trabajo. Todo ello con el claro propósito de disminuir las paradas por producción y el tiempo perdido en averías técnicas.
- *Optimización del chatarreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura*
Aunque no se trate de un problema técnico que aparezca en la instalación, al igual que ocurre con el proyecto anterior, ni tampoco de un factor que haga que la disponibilidad se vea reducida, se aprovecha la cobertura proporcionada por la metodología puesta en práctica para explotar una potencial mejora en el control de los puntos de soldadura, tema que atañe en un principio a calidad. El problema existente hasta ahora es que este control se viene realizando por medio de pruebas destructivas, concretamente mediante la prueba del cincel y el martillo, que suponen el envío a chatarra de la totalidad de las piezas examinadas, con el alto coste que ello conlleva. Por eso, se propone la sustitución en la medida de lo posible de esta técnica por otra no destructiva de análisis mediante ultrasonidos para la recuperación de la chatarra.

Por último señalar que para estas pérdidas de eficiencia, se utilizará como

indicador de disponibilidad de los equipos una métrica básica en el sistema de producción de la empresa: la disponibilidad técnica, valga la redundancia, que representa en términos de tiempo la producción real frente a la potencial (la obtenida en condiciones óptimas) para un período determinado. Es decir, que representa el tiempo real de producción de piezas con respecto al tiempo total disponible para ello, como se recoge en la siguiente expresión 1.1:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (1.1)$$

Como tiempo operativo se considerará el número de piezas, portones en este caso, producidas por el tiempo ciclo de la instalación, esto es, tiempo que cuesta fabricar una de esas piezas (89 segundos o 1,48 minutos). Y como tiempo disponible se tomarán los tres turnos de trabajo comprendidos en un día, periodo de tiempo escogido para llevar a acabo este análisis. Con lo cual la expresión anterior 1.1 se puede reescribir tal y como se muestra en la siguiente relación 1.2:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ piezas producidas} \cdot \text{Tiempo ciclo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (1.2)$$

Realizar un pequeño apunte acerca del valor a introducir en la fórmula como tiempo disponible y que será mantenido a lo largo de todo el proyecto. Si nos fijamos en la definición dada en el párrafo anterior, aunque el intervalo de tiempo a analizar sea de un día (1.440 minutos), el tiempo realmente disponible es el de tres turnos de trabajo: mañana, tarde y noche. Con lo que a esos 1.440 minutos, hay que descontar los 20 minutos por turno de parada de la instalación para realizar el TPM (Mantenimiento Productivo Total), más los minutos de pausa o descanso tanto de conductores de instalación como de operarios de carga: 40 minutos para los turnos de mañana y tarde, y 50 para el de noche. En resumen, estaríamos hablando de un tiempo total disponible al día de 1.250 minutos.

Todo ello, trabajando en condiciones normales. Pero las circunstancias en las que se encuentra envuelta la empresa en el momento de inicio de este proyecto, circunstancias que, por otro lado, motivan su ejecución, hacen que el nivel de ineficiencias en la instalación sea mucho mayor que el nivel permitido para producir el número de carrocerías programado. Ante la imposibilidad de cumplir con los plazos de entrega al cliente, la política de la empresa pasa por trabajar sin descansos o con desplazamiento de pausas. Por ello, finalmente el tiempo disponible para operar asciende a 1.380 minutos.

Volkswagen Navarra

Volkswagen Navarra se encuentra situada en el polígono Landaben, en el término municipal de Arazuri, a menos de un kilómetro de los también pueblos de Orcoyen y Barañáin y de la propia Pamplona. Linda por uno de sus extremos con la autopista A-15 que une Pamplona con Zaragoza en un sentido, y en el otro con San Sebastián.

Esta empresa pertenece al Grupo Volkswagen. Con sede principal en Wolfsburg (Alemania), es el mayor fabricante de automóviles de Europa y uno de los productores líderes a nivel mundial de la industria automovilística. 48 plantas distribuidas por todo el mundo producen a diario una múltiple oferta de vehículos, que se comercializan en 154 mercados diferentes y que satisfacen las necesidades de millones de clientes.

Diez marcas procedentes de seis países europeos componen el Grupo Volkswagen: 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. Todas las marcas del Grupo tienen un objetivo común: producir vehículos atractivos, seguros y respetuosos con el medio ambiente.



Figura 2.1: Marcas que componen el Grupo Volkswagen

2.1. Historia

Pero la situación de Volkswagen Navarra no siempre ha sido así. Tampoco ha tenido las instalaciones actuales e incluso, ni tan siquiera, ha pertenecido siempre al Grupo Volkswagen. Esta fábrica tiene historia, y esa historia ha ido definiendo de forma importante la historia de Pamplona y de la propia Comunidad Navarra. Así pues, debido a su innegable importancia, se expone a continuación un breve resumen de la historia de esta fábrica.

2.1 Historia

Authi (1965-1975)

En el año 1965 se produce la creación de la factoría AUTHI en Pamplona con un capital de 20 millones desembolsados por Nueva Montaña Quijano (cuyo presidente era el Marqués de Huidobro) y el Banco de Santander. El socio internacional elegido fue British Motor Corporation (BMS), que aportó las patentes para el producto. De esta manera nació AUTHI (Automóviles de Turismo Hispano Ingleses), como filial de Nueva Montaña Quijano.

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.

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 Jose 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, AUTHI era en Pamplona 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 llegar al ciudadano 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 1.300, Morris 130 o el Mg 1.300.

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

2.1. Historia



Figura 2.2: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1965 a 1975

pesetas para adquirir el 50% de AUTHI a Nueva Montaña Quijano. La mano de la multinacional inglesa tuvo su primer reflejo en el lanzamiento del 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 aún en manos de españoles, con lo que pasa a controlar el 98% del capital.

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 firma entra en suspensión de pagos en febrero de 1975, se inicia una regulación de empleo y por fin, el 22 de julio, se firmó en Pamplona la venta de AUTHI a SEAT, por un importe de 1.100 millones de pesetas.

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 la 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 del tren las instalaciones de la factoría, por lo que ahora la superficie total de la fabrica pasa a ser

2.1. Historia

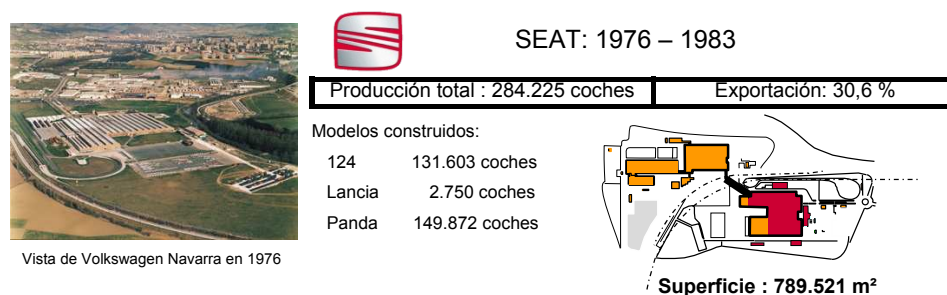


Figura 2.3: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1976 a 1983

de 847.000 m². La inversión total es de casi 15.000 millones de pesetas y el objetivo, lanzar un nuevo modelo: el lujoso Lancia.

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 dentro de España, lo que permitió sanear en cierta medida la situación económica de SEAT. Es en 1981, en pleno apogeo del Panda, 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 habían existido entre las dos marcas desde la creación de SEAT.

Es en el año 1982 cuando entra en escena VOLKSWAGEN. La multinacional alemana llega a un acuerdo con el gobierno, por el cual se fabricarían en Landaben 90.000 unidades del modelo 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.

Volkswagen (1984-hoy)

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

2.1. Historia

producción y llegar a las 1.200 unidades diarias, donde aumenta hasta un 75% la producción destinada a la exportación.

En 1988 se inicia la fabricación del Polo Coupé y SEAT-Volkswagen presenta su Plan Industrial (1989-1998), en 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 1.000 coches/día. En el año 1993 debido a una crisis del sector en Europa se pasa de una producción de 1.070 coches/día a 760 coches/día, eliminándose así el turno de noche.

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 solo 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 nº 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 Volkswagen Navarra el galardón de “Empresa patrocinadora más destacada en 1996” y en Europa es considerado el Polo por las revistas especializadas como el mejor automóvil del año en su categoría. Al año siguiente el organismo certificador AENOR concede a Volkswagen Navarra la Certificación Medioambiental número CGM-97/040 según las directrices del Reglamento Comunitario 1836/93/CEE y la norma ISO 14001. Así Volkswagen se convierte en la empresa del sector automovilístico español que obtiene dicha certificación medioambiental.

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 récord 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.

2.1. Historia

En 1999 se estrena la nueva nave de Pintura, un edificio tecnológico al ser totalmente estanco. También se inaugura el parque Polo. 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.

En 2001 se comenzó la fabricación del modelo Polo A04, coche que se presentó en el salón de Frankfurt el fatídico día 11 de septiembre. En este año se invirtió la tendencia en cuanto a niveles de producción, y comenzó un descenso continuado en el número de coches que se fabricarían en los próximos años.

El año 2002 estuvo marcado por la confirmación de la tendencia ya apuntada en el año 2001 de un descenso de la demanda en el mercado europeo de automóviles, lo que conllevó un descenso en los volúmenes de producción planificados para la planta de Pamplona para los años siguientes. El excedente de plantilla que esta situación originaba, consiguió salvarse sin necesidad de acudir a la extinción de ningún contrato, gracias al acuerdo de flexibilidad suscrito en diciembre de 2002 entre la Dirección de la Compañía y los Sindicatos UGT, CC.OO y CC.

El año 2004 fue un gran año para Volkswagen Navarra 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 4.000.000 fabricado de dicho modelo en la factoría, lo que viene a representar que a esta fecha prácticamente la mitad de los Polos que desde el año 1975 se vienen fabricando en distintos países, se han producido en la planta de Volkswagen Navarra.

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 gran 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. A finales de 2006 se conoció la renovación de la mitad del Comité Ejecutivo, al producirse la jubilación de sus tres miembros más antiguos. El Director General Jose Luis Erro dio paso a su sustituto Emilio Saenz, proveniente de la planta de Autoeuropa en Portugal. También se jubilaron los directores de Logística y Recursos Humanos.

2.1. Historia

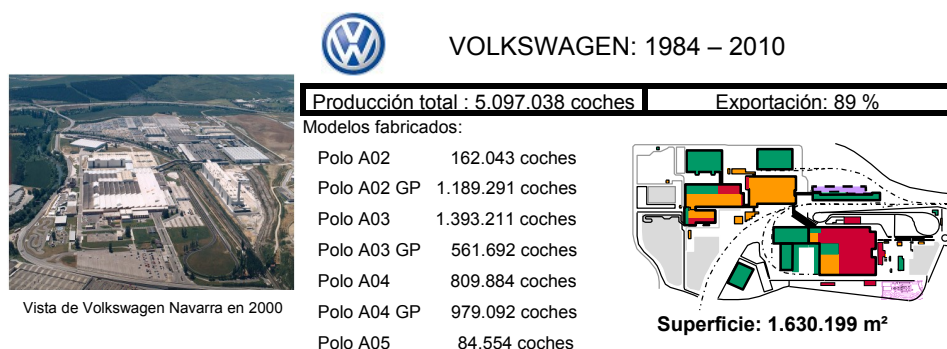


Figura 2.4: Historia Volkswagen Navarra. Periodo de 1984 hasta hoy

	Total	Exportación	Nacional
Polo A05: 118.242 (23.11.2009)			
De 1984 hasta hoy	5.097.938	4.454.012 89,0%	550.495 11,0%
De 1976 hasta 1983	284.225	86.920 30,6%	197.305 69,4%
De 1966 hasta 1975	131.744	22.897 17,4%	108.847 82,6%

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

2.1.1 Breve Historia del 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 su confortabilidad y su funcionalidad.

Modelo A01

El primer modelo Polo 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. El primer Polo incorporaba un nivel

2.1. Historia



Figura 2.5: Polo A01

de equipamiento sencillo para conseguir un precio de venta muy ajustado, perfecto para la gente joven. En enero de 1977 se lanzó la versión con carrocería de tres volúmenes, pensada 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 (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.

Modelo A03

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

2.1. Historia



Figura 2.6: Polo A02



Figura 2.7: Polo A03

Modelo A03 GP

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, una carrocería totalmente galvanizada y una serie de modificaciones en el interior que lo acercaban al Golf.

2.1. Historia



Figura 2.8: Polo A04

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 cincuenta y nueve edición de la Feria I.A.A. de Frankfurt de 2001.

Este nuevo modelo ofrece 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 distinguen la cuarta generación del Polo: la longitud, de 3,897 m, supera a la de su predecesor en 15,4 cm. Del mismo modo, la altura gana 4,7 cm y alcanza los 1,465 m, y la anchura llega a 1,650 m, 1,8 cm más que el modelo A03 GP.

Del Lupo toma la forma de los faros que, gracias a sus distintas dimensiones y la claridad de los cristales, proyectan la “clásica cara del Golf”. La parte trasera se define por un diseño personal pero, al mismo tiempo, típico de Volkswagen.

Como novedades, la chapa cubierta por una película de bonazinc, garantiza durante doce años la resistencia de la carrocería frente a la corrosión. La conducción y el confort de marcha mejoran gracias al aumento de la rigidez de su estructura en un 10%.

2.1. Historia

Modelo A05

El Polo A05, más joven y deportivo, ha dado un gran salto hacia delante en los ámbitos de confort, calidad y seguridad: el Polo 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.

Dispone de soberbias proporciones, más dinamismo y deportividad. Tiene una longitud de 3,952 m y un ancho de 1,682 m. El diseño de la parte trasera del Polo aprovecha el máximo el ancho de rodadura y prolonga 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, el marcado de las líneas y el bajo techo que cae marcadamente hacia atrás.

Una de las características más destacadas es su fácil manejo y que su ergonomía se adapta siempre de forma eficaz a la complejidad de los conductores y los pasajeros. 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.

El nuevo Polo podrá ser equipado durante el primer año de comercialización con un total de siete motores, cuatro de gasolina y tres diésel, con potencias que van desde 44 kW (60 CV) a 77 kW (105 CV).

El “paquete BlueMotion” puede ser combinado con cualquiera de las tres versiones de equipamiento diseñadas para el Polo: la versión básica “Trendline”, la versión media “Comfortline” y la más exclusiva “Highline”.

La versión europea del Polo dispone de una serie de elementos como el Sistema de Control de Estabilidad Electrónico (ESP), el asistente para arranque en pendientes, un conjunto de airbags de gran eficacia, incluyendo los airbags cabeza/torax, sensores y limitadores del cinturón de seguridad, reposacabezas de protección activa (delante) y anclajes Isofix para sillitas de niños.

2.2. El Proceso

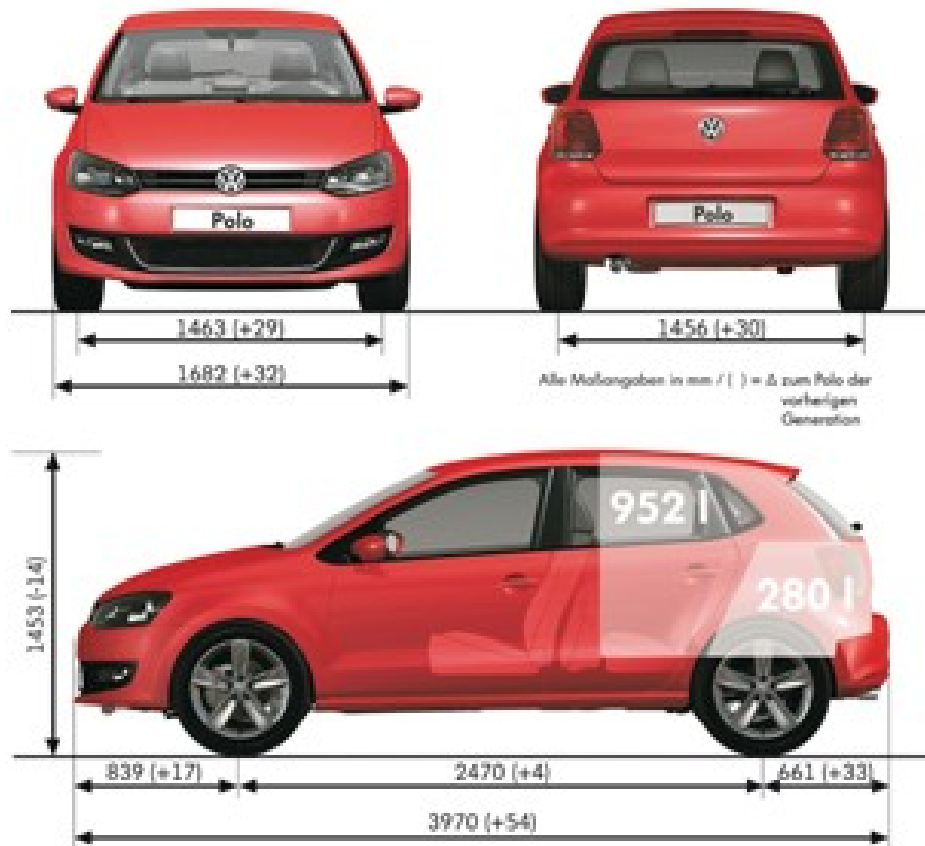


Figura 2.9: Polo A05

2.2 El Proceso

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.

2.2.1 Sistema de Producción Volkswagen

El lanzamiento del A05 ha venido acompañado de un cambio importante en la organización del trabajo. Volkswagen Navarra ha aprovechado esta etapa para implantar de manera progresiva el Sistema de Producción Volkswagen.

2.2. El Proceso

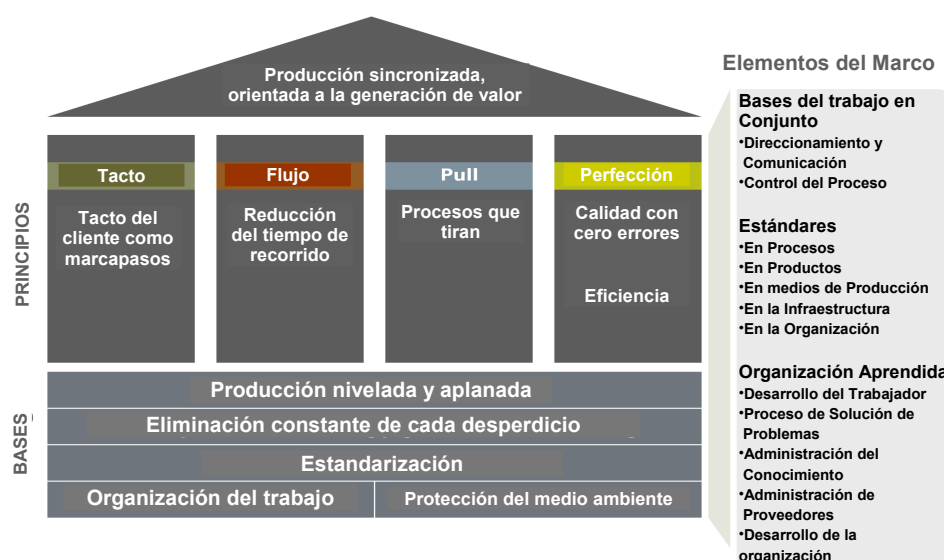


Figura 2.10: Sistema de producción Volkswagen (casa)

Este proceso de estandarización de los sistemas de producción de las fábricas del Grupo da respuesta a un mercado cada día más exigente y competitivo.

El objetivo final es conseguir una producción sincronizada y orientada a la generación de valor. Este propósito es el tejado de la casa como se refleja en la imagen 2.10, cuyos principios básicos se sustentan sobre unas bases de trabajo ya marcadas. 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.

La herramienta empleada para conseguir el objetivo final de este sistema consiste en la realización sistemática de procesos de mejora continua (*Workshops*) para aumentar el valor en cada puesto y eliminar los diferentes tipos de desperdicio. Con ella se busca la optimización del proceso y del producto, valiéndose de una serie de elementos que se utilizan en los *Workshops*.

Los cuatro principios básicos que sustentan el sistema son:

- *Tacto*
Adecuación del ritmo de producción a la demanda del cliente.
- *Flujo*
Reducción de tiempo de proceso.
- *Pull*
Procesos que tiran unos de otros.

2.2. El Proceso

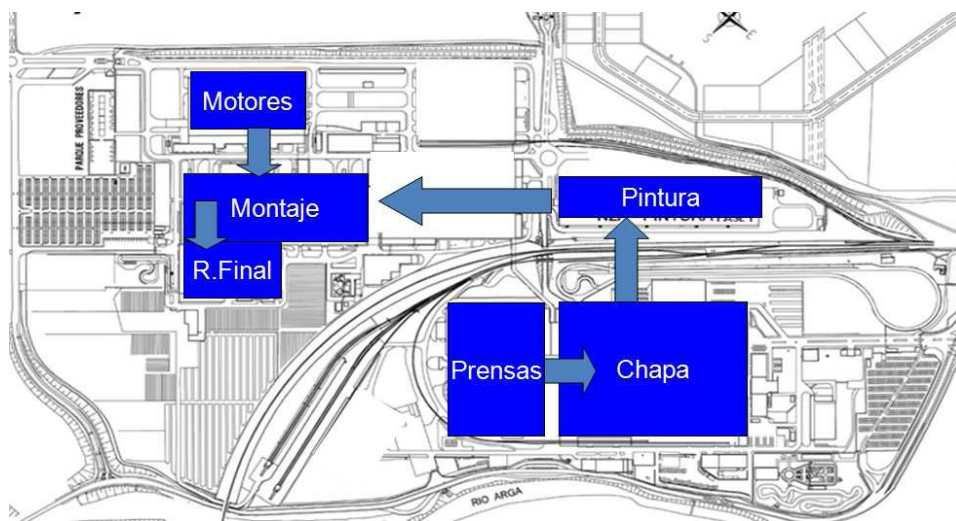


Figura 2.11: Lay-out de la fábrica y visualización esquemática del proceso productivo

- *Perfección*
Producción sin fallos y producción de calidad a la primera.

2.2.2 Proceso de Producción

La fabricación de un vehículo es un proceso complejo en el que se unen multitud de piezas diferentes. El proceso productivo de Landaben, así como el de la mayoría de fabricantes de coches, es en cadena. El producto se va desplazando por los diferentes talleres, en los que se va transformando, añadiéndole valor. En concreto, son los talleres de Prensas, Chapistería, Pintura, Montaje Motor, Montaje Vehículo y Revisión Final los encargados de la producción diaria de más de un millar de Polos.

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 al coche. 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 dar vida a un nuevo 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 coche está listo para su venta.

2.2. El Proceso

Prensas

El proceso de producción del automóvil comienza con la estampación de las piezas de la carrocería en las prensas. Estas máquinas de gran envergadura se encargan de moldear los desarrollos de chapa y convertirlos en una puerta, un capó, un lateral, etc. Esta operación se realiza en el Taller de Prensas de Volkswagen Navarra desde el año 1994, cuando comenzó la fabricación del modelo Polo A03.

Las dos primeras prensas de producción instaladas empezaron fabricando piezas para el modelo Seat Ibiza, no siendo hasta Mayo de ese mismo año 94 cuando se inicia la fabricación de los componentes del nuevo Polo. Posteriormente se ha ido ampliando hasta llegar a la situación actual: de una producción de 27.000 piezas/día en tres turnos se ha pasado actualmente a la fabricación de 34.000 piezas diarias.

El taller cuenta con tres prensas: las dos prensas GT mencionadas en el párrafo anterior 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 exactamente iguales poseen una fuerza de prensado de 38.000 KN cada una, la Erfurt posee un fuerza de 81.000 KN . Con ella se estampan piezas de gran volumen, como laterales (dos y cuatro puertas), techo (normal y con opción de apertura) y aletas (izquierda y derecha de un solo golpe).

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

La herramienta más importante del taller es el troquel, ya que es la encargada 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. En las prensas de la generación tecnológica anterior este cambio podía suponer de 8 a 10 horas de parada. Actualmente se realiza en tan solo 7 minutos. Sin duda un importante avance que supone un considerable ahorro y la eliminación de stocks, repercutiendo directamente en la mejora de la calidad del producto. Con el nuevo modelo, se han incorporado nuevos troqueles que optimizan aún más el proceso.

2.2. El Proceso



Figura 2.12: Taller de Prensas

Uno de ellos permite estampar las 4 puertas exteriores al mismo tiempo en la prensa Erfurt. Gracias a esta novedad se reduce el tiempo y se elimina la carga de producción de las prensas GT. De esta manera, estas prensas han acogido la producción de 14 nuevas piezas, lo que supone un avance para este taller.

A medida que las piezas se van estampando, estas se almacenan en contenedores hasta que son utilizadas en el Taller de Chapistería. La organización de las mismas se ha automatizado aún más con un nuevo robot de séptimo eje a la salida de la prensa GT2. Este robot ha permitido trasladar la estampación de piezas exteriores, como el revestimiento de capó, de la prensa GT1 con carga manual a GT2.

Con ello se ha mejorado mucho en la ergonomía de las personas ya que la manipulación de esta pieza históricamente conllevaba mayor dificultad. A cambio, las nuevas piezas que han llegado a la GT1, son piezas con una manipulación mucho mejor para los trabajadores.

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

Chapistería

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

La actividad llevada a cabo en este taller se caracteriza por su alto grado de automatización, en torno al 95%, y por la diversidad y complejidad de la tecnología existente. Más de 620 robots se ocupan de soldar y ensamblar parte de las carrocerías con aproximadamente 4.150 puntos de soldadura, un 11% más que la carrocería del modelo anterior.

2.2. El Proceso



Figura 2.13: Taller de Chapistería

Al desarrollarse este proyecto dentro del taller de Chapa, se analizarán más adelante en el apartado 2.2.3 con mayor detenimiento las características de este taller.

Una vez realizada la unión de cada una de las piezas de la carrocería se transporta ésta 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. Este proceso se divide fundamentalmente en dos fases. En la primera, la carrocería recibe tratamientos que la limpian de todo tipo de grasas, limaduras y proyecciones sueltas originadas en Prensas y Chapistería, la protegen y la hacen resistente a las agresiones externas, con los que se facilita, además, la adherencia posterior de la pintura. Esta fase inicial se lleva a cabo en el Taller 2 de pintura, también llamado nave de pretratamiento (antiguo taller de pintura).

Los tratamientos químicos llevados a cabo en esta nave 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 de entre todos ellos 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 disociada y así se deposita sobre ella una capa de pintura que actúa como principal recubrimiento frente a la corrosión. Dicha capa comprende toda la superficie de la carrocería, incluyendo las cavidades de difícil acceso.

2.2. El Proceso

En la segunda fase se aplican las masillas para el sellado de las juntas de forma automática y el PVC de los bajos. Una estación de soplado limpia la superficie de la carrocería y la prepara para ser pintada. El vehículo entra en las cabinas de lacas donde se le da color y por último se le añade la cera de protección de huecos. Estas tareas se realizan en la nueva nave de pintura (Talleres 2A y 2B) inaugurada en el año 2000.

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.

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, ya que cada vez que hay un cambio de color es necesario lavar las pistolas y las máquinas.

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 de serie. 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, con lo que se gana en limpieza y seguridad. Las cabinas de lacas son zonas totalmente aisladas del resto del taller, a la que sólo está permitido el acceso con indumentaria de fibra continua.

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 la ergonomía de los puestos de trabajo. En un primer momento, las carrocerías procedentes de Chapistería entran en la nave de Pintura vieja colgadas en eslingas, un sistema de transporte aéreo por medio de cadenas. En este taller son instaladas sobre patines. Al entrar en la nueva nave, la carrocería es pasada del patín a un carro volteador. Gracias a este carro, el vehículo 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.

Gracias a todas las incorporaciones, el proceso de pintado se ha automatizado aún más y se han optimizado los tiempos de fabricación, con lo que la capacidad productiva del taller de Pintura es de 1.500 carrocerías/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.

2.2. El Proceso



Figura 2.14: Taller de Pintura

La función de las dos primeras áreas del taller es pues suministrar el macroconjunto mecánico del vehículo, de acuerdo a la secuencia de fabricación, a su cliente, el taller de Montaje, donde se unirá finalmente a la carrocería en la línea Fahrwerk. El macroconjunto se compone del motor y la caja de cambios, la instalación eléctrica, el subconjunto de dirección y el subconjunto de suspensión delantera. Como podemos ver, en este proceso no interviene la carrocería para nada. Decir que la planta recibe el bloque motor, mecanizado en Alemania, y en el taller de Motores sólo lo completa.

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.

Entre el primer y segundo área existe un almacén secuenciador cuya función es gestionar los lotes de motores producidos y suministrarlos secuenciados, de acuerdo con la orden de fabricación de carrocería correspondiente. Es decir, 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

2.2. El Proceso

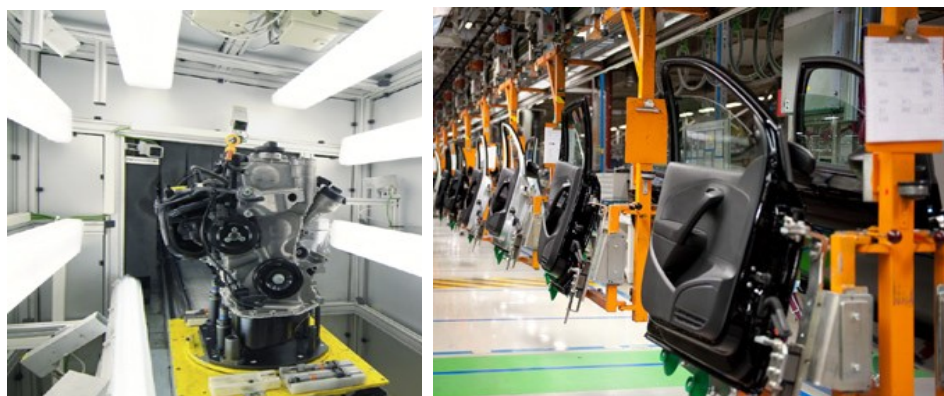


Figura 2.15: Taller de Motores

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.

Las puertas, por su parte, son desmontadas a la entrada de la carrocería en Montaje y enviadas al área de Guarnecido de Puertas del taller de Motores. Aquí se completan y se devuelven después otra vez a Montaje, donde se ensamblan definitivamente al vehículo al que pertenecen. Existen dos líneas, con una capacidad de 1.250 y 420 conjuntos.

Con el nuevo modelo, las variaciones en el taller han sido mínimas. La automatización y organización del proceso de montaje de las piezas es similar a la de modelos anteriores. La novedad más notable ha sido la instalación de un nuevo robot en la segunda zona en el tramo donde se incorpora el conjunto motopropulsor.

El motor y las puertas salen del taller de Motores preparados para ser montados con el resto de elementos que componen el coche en el taller de Montaje.

Montaje

La labor de este taller es 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 se realiza según el paso de la carrocería por cada estación. También se procede en estas estaciones al llenado de líquidos: carburante, refrigerante, líquido de frenos, ...

2.2. El Proceso



Figura 2.16: Taller de Montaje

La actividad comienza cuando la carrocería, que sale secuenciada del almacén del taller de Pintura, llega al punto de lanzamiento. A partir de este momento incorpora un cartelino donde se especifican las características del vehículo, según la composición requerida por el cliente. Basándose en él, todos los grupos de montaje comienzan a trabajar para el coche reconocido.

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. Cuando llega al tramo cuatro, y una vez colocadas las ruedas, la carrocería abandona este sistema para ser trasladada por suelo.

En las líneas de montaje se utilizan muebles específicos para suministros Justo a Tiempo (JIT). En cada tramo se adapta la altimetría de la línea a cada nuevo proceso de trabajo y así se obtiene una mejora considerable de la postura.

En el lanzamiento del A05 el taller de Montaje ha sido uno de los escenarios clave. Los cambios en el abastecimiento de material han mejorado los tiempos de producción. Mejora que se ha logrado también gracias a la nueva filosofía de organización del trabajo. Con ello se han eliminado los desplazamientos, los tiempos muertos y se ha aumentado la secuenciación. Estas modificaciones suponen un desarrollo en los puestos de trabajo, que además han sido optimizados para mejorar la ergonomía de los empleados.

Los coches ya acabados ya están listos para someterse a las pruebas finales.

Revisión Final

En Revisión Final se trabaja con el coche acabado. Es el último taller del proceso productivo y complementa la labor del taller de Montaje realizando la comprobación y los ajustes necesarios para que el coche reciba el visto

2.2. El Proceso



Figura 2.17: Revisión final

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 está dividida en dos zonas de trabajo por las que pasa la totalidad de los 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 (prueba de verificación de centralitas, control de las variables del motor y test de contaminación en motores TDI), prueba de pista y prueba de lluvia.

Finalmente se lleva el coche a la línea de Revisión Final, donde se realiza un examen global, y a continuación, se le da una capa de cera que lo protegerá durante el transporte y la estancia en las campas de distribución.

Las instalaciones utilizadas en este taller se han adaptado a la llegada del A05. El nuevo sistema operativo permite configurar las centralitas en la zona de convergencia, calentamiento, rodillos y LEP. Entre las instalaciones que se han modificado, se encuentran las máquinas de regulación de faros y la zona de recogida de líquidos tras la prueba de lluvia.

Se ha ampliado también el proceso con una máquina de pegado de los folios de protección exterior y montaje de tacos de bloqueo de la amortiguación anterior. Así nos aseguramos de que el coche no sufra ningún imprevisto antes de entregarse a la Red Comercial.

2.2. El Proceso

2.2.3 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, tal y como se vio en el subapartado 2.2.2.

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 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 Taller 1 y el Taller 1B. El primero se dedica a la construcción de la carrocería sin elementos móviles y consta a su vez de dos fábricas simétricas con una capacidad de producción de 775 carrocerías diarias cada una. En el taller 1B, se encuentran las instalaciones donde se fabrican los elementos móviles, es decir, puertas posteriores y anteriores, capo y portón, y donde se ensamblan finalmente estas partes móviles a las carrocerías en la línea finish ayudados por una serie de manipuladores manuales. Este taller cuenta también con dos fábricas exactamente iguales, cada una de ellas con una capacidad productiva de 775 piezas al día.

Una curiosidad de esta línea finish de ensamblaje de elementos móviles y que ha traído bastantes problemas en su instalación, es que 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.

La actividad llevada a cabo en Chapistería se caracteriza por su alto grado de automatización, entorno al 95%: 439 robots (Taller 1) y 95 (Taller 1B) se encargan de manipular, soldar y aplicar masillas. Para el actual modelo se fabrican ocho tipos de carrocerías diferentes, resultado de la combinación de cuatro techos (normal, abrible, Cross normal y Cross abrible) y dos versiones de laterales (2 ó 4 puertas). Además y de forma general para todo el taller, en la línea 1 se producen carrocerías de 2 y 4 puertas mientras que en la línea 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

2.2. El Proceso

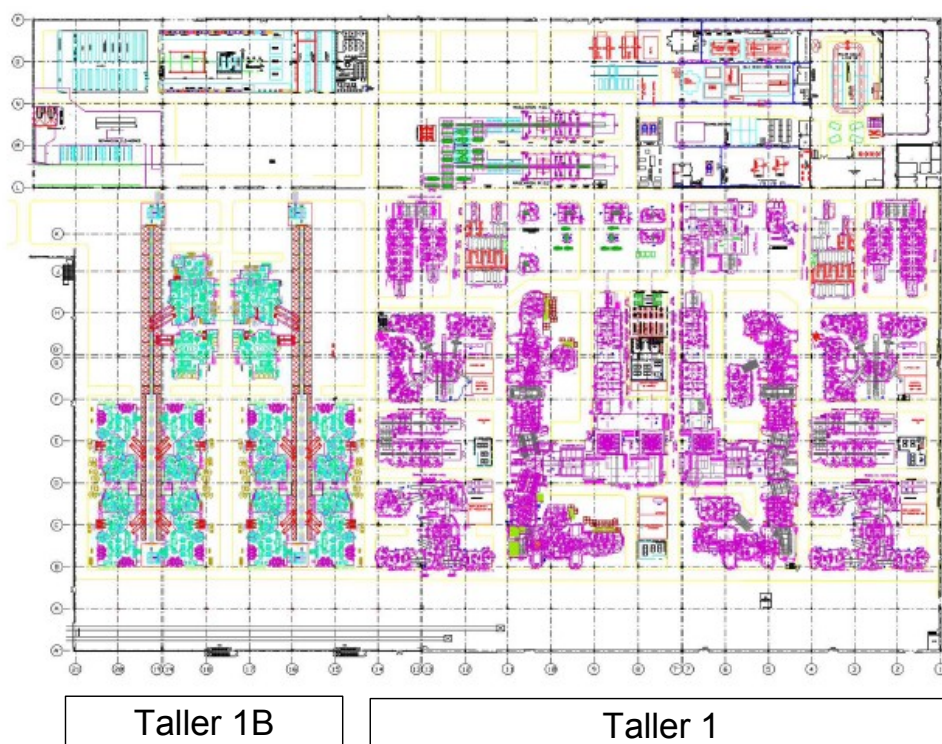


Figura 2.18: Lay-out Chapistería

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.

El proceso 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

2.2. El Proceso

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, a partir del nuevo lanzamiento, 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 que 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, en esta misma instalación, 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.

Una vez que se tiene la carrocería perfectamente soldada se lleva a la línea finish. 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. Al final de toda la longitud de la línea se realiza el repaso final. Sólo de este modo se obtiene la carrocería del coche

2.2. El Proceso

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. El transporte de la carrocería en fase de construcción entre las diferentes instalaciones del taller de chapa se realiza mediante los Skid o transporte elevado. Este tipo de transporte constituye una línea con diferentes tramos. Esta línea Skid está controlada por autómatas y guiada por cintas monitorizadas, cuando la carrocería se desplaza lateralmente, y por mesas de rodillos cuando avanza hacia delante. Además existen también elevadores de correa, mesas de elevación y mesas giratorias.

En la imagen 2.19 se muestra un esquema del proceso que realiza una carrocería a lo largo del taller de Chapistería.

2.2.4 Portón

La instalación donde se fabrica el portón del coche está ubicada en el taller 1B de la nave de Chapistería. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, este taller cuenta con dos fábricas completamente simétricas, luego en realidad se tienen dos instalaciones para la fabricación del portón exactamente iguales, cada una de ellas con una capacidad de producción máxima de 775 piezas al día.

Cada una de ellas cuenta con un total de ocho robots, todos ellos de la marca FANUC, aunque son de distintos tipos según el trabajo que desempeñen: robots de soldadura por resistencia, robots de manipulación y robots de aplicación de masilla. La comunicación de todos ellos con el autómata se realiza a través de Interbus.

Como se ha dicho en el primer párrafo, la capacidad máxima de esta línea es de 775 portones al día. No obstante esta es una cifra que debe alcanzar el propio taller bajo su responsabilidad y según el transcurso o desarrollo del propio producto. Recordemos que la empresa se encuentra en la etapa final de lanzamiento del nuevo vehículo VW 250, proyecto A05. Por lo tanto, a fecha de realización del presente trabajo, la capacidad exigida a la empresa encargada de montar la instalación de portón es de 700 piezas al día. El resumen de la línea es el que se muestra en la tabla 2.2.

La instalación está dividida en las siguientes estaciones:

- *Estación 1.* Estación de carga y de soldadura.
- *Estación 2.* Estación de despaletizado de armazón, de aplicación de adhesivo y de soldadura completa.
- *Estación 3.* Estación de despaletizado de piel y de aplicación de adhesivo.

2.2. El Proceso

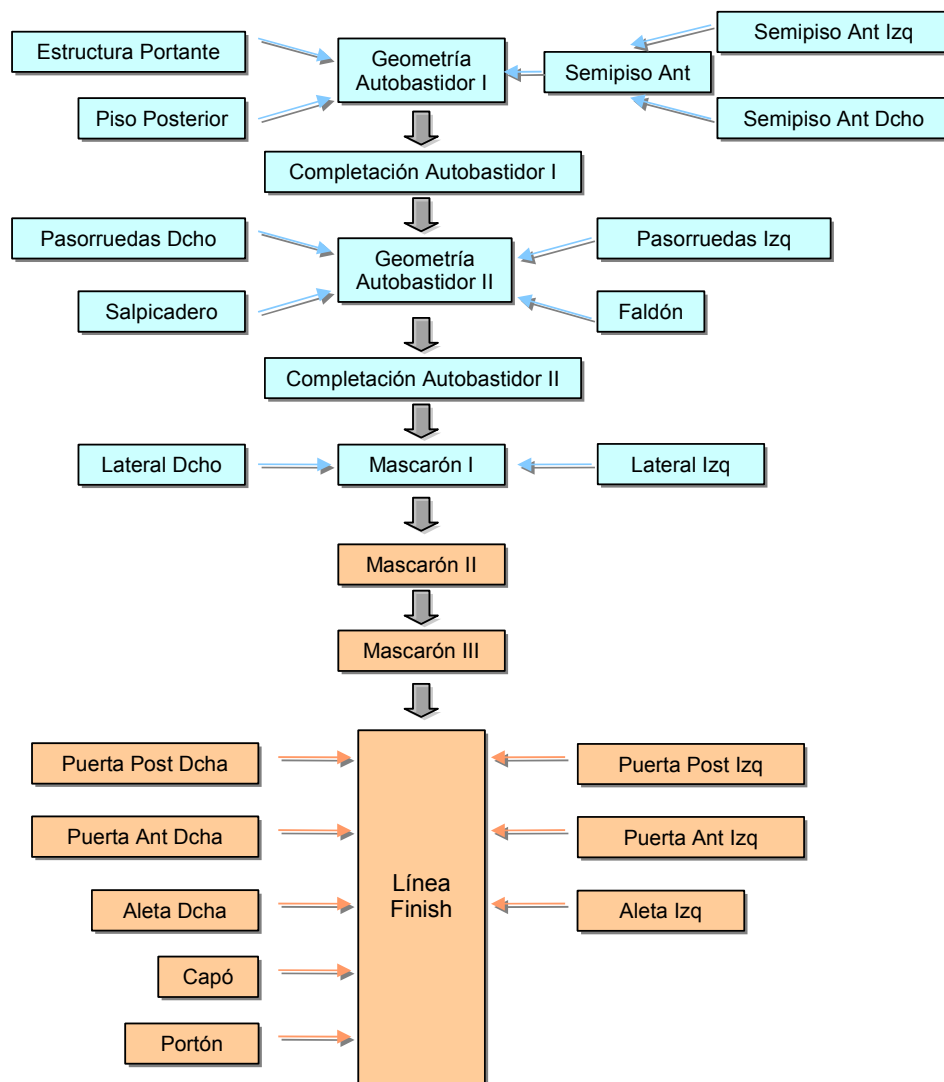


Figura 2.19: Proceso productivo de cada línea en el taller de Chapistería

- *Estación 4.* Estación de preengrapado y engrapado final.
- *Estación 5.* Estación de soldadura y de gelificación.
- *Estación 6.* Estación de carga, soldadura, engatillado y atornillado.
- *Estación 7.* Estación de salida.

A continuación se muestra la secuencia de montaje por estación que sigue el portón desde el momento que son introducidas todas las partes de forma individual en la instalación, hasta que sale el conjunto portón listo para ser acoplado a la carrocería.

2.2. El Proceso

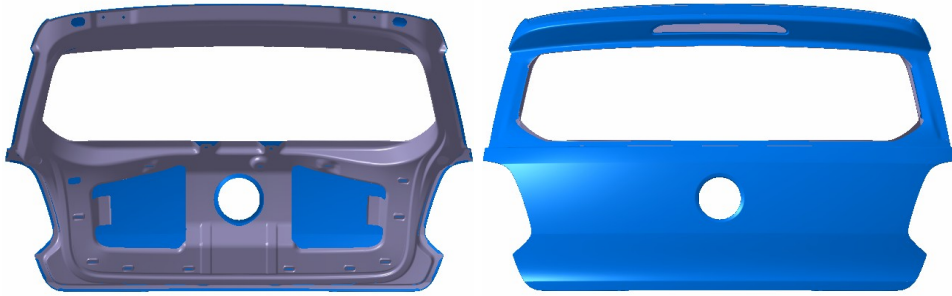


Figura 2.20: Portón VW 250 A05. Vista interior y exterior

	CON PAUSAS	SIN PAUSAS
PIEZAS	700 piezas/día	700 piezas/día
TIEMPO DE TRABAJO	1250 min./día	1380 min./día
TIEMPO RESERVA (*)	107 s	118 s
Disponibilidad Técnica	85%	85%
Cantidad útil (**)	83%	75%
Tiempo ciclo	89 s	89 s

$$(*) \text{ Tiempo reserva} = \frac{\text{Tiempo de trabajo}}{\text{Piezas}}$$

$$(**) \text{ Cantidad útil} = \frac{\text{Piezas} \cdot \text{Tiempo ciclo}}{\text{Tiempo de trabajo}}$$

Tabla 2.2: Resumen línea

Estación 1

Esta estación consta de dos puestos. En el primero de ellos tiene lugar la carga manual sobre la mesa giratoria de las siguientes piezas, las cuales irán después unidas al armazón interior del portón:

- Conjunto refuerzo amortiguador (izquierdo y derecho).
- Conjunto refuerzo bisagra (izquierdo y derecho).
- Conjunto refuerzo cerradura.
- Refuerzo guía cables (sobre conjunto refuerzo bisagra izquierdo).

Se acciona el pulsador para cerrar la ventana de protección, bloquear las piezas sobre la mesa de carga y girar ésta 180° automáticamente.

2.2. El Proceso

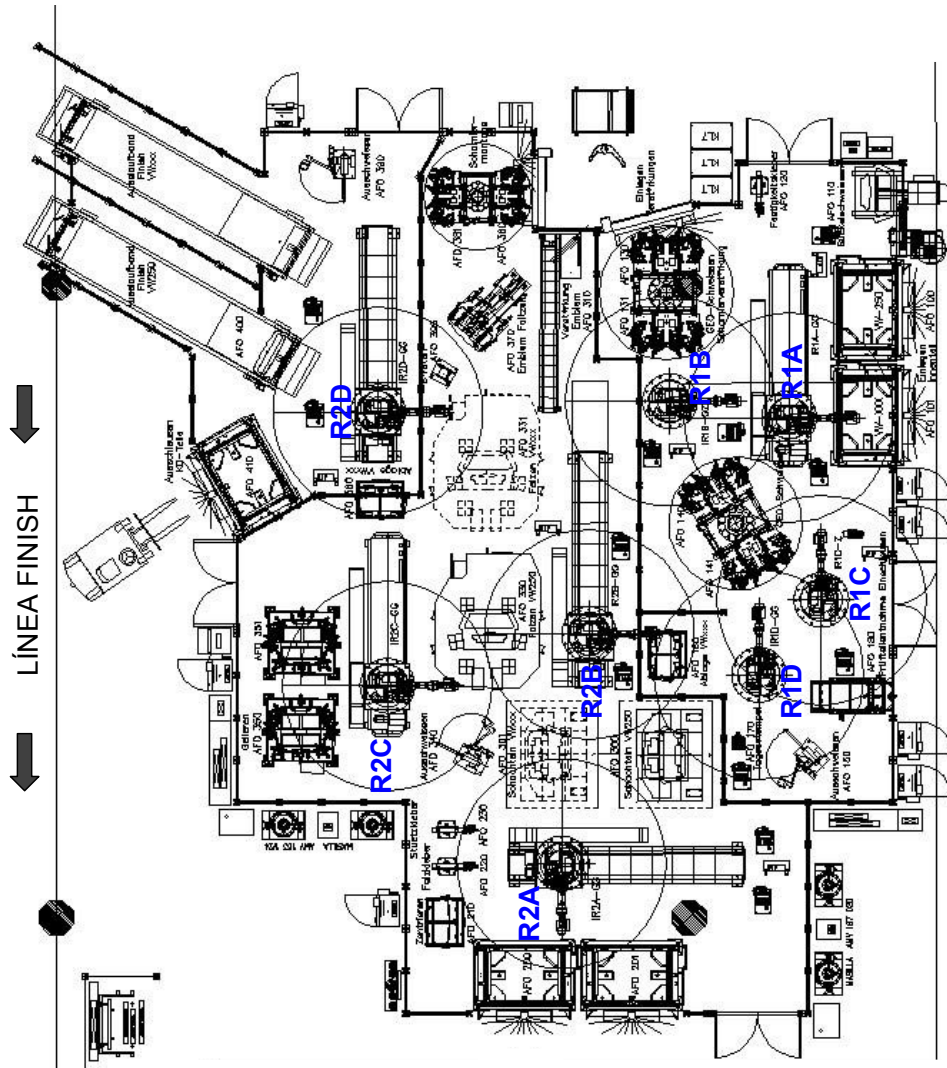


Figura 2.21: Lay-out instalación de portón

En el segundo puesto se efectúa la soldadura de unión entre el refuerzo guía cables y el conjunto refuerzo bisagra izquierdo. Se trata de una operación que requiere exclusivamente de dos puntos de soldadura a cargo de la pinza de soldadura del robot R1B.

A continuación se desbloquean las piezas automáticamente y se extraen de la mesa giratoria con el manipulador, una vez más, del robot R1B (es preciso esperar al cambio de herramienta), a excepción del conjunto refuerzo cerradura, el cual se extrae mediante el robot manipulador R1A.

2.2. El Proceso

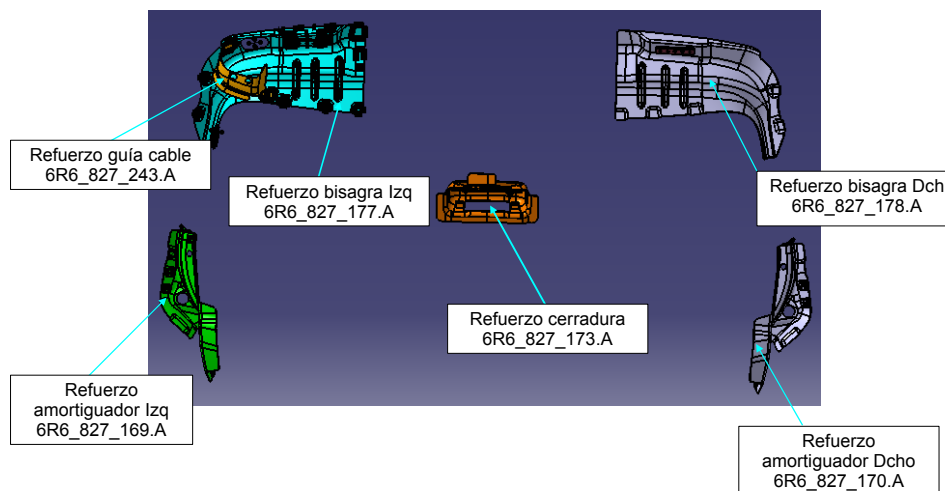


Figura 2.22: Estación 1

Estación 2

En esta estación, el robot R1A descarga o despaletiza automáticamente el armazón interior del portón del contenedor. Seguidamente se dirige a las estaciones fijas de punzonado, donde se abren dos pequeños orificios a la chapa, de marcado o fechado de la pieza, de soldadura de los tres pernos del soporte del motor limpiaparabrisas y de aplicación de una serie de cordones de mástico de aproximadamente 250 mm de longitud total, sobre la zona del armazón donde posteriormente irán ubicados los conjuntos refuerzo amortiguador y refuerzo bisagra.

Antes de depositar finalmente el armazón sobre una nueva mesa giratoria, acude el robot R1A a la mesa de carga de la primera estación para recoger el refuerzo cerradura y depositarlo sobre la citada mesa. Con el armazón ya posicionado en la mesa, el robot R1B descarga sobre éste las piezas que también ha recogido de la primera estación.

En ese momento, cuando los sensores confirman la presencia de todas las piezas, quedan éstas nuevamente bloqueadas y la mesa gira hasta el puesto de soldadura completa, donde el robot R1C da 17 puntos de soldadura y el robot R1D 22, para terminar de fijar las piezas cargadas en la estación 1 con el armazón interior del portón.

A continuación se desbloquean las sujeciones (bridas) automáticamente y se extrae el conjunto interior del portón de la mesa giratoria con el robot manipulador R2B.

2.2. El Proceso

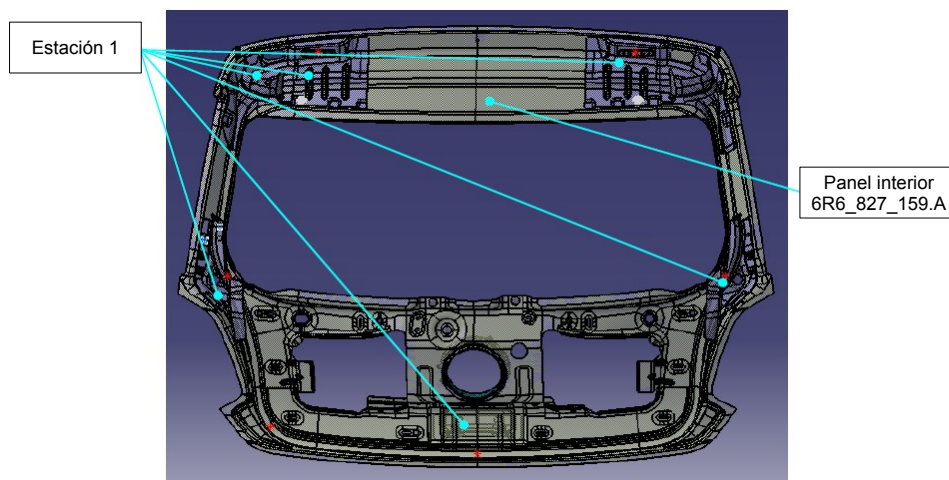


Figura 2.23: Estación 2

Estación 3

Automáticamente se descarga del contenedor el revestimiento exterior del portón por medio del robot manipulador R2A. Seguidamente se dirige a la estación fija de aplicación de masilla, donde se le aplica primero un par de cordones de adhesivo estructural a lo largo del perímetro de la pieza y del contorno de la zona del emblema, cordones de 4.000 mm y 480 mm de longitud aproximada respectivamente, y después otro de adhesivo antivibrante de 1.250 mm. A continuación el mismo robot manipulador R2A deposita el panel exterior sobre una mesa de ensamblaje.

Estación 4

El manipulador del R2B deposita el conjunto interior del portón extraído de la estación 2 sobre la misma mesa de casamiento donde previamente ya ha sido colocado el panel exterior. Se activan los accionamientos de la mesa y se produce el ensamblaje del conjunto. Al mismo tiempo la pinza de soldadura del mismo robot R2B completa una primera soldadura del conjunto de 8 puntos.

A continuación el mismo robot R2B coge el conjunto portón, conjunto interior y revestimiento exterior, y lo deposita en la mesa de engrapado. Se inicia el proceso de engatillado con la prensa hidráulica y, una vez finalizado, se abren las ventosas y se desbloquea el conjunto.

2.2. El Proceso

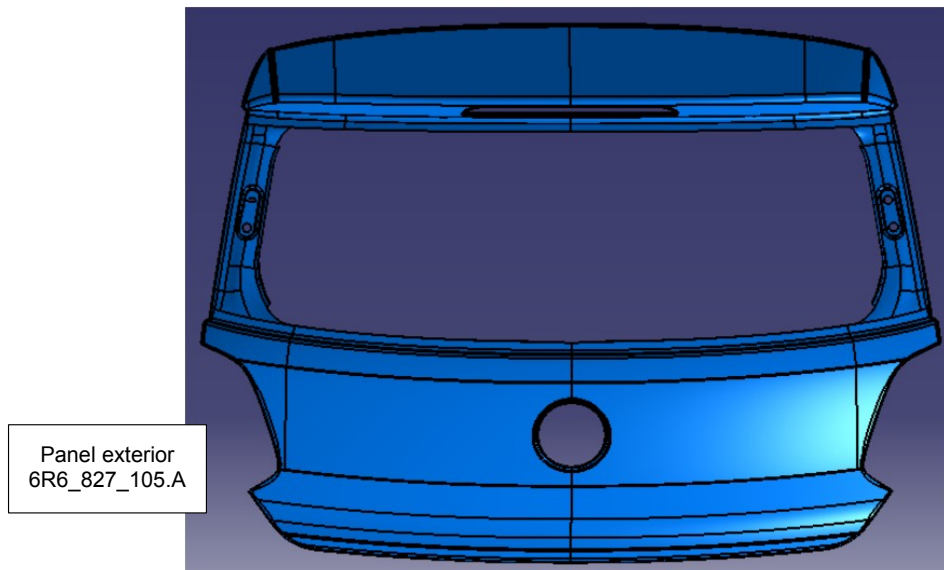


Figura 2.24: Estación 3

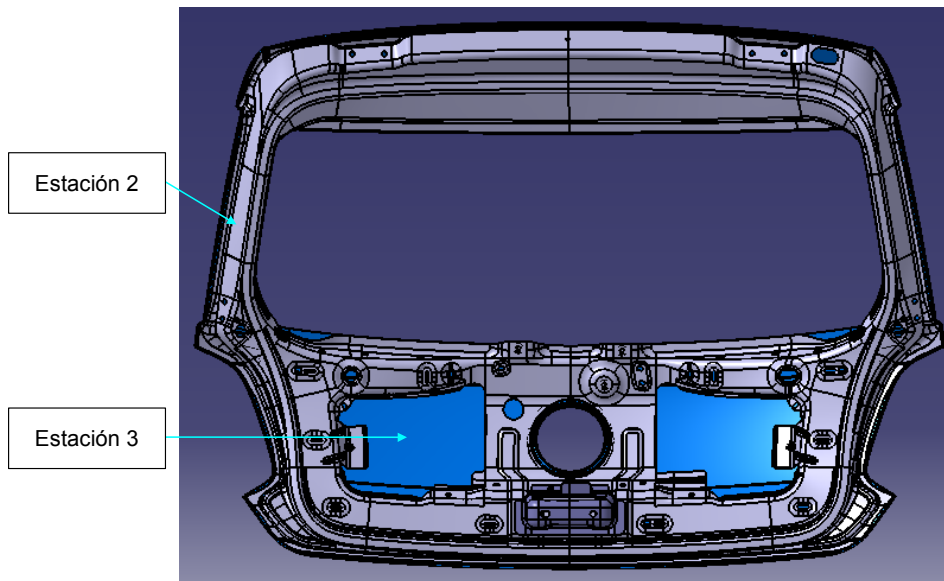


Figura 2.25: Estación 4

Estación 5

En esta estación se produce la solidificación de la masilla por inducción. Se carga el conjunto portón por medio del robot R2C sobre el útil neumático con cobre para el calentamiento por inducción de los cordones de adhesivo

2.2. El Proceso

y se descarga sobre una mesa de depósito, también por mediación del robot R2C.

No obstante, antes de que se produzca la gelificación, el robot manipulador R2C transporta el conjunto desde la engrapadora hasta una estación fija de soldadura en la cual se dan otros 16 puntos de soldadura.

Estación 6

Manualmente se carga el refuerzo emblema sobre una cinta transportadora. En el momento que llega a la posición de recogida, el robot R2B se encarga de descargar ese refuerzo y conducirlo hasta el puesto de engatillado, donde finalmente lo deposita.

También se produce en esta estación la carga manual sobre la mesa de atornillado de las bisagras derecha e izquierda y de los cuatro tornillos para su anclaje al portón, dos para cada bisagra.

En el primer puesto de esta estación el robot manipulador R2D, acude a la mesa de depósito de la estación 5 para recoger el conjunto portón. A continuación se dirige a una pinza estática para completar la soldadura del conjunto con los 4 últimos puntos. Seguidamente se dirige al puesto de engatillado donde se produce la embutición del refuerzo emblema en el conjunto portón y cuando termina esta operación, ya sólo le queda dirigirse a la mesa de atornillado donde finalmente se acoplan las bisagras.

Por último cabe también la posibilidad de acudir al puesto de limpieza donde retirar o cepillar los posibles restos de masilla perimetral que pudieran haber rebosado durante el engrapado, aunque actualmente esta opción se encuentra deshabilitada.

2.2. El Proceso

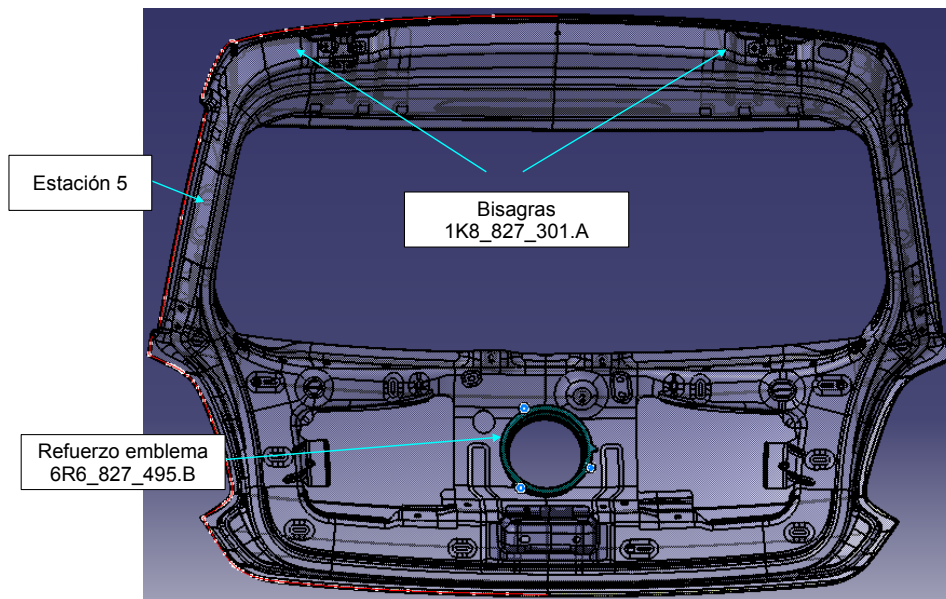


Figura 2.26: Estación 6

Estación 7

Una vez el conjunto portón ya ha sido terminado, sólo queda darle salida a la línea finish para ser montado sobre la carrocería o al contenedor si lo que se desea es fabricar piezas de reserva cuando el stock es elevado.

Así pues el robot R2D deposita el conjunto portón bien en la cinta transportadora dirigida a la línea de montaje para junto con el resto de partes conformar la carrocería del coche, o bien en el contenedor si son piezas de repuesto.

En el anexo A se recoge un resumen de todas las operaciones realizadas en la instalación.

2.2. El Proceso

PIRÁMIDE GRÁFICA PORTÓN VW 250

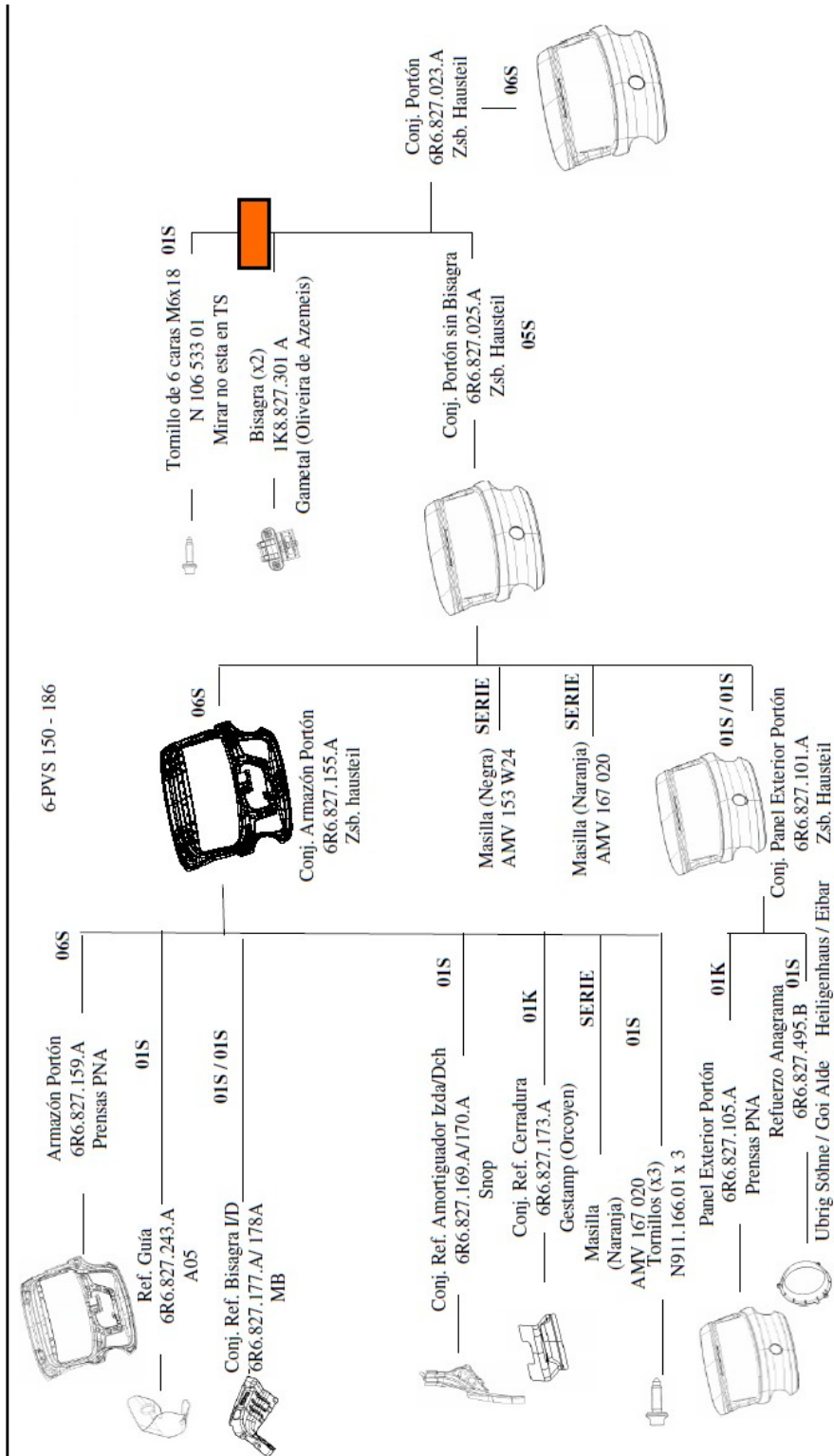


Figura 2.27: Pirámide gráfica portón VW 250 A05

Fundamentos del Método de Mejora de Disponibilidad

3.1 Introducción: Sistemática y Filosofía

El *Practical Problem Solving* (PPS) es un método de mejora que tiene como objeto la resolución de problemas que reducen la disponibilidad de las instalaciones, para lo cual tiene que ser capaz de proporcionar las herramientas adecuadas para cada situación concreta que permitan básicamente:

- Reconocer las causas reales de los errores, sin tratar los síntomas.
- Establecer una rutina para una solución rápida, estructurada y sostenible de los problemas.
- Otorgar un procedimiento sistemático y rentable.

Para ello parte de la idea de que lo que se observa se puede medir y lo que se puede medir, se puede solucionar y mejorar. Tiene cuatro reglas básicas de evaluación:

- Para solucionar y, por tanto, mejorar, es imprescindible medir.
- Hay que medir correctamente.
- Se deben visualizar los resultados así como las mejoras potenciales.
- Mirar en otras plantas y emplear sus buenas prácticas sin prejuicios.

Por otro lado, la solución de problemas es algo obvio para todo el mundo, pero el procedimiento a seguir en su resolución no está tan claro. Este procedimiento consiste en:

3.1. Introducción: Sistemática y Filosofía

- Verificar el problema en cuanto al empleo de las herramientas para la solución de problemas (solución rápida ad-hoc o *Workshop* de solución de problemas).
- Definir la herramienta o el proceso de solución del problema.
- Preparar la solución del problema (recopilar datos, consultar a las personas involucradas, preparar el proceso de solución, empleo de una lista de chequeo).
- Llevar a cabo el proceso de solución de problemas.
- Dado el caso, realizar un *Workshop* específico.

Como conceptos básicos a la hora de encontrar la solución adecuada, se ha de tener en cuenta que:

- La solución del problema ha de tener lugar en la base (muchos solucionadores de problemas, solución del problema in situ).
- Hay que mejorar la competencia para solucionar problemas del personal: aprender a ver, a diferenciar entre los síntomas y las causas y aprender a describir.
- La solución del problema ha de ser rápida y concreta.
- La solución del problema ha de realizarse en muchos pasos pequeños.
- Las soluciones han de tener un efecto duradero (eficacia medible).
- Las propuestas para solucionar los problemas han de estar estandarizadas.
- Entender, dominar y vivir la calidad.

Este proyecto de mejora de la disponibilidad es necesario porque de acuerdo con los contratos de compra de las nuevas líneas e instalaciones de fabricación del nuevo modelo Polo A05, el nivel actual de disponibilidad técnica en la instalación del portón no llega al valor contratado de 85%. Del mismo modo, se exige un porcentaje de averías técnicas inferior al 10%, objetivo que tampoco se cumple. Las fases de lanzamiento y producción de prototipos y preseries ya han concluido, pero todavía existen grandes deficiencias en la planta que impiden llegar a estos objetivos y que, por tanto, imposibilitan la aceptación final de las instalaciones.

Coexiste, por tanto, un problema de costo asociado a la baja disponibilidad de las instalaciones. El bajo número de piezas fabricadas

3.1. Introducción: Sistemática y Filosofía

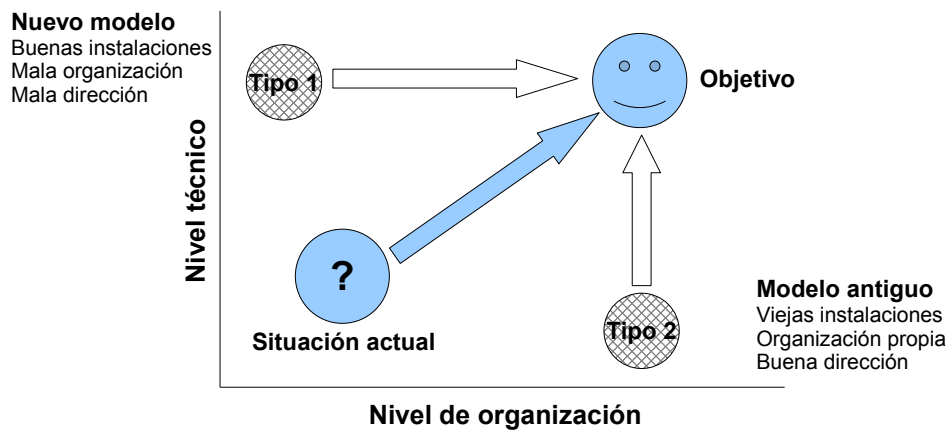


Figura 3.1: Posible situación actual de la planta

al día y la tasa de incidencias hacen imposible cumplir con los plazos establecidos generando una ganancia y un retorno de capital inaceptables. Los principales puntos en los que se centra la pérdida de disponibilidad son:

- *Organización.*
- *Planificación.*
- *Procesos.*
- *Mantenimiento.*
- *Producción.*
- *Calidad.*
- *Logística.*

Desde el punto de vista de la técnica y la organización, la planta se encuentra en la situación mostrada en la figura 3.1.

Para poder llegar a un nivel de disponibilidad del 85% con un porcentaje de averías técnicas inferior al 10%, el cual permita la fabricación de la cantidad de carrocerías estipulada por el departamento de Planificación sin necesidad de desviar recursos extraordinarios y, en consecuencia, lograr una mayor satisfacción del cliente, es necesario alcanzar un desarrollo técnico y un desarrollo en la organización.

Para ello, los tres principales pasos que hay que seguir son los siguientes:

- *Diseñar y planificar el proyecto:*

3.1. Introducción: Sistemática y Filosofía

- Estructura.
 - Organización.
 - Planes de proyecto.
 - Dirección de proyectos.
 - Métodos.
 - Herramientas.
 - Recursos.
 - Comunicación.
- *Evaluación:*
 - Reuniones y revisiones.
 - Análisis.
 - Defectos.
 - Proyectos de mejora.
 - Desarrollo de conceptos y selección de las áreas con necesidad de mejorar. Selección de las herramientas más adecuadas para realizar las mejoras con la mayor efectividad posible y determinación de los pasos que se deben llevar a cabo para lograr los objetivos. Esto se realiza llevando a cabo un taller denominado comúnmente *Workshop*.

3.1.1 Área Técnica

La base necesaria para el desarrollo técnico la forman la disponibilidad y la fiabilidad de los equipos, el EHS (seguridad, higiene y medio ambiente) y el orden y limpieza (5S). Esto se complementa con una calidad, tiempo y costes eficientes, y con una buena rentabilidad.

Siguiendo los pasos descritos anteriormente lo primero que se debe realizar es una recopilación de datos actuales sobre las incidencias acaecidas en la instalación, valoración del estado de las distintas máquinas y partes de la misma y datos relacionados con la producción y los tiempos de ciclo.

Cuando estos datos están recopilados, se evalúan, se determina el nivel de disponibilidad de la instalación y se definen los principales problemas así como las posibles carencias.

Por último, se seleccionan las áreas a mejorar, la herramienta con mayor efectividad y se determinan los pasos de mejora para acabar con el problema.

En términos generales, para aumentar la disponibilidad es necesario eliminar los problemas y reducir los tiempos de ciclo.

3.1. Introducción: Sistemática y Filosofía

Por problema se entiende en este caso todo aquello que impide que la disponibilidad de las máquinas sea la adecuada, y que, por tanto, se puede cuantificar numéricamente, tanto en número de piezas no producidas como en minutos de parada de la instalación que suponen, lógicamente, la no producción de esas piezas. Dicho de otra forma, problema es toda aquella diferencia existente entre la situación deseada y la situación actual de disponibilidad.

Para poder dar una solución a esos problemas es necesario estudiar los motivos principales por los cuales se produce la no disponibilidad, los cuales se recogen en el apartado 3.2.1. Éstos pueden ser:

- Saturaciones.
- Técnicos.
- Calidad.
- Logísticos.
- Producción.
- Tiempo abierto.

Con todos estos datos ya se puede formar un diagrama de disponibilidad de la situación inicial.

En lo que se refiere a los tiempos de ciclo, los que van a tener influencia y que van a ser foco de estudio son los siguientes:

- Tiempo de ciclo de los robots (tiempo de desplazamiento, tiempo de operación, tiempo de espera, tiempo de búsqueda de puntos 0 de equilibrado).
- Tiempo de carga (tiempo ventana cerrada y tiempo ventana abierta).
- Tiempo muerto.
- Otros tiempos.

El resultado del análisis de los datos técnicos de disponibilidad y tiempo fuera de ciclo se va a presentar en unos gráficos como los que se recogen en las figuras 3.2 y 3.3 respectivamente, en los que también se incluyen la situación inicial, los objetivos y los potenciales de mejora.

3.1. Introducción: Sistemática y Filosofía

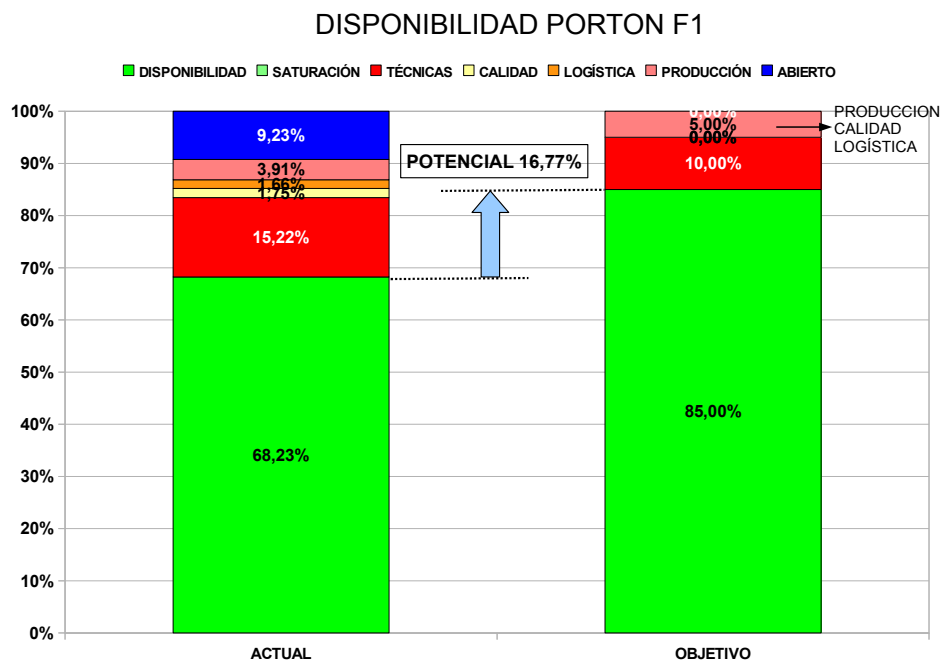


Figura 3.2: Disponibilidad técnica

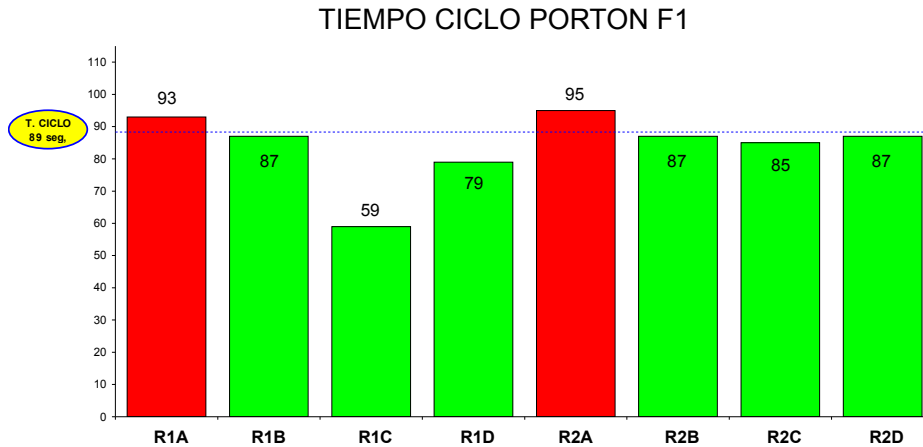


Figura 3.3: Tiempo de ciclo

3.1.2 Área de Organización

El proyecto se va a centrar en lo referente al área técnica. No obstante, también son necesarias determinadas prácticas e informaciones correspondientes a esta área organizativa.

Así pues, en lo relacionado con la organización, la base la forman el

3.2. Fundamentos del *Workshop*

comportamiento del servicio, la comunicación y las normas, la aceptación de mejores prácticas y las distintas misiones y los encargados de éstas. Lo complementan la dirección, la forma de dirección, la cooperación y el equipo.

Así mismo es necesaria información sobre tamaño de lotes, stocks, material recuperado, producciones, productividad, etc. obtenidos del análisis de la planta y de comparaciones realizadas con otros periodos de similares características en la empresa.

3.2 Fundamentos del *Workshop*

3.2.1 Descripción del *Workshop*

En este punto lo que se pretende es realizar la presentación del taller que se lleva a cabo para implantar el método de resolución diaria de problemas que disminuyen la disponibilidad de la instalación del portón. *Workshop* es el nombre genérico con el que se conoce a este tipo de talleres, en los cuales se pone el acento en la resolución de problemas mediante la participación activa de quienes toman parte en él.

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 y, por tanto, de mejora de disponibilidad, tiene ocho etapas principales, tal y como se puede comprobar en la tabla 3.1.

Identificación del problema

Para poder localizar los problemas a lo largo del proceso productivo es necesario tener muy 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 él ha de partir el flujo de comunicación y a él ha de retornar ese flujo revisado.

Así pues se dota a lo conductores de unas plantillas en soporte papel donde recoger las incidencias acontecidas en la instalación a lo largo del

3.2. Fundamentos del *Workshop*

Paso nº	Descripción	Pasos parciales	Descripción detallada
1	Identificación del problema	1.1	Identificar el problema
		1.2	Primera definición del problema “La afirmación”
2	Descripción del problema	2.1	Presentación clara del problema / Descripción de la situación actual
		2.2	Descripción de la situación estándar; especificación teórica, determinar la desviación, influencia + cuantificación
3	Eliminación del síntoma		Medida de corrección a corto plazo “Parche”
4	Investigar el problema	4.1	Encontrar el origen de la causa
		4.2	Análisis / Estratificación del problema (subdivisión)
		4.3	Volver a confirmar la definición inicial del problema y en caso necesario adaptarla
		4.4	Definir el objetivo consensuado
5	Análisis de las causas y valoración	5.1	Determinar las posibles causas principales
		5.2	Comprobar y valorar las causas principales
		5.3	Determinar las causas principales reales / auténticas
6	Derivar las medidas y comprobar su eficacia	6.1	Definir contramedidas y elaborar un plan de medidas
		6.2	Realizar las contramedidas y comprobar la eficacia de los resultados
7	Asegurar el estándar		Estandarizar y evitar que se repita el problema
8	Cesar de forma controlada la medida correctiva a corto plazo		Cancelar (dado el caso) la medida correctiva a corto plazo (ver paso 3)

Tabla 3.1: Resolución de problemas en 8 pasos

turno de producción, a modo de lista de recopilación de errores (ver figura 3.4). 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 deberá indicar el tiempo de parada en su casilla correspondiente. Estas columnas son:

3.2. Fundamentos del *Workshop*

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									
	60									
7	10	39 de 78								
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
8	10	39 de 117								
	20									
	30									
	40		20'				PAUSA			
	50									
	60									
9	10	39 de 156								
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
10	10	39 de 195								
	20									
	30									
	40		10'				PAUSA			
	50									
	60									
11	10	39 de 234								
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
12	10	39 de 273								
	20									
	30									
	40		10'				PAUSA			
	50									
	60									
13	10	37 de 310								
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									

T. PIEZAS

TIEMPO TOTAL

TIEMPO CICLO INSTALACION:	
OBSERVACIONES	
Pulmon lleno	Cadenilla y nicho lleno
LOG.	Fallos logísticos son por ejemplo cuando el carretillero 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 3.4: Plantilla para el registro de incidencias a cumplimentar por el conductor

- Producción.
- Técnicas.
- Pulmón lleno (saturación).

3.2. Fundamentos del *Workshop*

- Logística.
- Geometría (calidad).

Finalmente, para obligar a los conductores a recoger correctamente tanto el tiempo real de duración de la parada como la propia naturaleza de estas incidencias, por muy pequeñas o insignificantes que puedan parecer, se decide suministrar los registros de incidencias en tamaño A0. La idea es favorecer la consecución de una sistemática en la que todo motivo por el cual la instalación no ha fabricado, quede debidamente registrado y, por lo tanto, justificado y además de una forma veraz.

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 índole. 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 bien porque no llegan carrocerías o bien porque la cantidad de stock es excesiva. Por ello, aunque sea un derroche, no es propiamente un fallo de la instalación: no es que no se pueda producir, sino que no se “quiere”.
- *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 (bisagras fuera de tolerancia o mal roscadas, paneles picados, bigorneados o con grietas de prensas, etc.)

3.2. Fundamentos del *Workshop*

- *Logística*

Paradas logísticas son incidencias asociadas a la gestión de materiales: falta de material (paneles exteriores e interiores), 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 limpieza de engrapadoras, preengrapadoras o proyecciones de soldadura en los distintos equipos.

Por encontrarse en estos momentos el taller de Chapistería operando con desplazamiento de pausas, los casos en los que por cualquier motivo, no se hayan podido relevar a los operarios de su puesto, los descansos también se contemplarán como parada productiva.

- *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, cual de ellos se considera problema repetitivo en el tiempo y cual 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. O lo que es lo mismo dicho de otra forma, el 20% de los problemas causa el 80% de la no

3.2. Fundamentos del *Workshop*

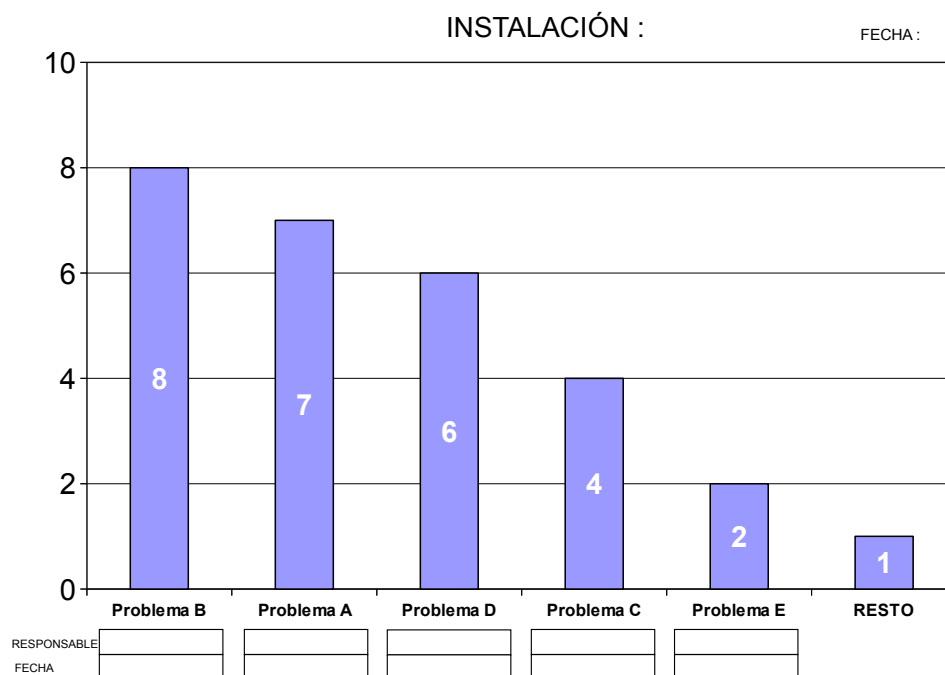


Figura 3.5: Visualización del top 5 de fallos en un diagrama de barras

disponibilidad. 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.

La forma de reflejar visualmente esta información es mediante una serie de diagramas de barras como se muestra en la figura 3.5. Aparte de que es una forma de representación gráfica de errores rápida y sencilla, mediante el registro de varios conjuntos de datos, permite también obtener con la misma rapidez una buena comparabilidad.

Éste gráfico incluye también debajo de la leyenda de cada barra un pequeño cuadro donde anotar la fecha prevista de resolución del problema y el responsable de que ese problema quede solucionado.

Para no perder tampoco de vista el otro 20% aproximado de problemas restantes, los cuales pueden ir evolucionando hasta convertirse en problema principal, se incluye en el diagrama de barras una sexta columna denominada “Resto” donde quedan recogidos dichos problemas.

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

3.2. Fundamentos del *Workshop*

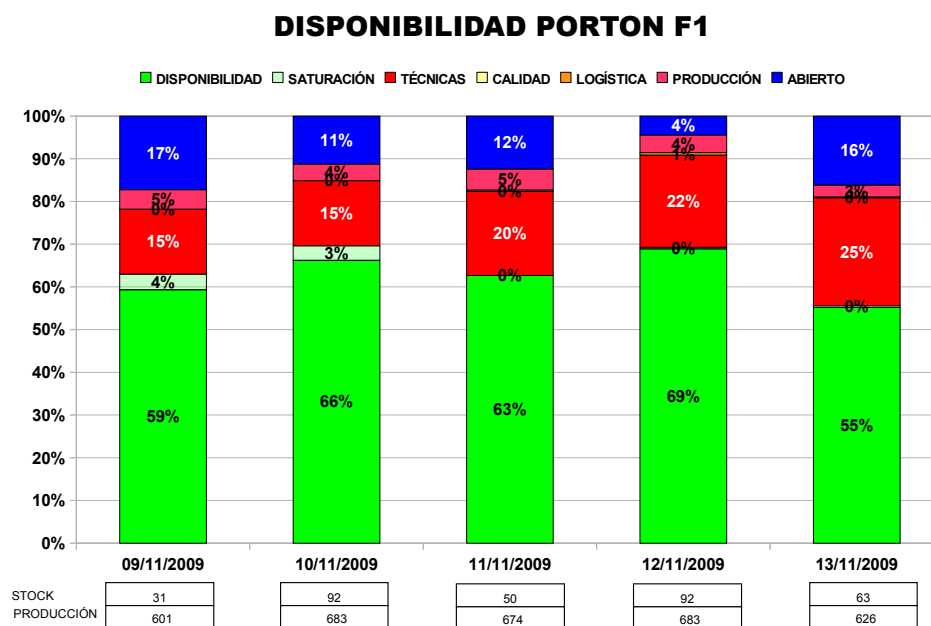


Figura 3.6: Gráfico de disponibilidad

cuales no. A pie de cada barra aparecen también los datos de producción y stock referidos a ese día. Un ejemplo de este tipo de gráfico es el que se muestra en la figura 3.6 (en el anexo B se encuentra un ejemplo de cálculo de disponibilidad).

Este gráfico nos permite comparar la situación real con la situación estándar, la disponibilidad real con la disponibilidad teórica u objetivo. 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.

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 (ver imagen 3.7).

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

3.2. Fundamentos del *Workshop*



Figura 3.7: Tablón de control del proceso en la Sala de Impresión

“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 subdividirá o estratificará 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” [2]. Ésta consiste en preguntarse por qué ha ocurrido el problema y, cuando se encuentra la causa inmediata, que no la causa raíz, a priori complicada de encontrar, 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 porqué, se llegue a la causa raíz, que permitirá 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.

Si no se es capaz de llegar a la causa, cabe replantearse la definición inicial del problema y en caso necesario, adaptarla. Para ello será de gran ayuda

3.2. Fundamentos del *Workshop*

hacer especial hincapié en el replanteamiento de las siguientes preguntas:

- ¿Qué es el síntoma?
- ¿Cuándo se dio la desviación por primera vez?
- ¿Dónde se detecta la desviación?
- ¿Quién ha descubierto la desviación?
- ¿Qué magnitud tiene el problema?

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 sólo 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.

3.2. Fundamentos del *Workshop*

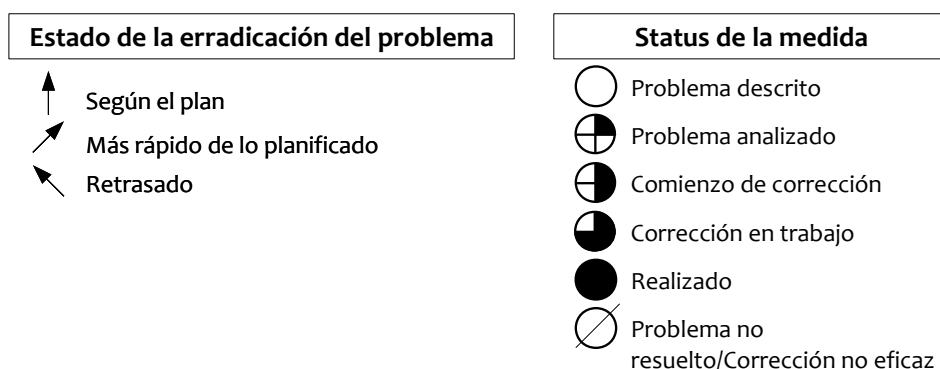


Figura 3.8: Simbología empleada para determinar el estado de la erradicación del problema y el estatus de la medida

En los casos en los que la solución del problema no sea tan evidente, las causas no se conozcan con suficiente claridad o se trate de un problema de suma repercusión, bien por el nivel de pérdidas productivas y económicas que implique o bien por la necesidad de una gran inversión para su resolución, cabrá también la posibilidad de realizar otro *Workshop* específico para ese problema.

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 3.8.

Todo ello irá acompañado en caso de que sea necesario de diversas informaciones adicionales tanto cuantitativas como cualitativas (fotos, croquis, etc.) acerca de la situación real, la evolución del problema y la situación objetivo teórica, o cualquier otro tipo de información de apoyo que se considere oportuna.

3.2. Fundamentos del *Workshop*

Los objetivos que se marquen en el proyecto deben ser específicos, ambiciosos, reales y controlables.

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. Como se verá más adelante en el apartado 3.2.2, se aprovecharán las Rondas de Disponibilidad para tener lugar estas reuniones.

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, y en términos de aumento o disminución de la disponibilidad, tras la finalización del *Workshop*. En ella se contemplará el beneficio obtenido a causa del incremento de la disponibilidad 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 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.

Se toma la decisión de aplicar el método a partir de la semana 46 (segunda semana del mes de Noviembre) y hasta que la situación de crisis se haya solventado, que de cualquier modo, deberá ser antes de la fecha planificada para la aceptación de las instalaciones (primera semana del mes

3.2. Fundamentos del *Workshop*

de Marzo). Se decide también centrar los esfuerzos en las instalaciones que peor disponibilidad presenten. En el taller de Elementos Móviles la instalación escogida es la del Portón, que junto con Puertas Anteriores, es la que menor capacidad real de producción presenta.

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* van a ser 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 *Workshop* puesto ya en marcha en la semana 46, el día empieza con una pequeña batida por las instalaciones del taller para recoger los

3.2. Fundamentos del *Workshop*

partes de incidencias del día anterior y comentar los problemas con los conductores de instalación. Como ya hemos mencionado anteriormente, estas partes están impresos en tamaño A0 y 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, recordemos una vez más, 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 incuestionable 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, en un principio, 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 comentará 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 nos 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

3.2. Fundamentos del *Workshop*

Horarios Reuniones Disponibilidad

Reunión en Sala
 Reunión en la Instalación

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
10:00	Mascarón F1	Portón F1	Mascarón F1	Portón F1	Mascarón F1	Portón F1
10:15	Mascarón F2	Portón F2	Mascarón F2	Portón F2	Mascarón F2	Portón F2
10:30	Lateral Dcho. F1	Puertas F1 y F2	Lateral Dcho. F1	Puertas F1 y F2	Lateral Dcho. F1	Puertas F1 y F2
10:45	Lateral izdo. F1	Lateral izdo. F1	Lateral izdo. F1	Lateral izdo. F1	Lateral izdo. F1	Lateral izdo. F1
11:00	Lateral Dcho. F2	Portón F1, F2	Lateral Dcho. F2	Portón F1, F2	Lateral Dcho. F2	Portón F1, F2
11:15	Lateral izdo. F2	Portón F1, F2	Lateral izdo. F2	Portón F1, F2	Lateral izdo. F2	Portón F1, F2
11:30	Puertas F1, F2	Puertas F1, F2	Puertas F1, F2	Puertas F1, F2	Puertas F1, F2	Puertas F1, F2
11:45						
12:00	Mascarón F1, F2	Mascarón F1, F2	Mascarón F1, F2	Mascarón F1, F2	Mascarón F1, F2	Mascarón F1, F2
13:00						
14:00	Lateral F1, F2	Lateral F1, F2	Lateral F1, F2	Lateral F1, F2	Lateral F1, F2	Lateral F1, F2
14:30						
15:00						

Tabla 3.2: Horarios de las reuniones de Disponibilidad

con su implantación, etc. Se nombrarán responsables de las medidas y se establecerán plazos para la ejecución de esas medidas.

Esta Ronda de Disponibilidad permite también llevar un control de la producción y del proceso. Por ello, 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 será 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.

Finalizada la Ronda de Disponibilidad, los participantes podrán volver a sus tareas cotidianas, entre las que ahora se incluyen, según sea el caso, la investigación profunda de las causas del problema y/o de las soluciones a implantar.

En vista de que es un proyecto de duración de varios meses, para asegurar el compromiso e involucrar a todos los participantes a lo largo de todo el proceso, los participantes deberán firmar en una hoja de asistencia al comienzo de la Rondad de Disponibilidad (ver tabla 3.3). Y es que gran parte del éxito del proyecto dependerá del grado de interés que muestren los

3.2. Fundamentos del *Workshop*

Ronda de disponibilidad Chapisteria Elementos móviles control de presencia Semana__
Moderador Galindo

Diariamente a las: _____ 11h

Requerido
Opcional

Departamentos	Participante	Nr. Tfno	Sustituto	Nr. Tfno	Lun.	Mart.	Mierc.	Juev.	Viern.
Responsable	Echeverria		Galindo						
Mantenimiento	Zurbano		Quiñones						
Procesos	F.Urtasun		Navarro / Lapeire						
Logística	Oloqui								
Schablonenbau (Calidad)	Osés								
ATB	A.Ramirez								
Ingemat	Jorge Campo								
PKW	V.Walter		Fantauzzo						
Task Force Produktion	Schaller		J. Martinez						

Tabla 3.3: Control de presencia de la Ronda de Disponibilidad de elementos móviles

participantes y, por tanto, de la eliminación de actitudes negativas.

3.2.3 Preparación del *Workshop*. Descripción de la Situación Inicial

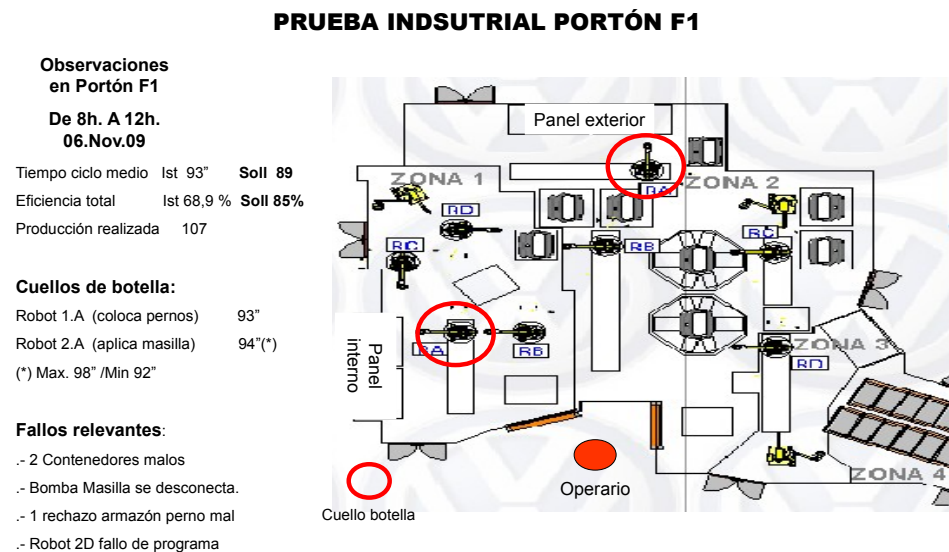
La toma de datos a lo largo de diversas fases del proyecto es clave para cuantificar y, por tanto, evaluar el proceso de mejora de la disponibilidad. Se necesitan datos tanto previos a la realización del *Workshop* como durante su desarrollo y una vez que haya finalizado.

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.

3.2. Fundamentos del *Workshop*



A fin de obtener esta primera información se realiza el 6 de noviembre (semana 45) una prueba industrial en la instalación del portón 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 resultados de esta prueba también se asumirán para el caso de la instalación del portón 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.

El resumen de la prueba industrial previa al inicio del *Workshop*, se recoge en la figura 3.9.

Vista la situación de la instalación a 6 de noviembre y comparándola con los valores teóricos de operación, queda más que evidenciada la necesidad de mejorar la disponibilidad de la instalación, en la cual se basa el desarrollo de este proyecto.

3.2.4 Objetivos

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de la prueba industrial realizada a la instalación del portón de la fábrica 1 el día 6 de noviembre, se establecen los objetivos.

3.2. Fundamentos del *Workshop*

El objetivo es lograr la producción diaria en circunstancias normales de 1.400 portones entre las dos fábricas y para ello, la disponibilidad técnica de cada instalación ha de ser de un 85%, quedando del 15% restante del tiempo, un 10% para averías técnicas y un 5% para paradas por temas organizativos y/o tiempo abierto.

Comparando con los valores actuales de la instalación de fábrica 1, esta meta supone aumentar la disponibilidad un 16,77% y reducir el tiempo motivado por averías técnicas en un 5,22%.

Pero esta disponibilidad, como se ha mencionado en párrafos anteriores, ha de lograrse en circunstancias normales, lo que implica que la instalación tiene que ser capaz de trabajar en tiempo ciclo, esto es, en 89 segundos y con un tiempo disponible total de trabajo diario de 1250 minutos, no de 1380 como viene siendo hasta ahora, es decir, sin desplazamiento de pausas. Por ello un segundo objetivo implícito con la mejora de la disponibilidad es volver al sistema de trabajo ordinario con pausas y sin relevistas.

Por lo que respecta al tiempo de ciclo, comparando una vez más con los datos reales de fábrica 1, el tiempo de fabricación ha de disminuir en 6 segundos aproximadamente.

No obstante, si bien la disponibilidad técnica ha de ser de un 85%, la cantidad útil con el tiempo disponible actual de 1.380 minutos, ha de ser de un 75%, quedando un tiempo de reserva de 118 segundos por portón fabricado, 29 segundos más por pieza (ver tabla 2.2). Esto es así en previsión de alcanzar en un futuro próximo la cifra de 1500 coches producidos al día y de incluso, aunque ya más lejano, fabricar otro modelo en la misma instalación.

Los objetivos de disponibilidad técnica y tiempo ciclo quedan resumidos en las figuras 3.10 y 3.11.

3.2. Fundamentos del *Workshop*

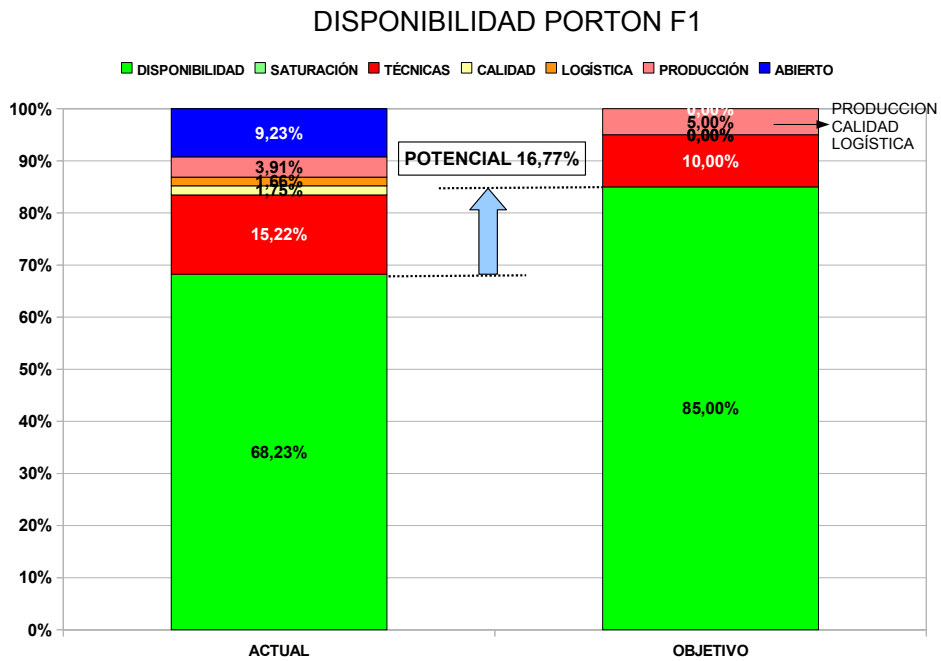


Figura 3.10: Disponibilidad portón F1

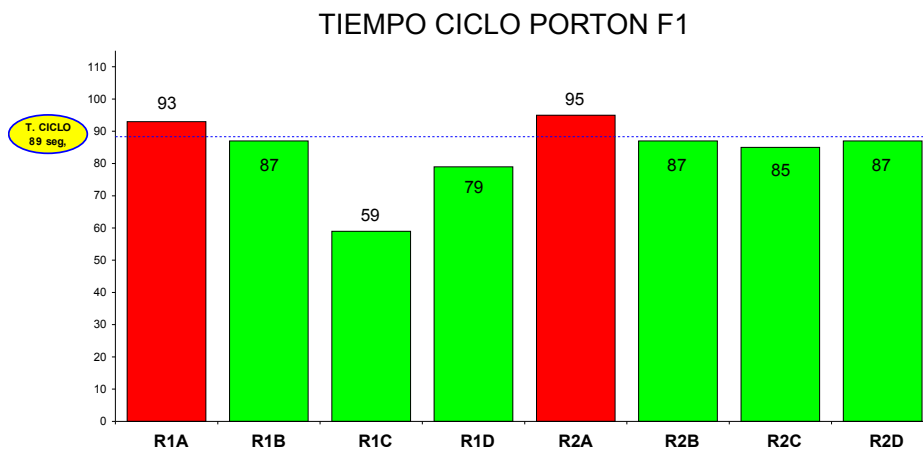


Figura 3.11: Tiempo ciclo portón F1

Desarrollo del Método de Mejora de Disponibilidad

4.1 Desarrollo del *Workshop*

El taller de mejora de disponibilidad, como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, tiene varias semanas de duración. A priori no se es capaz de determinar un valor concreto. Se conoce la fecha de inicio, pero no el momento de cierre, pues todo depende de la evolución de la instalación. Este *Workshop* nace como consecuencia de una situación muy concreta y particular en la empresa, con el único objeto de solventar la baja disponibilidad existente en general en todo el taller y, en particular, en la instalación de portón y, por tanto, hasta que no se logre superar esta situación de crisis y alcanzar los objetivos marcados, no se podrá proceder a su clausura.

En cualquier caso, se estima que, a más tardar, para finales de la primera semana del mes de Marzo (semana 9), los objetivos deberán ser alcanzados, pues es en esta fecha cuando está prevista la aprobación de la instalación al proveedor.

Por contra, el taller apenas conlleva más tiempo de trabajo aparte del estrictamente necesario para su realización. El desarrollo de este taller es diario y ello permite la posibilidad de prescindir de datos anteriores y posteriores a él, puesto que 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. 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, sí que es preciso mantener una breve reunión para establecer los objetivos a cumplir, realizar una pequeña presentación de la metodología a las personas convocados a participar en el taller, y otorgar una primera información a los conductores de la instalación

4.2. Elección de Proyectos

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 portón 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. Un ejemplo de este proceso se puede ver en el anexo B.

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 dos minutos de parada, que a uno que aparece de forma continuada y conlleva el paro de la instalación durante quince minutos cada vez que lo hace. Si se procediera de esta forma, la atención se desviaría de los problemas verdaderamente graves.

De ahí la razón de ser del 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, 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. Sea como sea, en ambos análisis los fallos reflejados son los mismos.

Vemos pues como prácticamente el único criterio 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 los que verse principalmente el trabajo.

No obstante, fallos que se den con una repetitividad mucho menos acusada, pero que en cambio repercutan muy negativamente en el tiempo que la instalación permanece parada sin funcionar, también serán objeto de estudio.

4.2 Elección de Proyectos

De todos los proyectos posibles, como se acaba de ver en el apartado anterior, se seleccionarán aquellos en los que el problema se haya repetido un mayor número de veces y el tiempo perdido debido a esa ineficiencia sea grande, esto

4.2. Elección de Proyectos

es, los problemas más graves. Con los datos obtenidos durante el desarrollo del *Workshop*, se escogen los siguientes proyectos:

- Aplicación de masilla en panel de portón.
- Eliminación de reboses de masilla.
- Optimización del cambio de herramientas (*Docking*).
- Calibre para contenedor de armazón.
- Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos.
- Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo.

De todos ellos, el primer, tercero, cuarto y quinto proyecto, hacen referencia directa a problemas técnicos, mientras que los restantes tratan sobre temas organizativos. En concreto, el segundo afecta principalmente a calidad, y el sexto a tiempo abierto, tiempo de ineficiencia en un principio sin motivo conocido, pero que como se verá en el desarrollo concreto del proyecto, tiene que ver con el funcionamiento de la instalación a velocidad reducida, por lo que puede englobarse también dentro del área técnica. 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.

Como se verá en el desarrollo del primer proyecto, el problema de aplicación de masilla en el panel del portón se entremezcla con otro problema en la recogida o descarga del panel del contenedor. Por ello, bajo un mismo proyecto se dará solución de forma conjunta a dos problemas distintos.

Por otro lado, con el desarrollo del *Workshop*, se aprecia un tiempo de producción excesivo y que en vez de reducirse, por el contrario, cada vez va en aumento. Esto se debe principalmente al tiempo empleado en el cambio de electrodos. Por ello, para contrarrestar este malgasto se propone una medida que además de afectar a los tiempos de parada por producción y averías técnicas, también incide directamente en la organización de la planta. Como se verá en su apartado correspondiente, el aumento de la disponibilidad y los beneficios conseguidos con esta medida son tan elevados que se decide finalmente incluirla como proyecto. Este nuevo proyecto se recoge bajo la denominación:

- Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo.

De la misma forma, y aprovechando la coyuntura ofrecida por el *Workshop*, existe un último problema que, a pesar de que no suponga una

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

disminución de la disponibilidad técnica, motivo por el cual no es detectado durante el desarrollo del *Workshop*, está generando una gran cantidad de chatarra, con el coste que ello conlleva, la cual afecta a la producción neta de piezas. Así pues, se incluye también éste como último proyecto:

- Optimización del chatarreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura.

En definitiva, los proyectos desarrollados finalmente son:

- Aplicación de masilla en panel de portón.
- Eliminación de reboses de masilla.
- Optimización del cambio de herramientas (*Docking*).
- Calibre para contenedor de armazón.
- Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos.
- Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo.
- Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo.
- Optimización del chatarreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura.

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 tendrán 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.

4.3 Definición y Descripción de Proyectos

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, relativamente detallada, del proceso en el cual el problema tiene lugar, para tener una idea clara de cómo este fallo afecta al funcionamiento global de la instalación.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

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 disponibilidad de la instalación de forma cualitativa. Del mismo modo, en los proyectos que sea necesario, el problema se estratificará en problemas más pequeños y sencillos, de los que también se dará una descripción minuciosa.

Por último, se enumerarán las medidas o acciones tomadas para solucionar esos problemas: qué tipo de medida constituye; si es de aplicación inmediata o si, por el contrario, requiere de tiempo para su implantación definitiva; si se trata de una medida únicamente de estudio o análisis o si tiene una repercusión física y real sobre la instalación; si es efectiva o se ha desestimado; etc.

4.3.1 Aplicación de Masilla en Panel de Portón

El robot manipulador R2A se encarga de descargar los paneles exteriores del portón de los contenedores depositados en los nichos correspondientes, e introducirlos dentro de la instalación para efectuar las acciones necesarias que llevarán finalmente a la fabricación del conjunto portón.

Como primera acción en su secuencia de trabajo se encuentra la búsqueda y recogida en geometría del panel del contenedor por medio de un grupo de ventosas, centradores y bridas. Una vez el manipulador del robot se ha hecho con el panel, lo transporta hasta la estación contigua de aplicación de masilla donde, como su propio nombre indica, se administra primero un cordón de masilla estructural a lo largo del contorno de la chapa y de la zona del emblema y ,después, otro cordón de masilla antivibrante en la zona central de la pieza. A continuación, el robot se dirige a una mesa volteadora para que el manipulador libere la pieza y pueda acceder de nuevo a sujetarla pero ya no por su cara exterior, sino por la interior. Por último, el robot deposita el panel con la masilla ya aplicada en una mesa de ensamblaje donde casa con el armazón depositado unos segundos más tarde por el robot R1D. Con el manipulador ya libre, el robot R2A se dirige de nuevo al nicho correspondiente para hacerse con el siguiente panel y empezar una vez más el ciclo. Para más información consultar el anexo A.

El problema que aparece es que la masilla no se aplica en la posición en la que debiera ser administrada. Es decir, que el cordón en el panel sigue una trayectoria distinta a la marcada por la plantilla de diseño. Mientras que en el caso de la masilla antisonora no supone mayor inconveniente, puesto que, debido a la zona de aplicación, existe cantidad suficiente de chapa para absorber las desviaciones sin influir en las prestaciones de adherencia, en el caso de la masilla estructural, se convierte en un serio problema, dada la criticidad de las zonas de aplicación, tanto por el reducido espacio físico existente como por la curvatura de la propia chapa. Existen

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

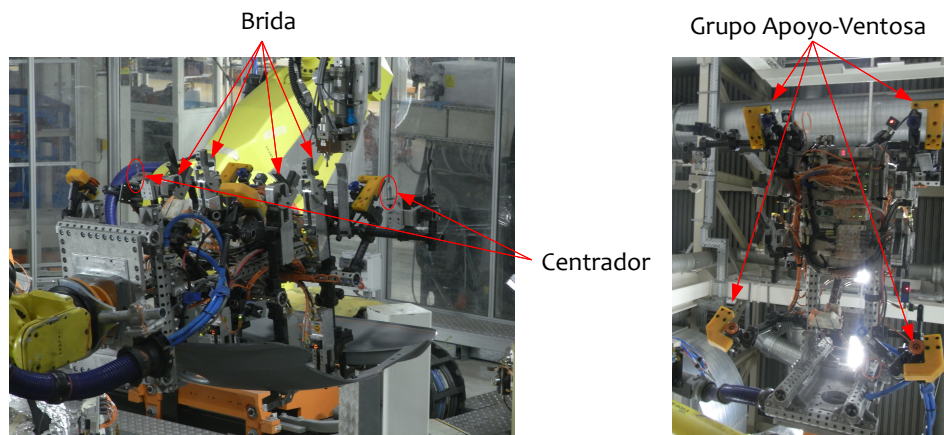


Figura 4.1: Manipulador R2A para la descarga del panel del contenedor

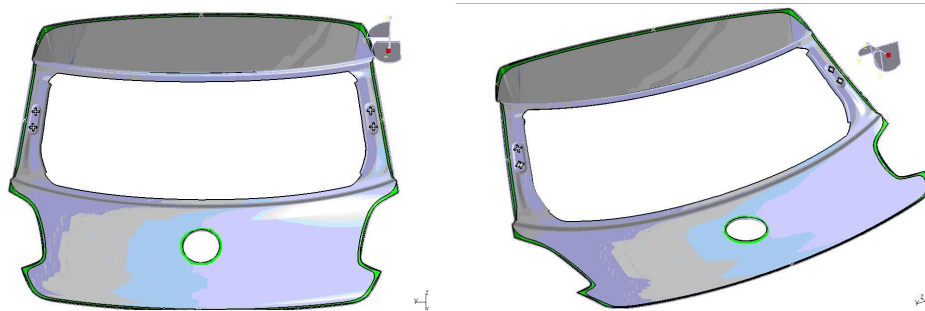


Figura 4.2: Vista esquemática de la zona de aplicación de mástico sobre la piel o panel exterior del portón en la estación 220

indistintamente zonas en la que los dos cordones estructurales (periferia y emblema) se encuentran desplazados hacia el interior del panel y otras en las que directamente no existe cordón, puesto que ha sido aplicado fuera de la pieza. En ambos casos, el efecto es el mismo: la ausencia de masilla que imposibilita un correcto engrapado o fijación entre la piel y el armazón o el refuerzo emblema, según sea el caso, ocasionando problemas de estanqueidad, ruidos y, lo que es más importante, deficiencias en la seguridad del conjunto.

Tras comprobar que los elementos no llevaban masilla y que los parámetros del equipo de aplicación de adhesivo (temperatura, presión, caudal) y el propio programa de manipulación del robot R2A (velocidad, distancia de la boquilla a la chapa y del cordón al límite del panel, longitud del cordón en los distintos tramos, cambios de trayectoria) se encontraban en orden, se puso aún más de manifiesto la gravedad del problema y la necesidad de encontrar una solución urgentemente. Unido todo ello a la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

noción en ese momento todavía no contrastada de que el problema se debe realmente a un fallo en la descarga de los revestimientos del contenedor, se decidió llevar a cabo un *Brainstorming* de ideas en la semana 50 para dar con una serie de soluciones oportunas y eficaces al conjunto de todos los problemas que derivan en una incorrecta aplicación de la masilla.

En primer lugar se observó que el fallo se reduciría si la estabilidad en todo el contorno del panel fuera mayor. Una vez el manipulador ha logrado posicionarse sobre el panel a descargar, son en un primer lugar las ventosas las encargadas de extraerlo del contenedor y, además, de extraerlo en geometría gracias a la activación conjunta de los centradores. Exceptuando este primer momento de separación, son después realmente las bridas las que sujetan e inmovilizan la pieza en los desplazamientos sucesivos del manipulador.

El problema está en la distribución de estas bridas. A pesar de que la propia constitución del manipulador ofrece espacio suficiente para alternar un amplio número de combinaciones posibles para la disposición de sus elementos de sujeción sin interferir unos en otros, las cuatro bridas se encuentran aglutinadas en la parte central del mismo. Ello permite a las zonas periféricas del panel, dadas sus dimensiones, pandear ante la aplicación de mínimos esfuerzos rompiéndose de ese modo la geometría establecida.

Para abarcar un mayor campo de sujeción segura y otorgar así un mayor grado de estabilidad se procede a una redistribución más espaciada de las bridas (ver figura 4.3).

Relacionado con este mismo problema de inestabilidad, pero ya no sólo en el contorno, sino de forma general, nos encontramos con que la consistencia durante todo el proceso de la recogida del panel del contenedor la están dando las ventosas en vez de los apoyos del manipulador destinados para ello. Si comprobamos el diagrama de funcionamiento del robot (ver anexo C), vemos que una vez el manipulador se ha aproximado a la pieza a extraer, primero debería realizar una pequeña carrera de posicionamiento hasta hacer tope con los apoyos, para después activarse los centradores y el vacío de las ventosas y coger definitivamente el panel.

El problema es que las ventosas contactan con el panel mucho antes de que éste haya podido asentarse en los apoyos. Con lo cual, dar a la vez geometría a la pieza mientras se extrae del contenedor es tarea prácticamente imposible. De ahí la inestabilidad del proceso. El manipulador va a coger siempre el panel, puesto que las ventosas hacen contacto, pero con una total incertidumbre acerca del modo, lo que nos hace perder cualquier tipo de control sobre el proceso. Si lo hace en geometría, es por pura casualidad, mientras que lo más probable es que lo haga en una posición incorrecta.

Además tampoco es totalmente seguro que el manipulador logre si quiera coger el panel, puesto que si se fuerza la ventosa a contactar con él o la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

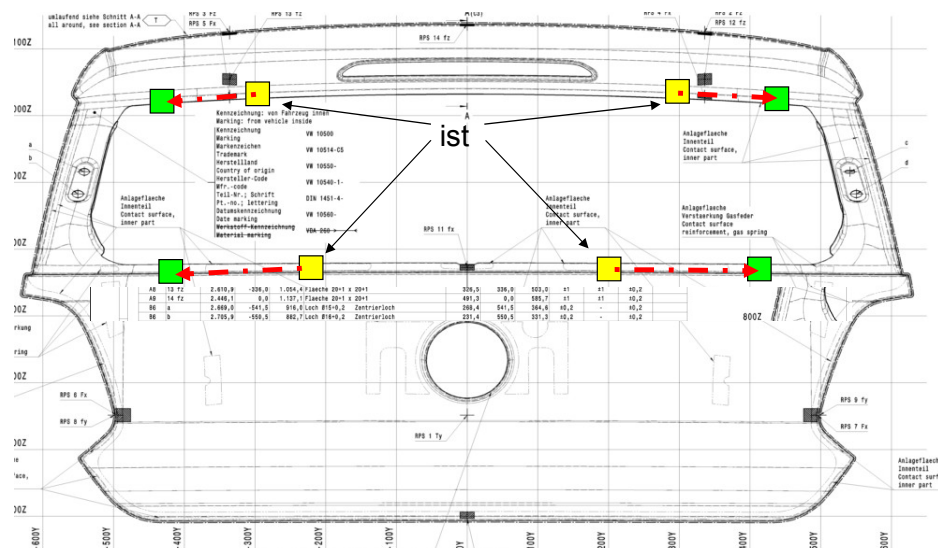


Figura 4.3: Inestabilidad en todo el contorno. Redistribución de las bridas de sujeción

presión entre ambos elementos es excesiva, como ocurre en el caso que estamos tratando, lo más probable, dado el elevado grado de sensibilidad del citado componente, es que se deforme con lo que también pueden aparecer problemas a la hora de aplicar el vacío.

Para atenuar el problema se decide reajustar la correcta altura del grupo de ventosas en el manipulador y sustituir las ventosas planas actuales por otras de tipo fuelle (ver figura 4.4). Así se consigue ampliar la carrera de las ventosas y, por tanto, tener mayor margen de maniobra para que, en caso de que vuelva a desajustarse la altura del grupo, el panel pueda hacer definitivamente tope con los apoyos sin sufrir deformación alguna las ventosas. En la figura 4.5 se puede apreciar una comparativa entre el problema actual, la situación teórica ideal y la solución desarrollada en la práctica.

Aún suponiendo que finalmente el panel haya logrado salvar la interferencia de las ventosas y ajustarse en los apoyos, aparece un segundo problema. Y es que estos apoyos sobre los que asienta el panel están fabricados en nailon, material de contacto excesivamente duro que provoca la aparición de bollos (la dureza del nailon 6 es de 115 Rockwell según norma DIN 53505 D75). La consecuencia que se deriva es la misma que con problemas anteriores: el bollo hace a la chapa deformarse y/o curvarse y, por tanto, abandonar su posición teórica. Esta pérdida de geometría provoca que después el cordón de masilla, cuya posición de salida es siempre la misma puesto que la pistola de aplicación es fija, caiga sobre la chapa en

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

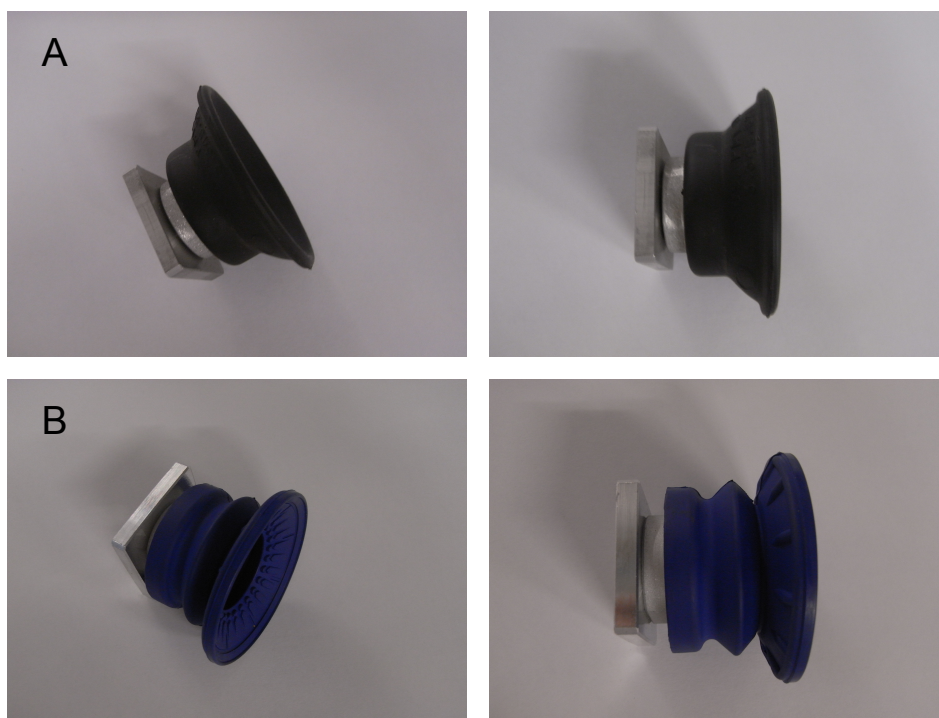


Figura 4.4: A) Ventosa plana inicial de diseño (ventosa CVC 15-35 Fa Norgren); B) Ventosa nueva tipo fuelle (Ventosa fuelle redonda SAB 30 de Schmalz)

una posición que no le corresponde o caiga directamente fuera de la chapa (ver figura 4.6).

Si se cambiasen los tacos de nailon por otros de un material menos duro este problema desaparecería. Se piensa por tanto en un material tipo goma suficientemente elástico para absorber pequeños golpes, que de no ser así podrían deformar la chapa, pero al mismo tiempo suficientemente duro para no sufrir una deformación excesiva que hiciera perder la forma al bloque y, en esta aplicación concreta, inutilizar por completo al taco en su función de marcador de la posición. Dadas sus buenas propiedades amortiguadoras prolongadas en el tiempo con respecto a otros tipos de goma tradicionales, se decide sustituir el nailon de los apoyos por fibroflex.

El fibroflex, un caucho/poliuretano, es un elastómero sintético que ofrece de forma destacada una duración muy larga, si se emplea acorde con los materiales a trabajar, alta resistencia a la rotura y al desgarre, muy buena estabilidad en contacto con gran cantidad de lubricantes, excelente elasticidad y buena resistencia térmica [4]. Otra importante ventaja es la sencillez de fabricación del útil de fibroflex ya que es mecanizable con las usuales máquinas-herramienta.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

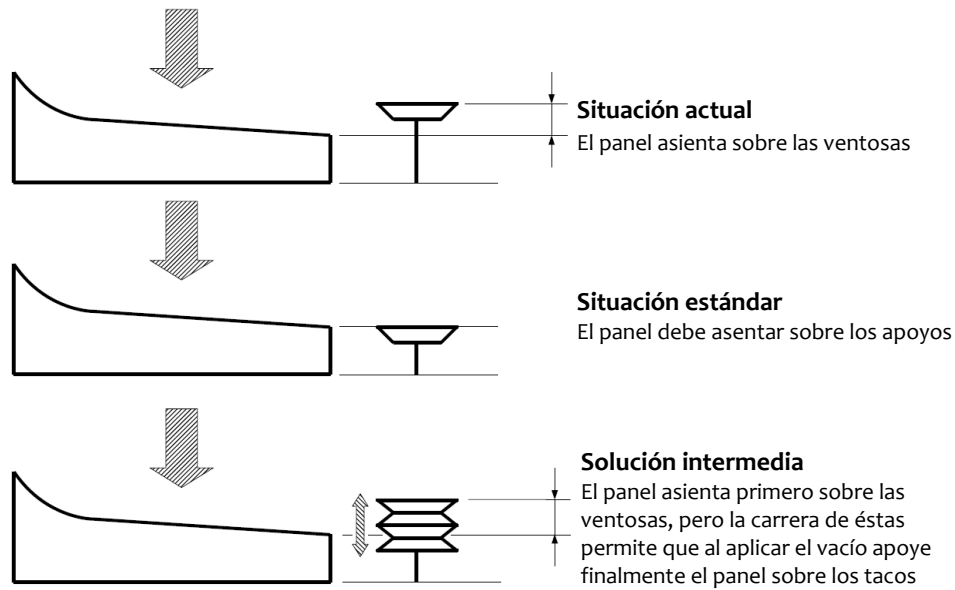


Figura 4.5: Comparativa entre el problema actual, situación teórica y solución desarrollada

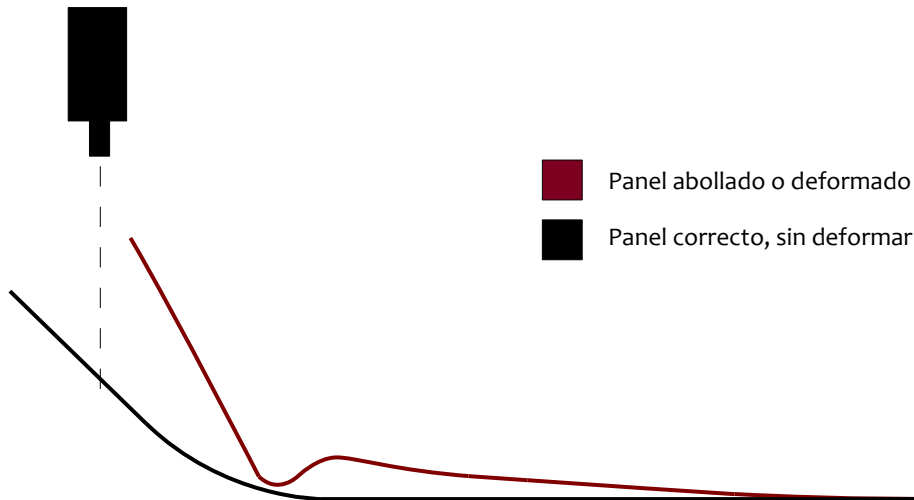


Figura 4.6: Bollos en la chapa provocan que el cordón de masilla sea aplicado fuera del panel o en una posición incorrecta

Principalmente son dos las consideraciones importantes a tener en cuenta para lograr una solución con éxito en esta aplicación. Por un lado, como consecuencia de los impactos repetidos, no sólo el fibroflex, sino todos los elastómeros en general, pierden parte de su capacidad de recuperación total, es decir, que el elastómero se compacta. Pero con fibroflex siempre

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

permanece una capacidad de deformación parcial, entre un 90% y un 92% respecto a la capacidad inicial y según el volumen de aplastamiento. Y segundo, que en una aplicación de deformación, como es el caso, hay que partir de la base de que, independientemente del grado de deformación, el volumen del fibroflex es constante en cada momento. Por consiguiente, el elastómero tiene que tener siempre espacio suficiente de escape (zona libre o de abombamiento).

En el primer caso es necesario, pues, el establecimiento de un mantenimiento preventivo para asegurar la correcta geometría del taco así como la ausencia de ralladuras o daños que pudieran provocar posibles abolladuras en la chapa. Y en el segundo, no existe problema alguno puesto que el taco no se encuentra encajado, confinado o limitado por ningún otro elemento del manipulador, con lo que posee espacio suficiente de escape.

Dadas las condiciones de dureza y elasticidad requeridas en esta aplicación, se opta finalmente por fibroflex de dureza 90 Shore-A de acuerdo a la referencia [4].

Otra de las causas por las que el panel del portón no asienta correctamente en los apoyos es por la acumulación de adhesivo tanto en los propios tacos como en el grupo de ventosas. No hay que olvidar que es el mismo manipulador el encargado de realizar toda la secuencia del robot R2A y, por muy precisa que sea la operación de aplicación de masilla, es inevitable que los elementos que rodean a la estación se manchen incluido el propio manipulador. Simplemente basta con que el lote de paneles venga de prensas con un leve exceso de aceite para que el cordón de adhesivo no agarre suficientemente en la chapa y salga despedido en los desplazamientos y giros del manipulador, ensuciando todo lo que encuentre a su paso.

Por ello, se decide incluir dentro del protocolo de actuación TPM (Mantenimiento Productivo Total) llevado a cabo por el propio conductor de la instalación, una acción de limpieza diaria y exhaustiva de los elementos del manipulador de restos de masilla principalmente o de cualquier otro tipo de residuo.

Tampoco hay que olvidar que otro de los problemas por los cuales el panel del portón no asienta bien en el plano “xy” durante la recogida, impidiendo que la masilla sea después aplicada en la posición correcta, es porque los centradores al salir golpean la chapa doblándola. Esto puede ocurrir por dos motivos: bien porque el centrador RPS ¹ del manipulador interfiere con los agujeros del portón aún estando ambas partes alineadas, lo que puede suceder si el centrador posee mayor diámetro y/o el agujero del portón menor

¹Método empleado ampliamente en la industria automotriz para asegurar el alineamiento en posición, no en construcción, de distintos elementos en base a características y áreas bien definidas y para lo cual emplea diferentes agujeros y áreas de apoyo.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

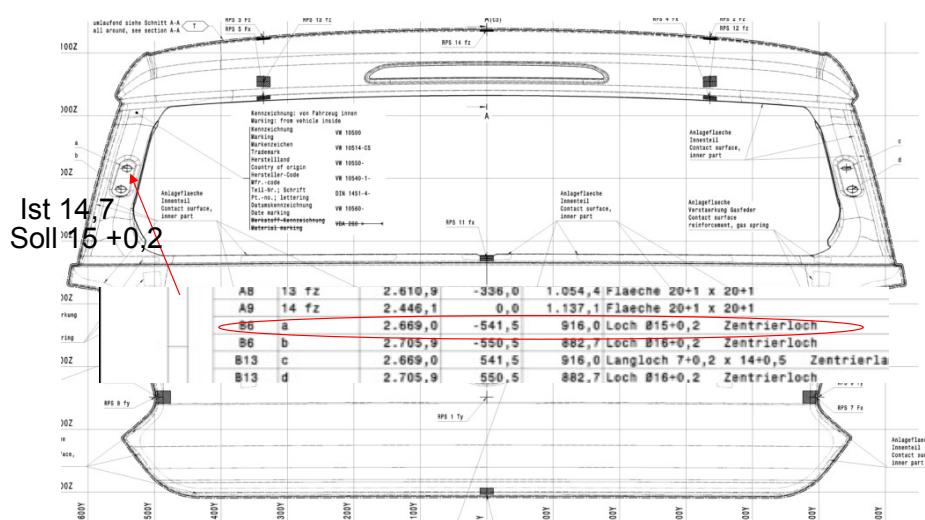


Figura 4.7: Interferencia de centrador RPS del manipulador con agujero RPS correspondiente del portón

del que debieran, o bien porque ambas partes no son concéntricas, síntoma de que el panel está mal posicionado en el contenedor.

En el primero de los casos se procedió a medir el diámetro tanto de los centradores del manipulador como de los agujeros del portón. Efectivamente, se comprobó que uno de los centradores entraba muy ajustado en el agujero del portón debido a que éste último poseía un diámetro fuera de tolerancia. Mientras que el plano (ver anexo C) indica que el diámetro de dicho agujero ha de poseer un valor de $15 \pm 0,2$ mm, la medida real es de 14,7 mm, tal y como se puede comprobar en la figura 4.7.

El problema viene por tanto de Prensas, encargado de la estampación tanto de la piel como del armazón del portón. Se puso el tema en conocimiento del responsable pertinente para que analizara el punzón correspondiente en la matriz y poder establecer así una relación con el fallo. Finalmente se constató que, debido al desgaste y a una lubricación deficiente, el punzón dejaba tras el golpe una pequeña rebaba en el agujero que era la que provocaba que el diámetro fuera inferior.

En el segundo caso, como ya hemos visto, los centradores golpean y doblan la chapa porque los paneles vienen fuera de posición en el contenedor. Ésto puede suceder por varios motivos: bien porque la descarga automática a la salida de la prensa es defectuosa o por una manipulación indebida tanto del contenedor como de la carretilla por parte del operador logístico, como por ejemplo exceso de velocidad durante el transporte, frenadas y giros bruscos o golpes del contenedor con la estructura al colocarlos dentro de los

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

nichos.

Sin duda alguna, la solución ideal para eliminar el problema pasaría por la instalación de una mesa de centraje a la que el manipulador acudiría justo inmediatamente antes de aplicar la masilla. En dicha mesa, el panel recuperaría de forma muy sencilla la geometría en el caso de que la hubiera perdido durante su descarga del contenedor: cuando las bridas de sujeción se abrieran, el panel caería por su propio peso sobre la mesa hasta encontrarse con una serie de tacos o topes al final de la misma, que actuarían al mismo tiempo como guía en la carrera del panel y marcarían definitivamente la geometría correcta gracias a su especial mecanizado.

Además la instalación cuenta ya con una mesa de estas características. Se trata de la mesa volteadora a la que acude el robot para cambiar de cara de sujeción del panel antes de depositarlo finalmente en la mesa de preengrapado o de casamiento con el almacén.

Pero el conjunto de las acciones que involucra el tener que acudir a la mesa de centraje una segunda vez (apertura de bridas, deposición de panel, posicionamiento de manipulador, activación de ventosas, alejamiento y cierre de nuevo de bridas) supone un aumento de 10 segundos aproximadamente en el tiempo de ciclo del robot, y el robot R2A trabaja ya a límite. La única manera real de absorber esta nueva secuencia sería a costa de reducir el tiempo empleado en administrar el adhesivo en la siguiente estación, lo que implicaría aumentar la velocidad del robot, acción a todas luces desaconsejable en nuestro propósito de aplicar correctamente la masilla.

Una solución alternativa es lograr el efecto que conseguiríamos con la mesa, pero sin la mesa, simplemente con una nueva programación del robot manipulador. Por ello mismo es por lo que se decide bautizar a esta nueva medida con el nombre de “efecto mesa”. Ésta consiste en que, una vez el panel ha sido separado del contenedor y el robot se ha alejado del nicho, el manipulador gira 180° sobre sí mismo para seguidamente abrir bridas y dejar que el panel caiga por efecto de la gravedad sobre los tacos dispuestos en el mismo antes de acudir a la estación de aplicación de masilla. De esta forma conseguimos definitivamente que sean los tacos los que den posición y geometría al panel.

Para evitar que en el impacto tras la caída aparezcan bollos, una vez más es necesario que los tacos estén fabricados con fibroflex, suficientemente elástico pero a la vez duro para absorber esos pequeños golpes. Con el panel ya en posición, se vuelven a activar los centradores para guardar la posición y se vuelven a cerrar bridas para que el robot siga con el resto del programa. De esta forma nos aseguramos además que la estabilidad la van a dar siempre los tacos de fibroflex y no las ventosas.

En apenas 4 segundos, que es lo que le cuesta al robot realizar el efecto mesa, hemos conseguido fijar correctamente la posición del panel de forma

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

similar a como lo haríamos con una mesa de geometría. No obstante, se trata de una intervención menos eficaz y más limitada que la de la propia mesa, puesto que efectivamente se absorben desviaciones en la cogida, debidas principalmente a temas logísticos, pero únicamente hasta cierto punto. Una mesa absorbería prácticamente cualquier tipo de desviación por muy grande que ésta fuera.

Por otro lado, conseguimos implícitamente con esta medida una mejora en la recogida de los paneles del contenedor. Hasta ahora estábamos exigiendo al manipulador que ejecutase dos tareas, en muchos casos incompatibles, de forma conjunta: que fuera a descargar el panel correspondiente al contenedor, para lo cual emplea el grupo de ventosas, pero que además lo hiciera dando ya geometría al panel, gracias a la activación de los centradores. En un principio se trata de una acción sumamente beneficiosa para el conjunto de la instalación, puesto que nos estamos ahorrando una segunda intervención que aumentaría irremediabilmente el tiempo de ciclo. Pero a poco que los paneles vengán ligeramente desplazados de su correcta posición en el contenedor, a pesar de que uno de los agujeros centradores RPS del panel del portón sea un coliso y no un agujero circular precisamente para absorber esas pequeñas desviaciones en el plano “xy”, nos encontramos con un problema casi seguro de mala aplicación de masilla.

El hecho de realizar ambas tareas a la vez exige un elevado grado de precisión ya no sólo a Producción, sino también al resto de departamentos involucrados en el suministro de paneles (Prensas y Logística) que en muchos casos es imposible reclamar. Con esta nueva medida logramos diferenciar tímidamente entre estas dos acciones: por un lado se exige al manipulador que simplemente coja y separe el panel del contenedor, sin preocuparnos por la posición en la cual lo hace, y por otro, más adelante con la activación del efecto mesa, ya se conseguirá dar geometría a la pieza.

Otro problema por el que el manipulador no recoge correctamente los paneles del contenedor es porque los contenedores no asientan correctamente en el nicho. Tenemos que tener en cuenta que la deposición del contenedor en el nicho es una tarea especialmente delicada, puesto que el container debe ir ya desde el momento de su inserción en la instalación en una posición muy concreta y totalmente nivelada para que el manipulador pueda acudir a descargar siempre a la misma posición. Así pues, el operador logístico ha de ser capaz de encajar perfectamente el contenedor en el hueco destinado para ello, con un margen de maniobra de apenas unos pocos milímetros en el plano horizontal, operando a distintas alturas y sin tener apenas visibilidad para ello, tanto por la fisonomía de la instalación como por la presencia de la carretilla entre la instalación y el propio operador (ver figura 4.8).

Dadas estas condiciones no es de extrañar pues que en determinados casos el carretillero no sea capaz de salvar inicialmente la altura del par de

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

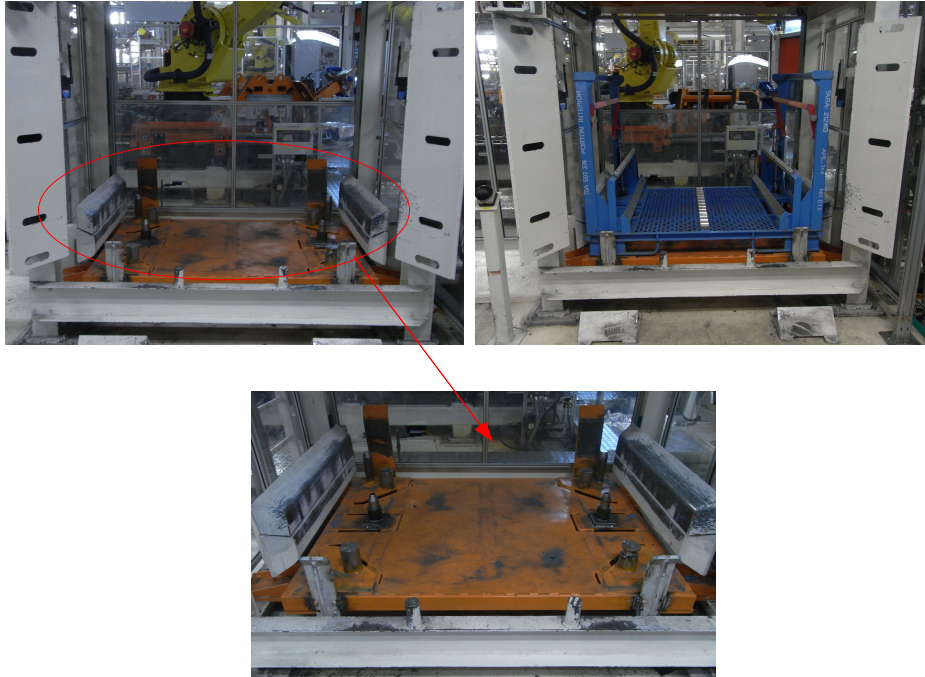


Figura 4.8: Nicho para ubicación de contenedores en la instalación de portón

centradores del nicho a la hora de introducir el contenedor en la instalación y los golpee con más o menos virulencia, lo que a la larga, tras el cúmulo de unos cuantos golpes, va a provocar que éstos pierdan su perpendicularidad respecto de la plataforma base del nicho y se inclinen según la dirección del golpe. Consecuentemente, el frontal interior del contenedor hace tope con la barrera del nicho correspondiente antes de que el contenedor haya apoyado completamente sobre la base. Una vez más, cuando el manipulador acuda posteriormente a descargar la pieza, fallará en la recogida pues los paneles están igualmente fuera de posición.

No obstante, en la misma fase de diseño de la instalación ya se contempló la posibilidad de que los centradores del nicho fueran golpeados dada la complejidad de la inserción del contenedor en el nicho. Por ello, para asegurar un montaje libre de daño para el contenedor en la instalación, se decidió que el centrado se realizara a una distancia de 100 mm respecto del borde exterior correspondiente del contenedor. Pero la experiencia ha demostrado que esta medida es insuficiente.

Para eliminar este problema se proponen dos ideas. La primera de ellas va encaminada a reducir el número de golpes que reciben los centradores y, la segunda, en caso de que finalmente no se haya podido evitar el golpe y/o la deformación de los mismos, variar su sistema de fijación a la plataforma

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

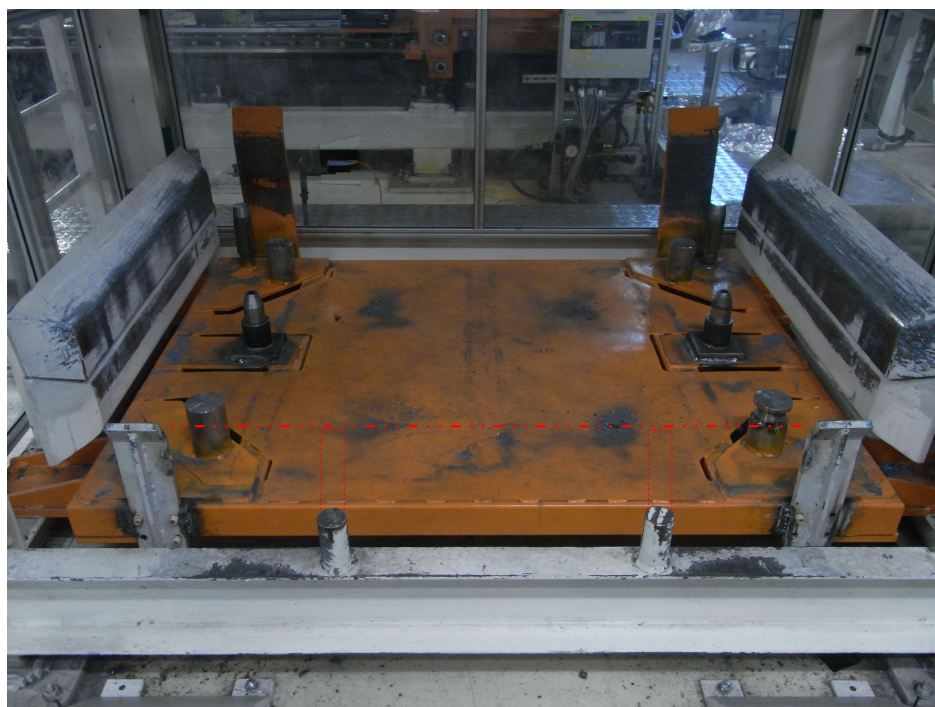


Figura 4.9: Aumentando la longitud de los topes se consigue salvar la altura de las pestañas de la plataforma y de los centradores y, por tanto, evitar que sean golpeados

con objeto de facilitar y agilizar la reparación.

Para proteger los centradores de posibles golpes con los contenedores se decide aumentar la longitud de la pareja de postes dispuestos a pie de nicho para orientar a los carretilleros acerca del inicio de la plataforma base del mismo. De esta forma, además de proteger el par de pestañas de la propia plataforma del nicho contra posibles golpes, se salva también la altura necesaria para preservar los centradores (ver figura 4.9).

En contraposición, el hecho de aumentar esta altura reduce drásticamente el espacio de maniobra del carretillero, pues apenas deja unos pocos centímetros libres antes de que el contenedor haga tope con la parte superior del nicho. Si antes ya era complicado ubicar el contenedor, ahora lo va a ser aún más puesto que se está exigiendo mayor grado de precisión. En consecuencia, los carretilleros tienen que invertir más tiempo en realizar esta tarea y, por tanto, ven aumentada considerablemente su carga de trabajo. Por ello finalmente se desestima esta medida.

La segunda medida, como ya hemos visto, no impide que los centradores se vean golpeados, pero mejora sustancialmente tanto el tiempo como el modo de reparación en caso de que finalmente hayan sido deformados. Esta

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.10: Centraores atornillados a la base del nicho

solución pasa por cambiar el sistema de fijación de los centradores al nicho. Hasta ahora los centradores iban simplemente soldados a la plataforma, con lo que en el momento en que el esfuerzo mecánico al que se veía sometido el centrador era superior al que podía soportar, aparecían pequeñas fracturas o grietas en el cordón de soldadura (zona más crítica) que eran las que hacían inclinarse al centrador. Cuando esto sucedía era preciso cortar el centrador con una sierra de brazo radial, enderezarlo y volver a soldarlo en la instalación.

Ahora, en vez de soldar el elemento a la estructura, se propone atornillarlo, para que así cuando sea deformado, simplemente haya que desatornillar para extraerlo de la instalación y poder enderezarlo en el taller de reparación o, en su caso, sustituirlo por otro (ver figura 4.10).

Otro problema que aparece y que también afecta a la correcta aplicación de la masilla, aunque en menor medida que los problemas anteriormente descritos, es la existencia de una serie de baches en el piso de los pasillos por donde circulan las carretillas, principalmente entre las zonas de Prensas y el taller 1B, tal y como se puede ver en la figura 4.11. Ello provoca, sino se tiene cuidado, que los paneles se desplacen entre los peines del contenedor cuando las carretillas pasen a cierta velocidad por encima de esos baches. Consecuentemente, es inevitable que con el contenedor ya dentro

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.11: Baches en el piso provocan el desplazamiento de las piezas en el contenedor

de la instalación, el manipulador del robot acuda a recoger la pieza fuera de posición y la deforme bien al salir los centradores o al cerrarse las bridas.

Para evitar este desplazamiento innecesario de los paneles, se decide allanar y nivelar el suelo en las zonas requeridas. Al ser un trabajo que requiere de la no circulación de carretillas, se trata de una medida de aplicación no inmediata que debe ser pospuesta a periodos de tiempo en los que pare la producción. Por ello se decide realizar esta acción durante los días festivos de Navidad (semana 52). Finalmente, por problemas en la organización, se traslada la acción definitivamente al periodo no laborable de Semana Santa (semana 13).

Otra solución alternativa para acabar con el problema frecuentemente reclamado por pintura de la no estanqueidad en la zona del emblema, consiste en cambiar la aplicación plana del cordón de masilla en esa zona por un cordón también continuo pero espirolado con aire. Esta técnica de espirolado, según [5], consiste simplemente en hacer una serie continua de espiras de diferentes diámetros que cubren regularmente la superficie a pegar, tal y como se puede ver en la figura 4.12.

Esta boquilla espirolada dispone, al igual que las boquillas convencionales, de un primer conducto o galería central de paso de la masilla, pero a diferencia de aquellas, dispone también de un grupo de conductos circundantes a ese primer canal por los que circulan finos flujos de aire a presión, saliendo de la boquilla por una serie de orificios periféricos que

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

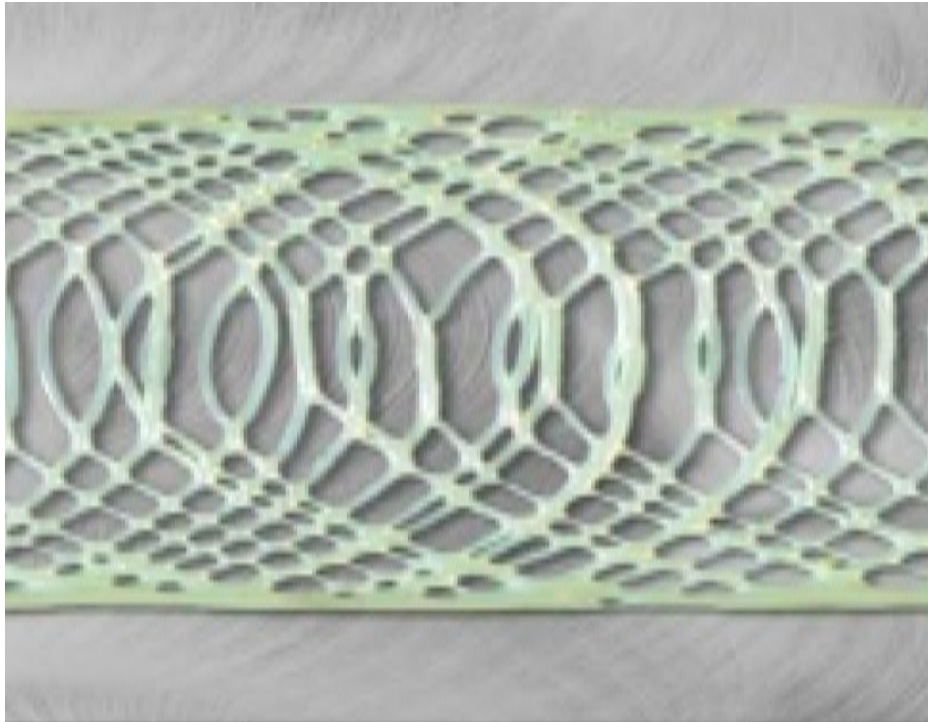


Figura 4.12: Línea continua de masilla que se proyecta sobre la superficie de la pieza a pegar, formada por espiras que se cruzan constantemente hasta ocupar toda la superficie deseada (Catálogo PrecisionSwirl de Graco)

rodean al orificio axial de salida de la masilla.

La causa que genera el espirolado del hilo de masilla es el hecho de que los flujos de aire a presión que salen por los orificios periféricos de la boquilla inciden de forma directa y tangencial sobre el chorro central de masilla caliente, tal y como se puede observar en la figura 4.13.

La principal ventaja que presenta esta técnica de espirolado es el aseguramiento que ofrece en la distribución del cordón. En comparación con las boquillas convencionales que se vienen utilizando, la cantidad de masilla aplicada es la misma pero su disposición sobre la pieza no. El hecho de que el cordón sea dispensado en forma de espiral y no en línea recta, favorece durante el engrapado su aplastamiento a lo largo de la dirección longitudinal del cordón y, por tanto, desperdicia menos producto al no rebosar en la dirección transversal, tal y como ocurre con los chorros planos como se puede comprobar en la figura 4.14.

El aplastamiento del cordón lineal al engrapar las piezas hace que parte de la masilla rebose en la dirección transversal al propio cordón, mientras que en el caso de la masilla espirolada, este esparcimiento de la masilla se

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

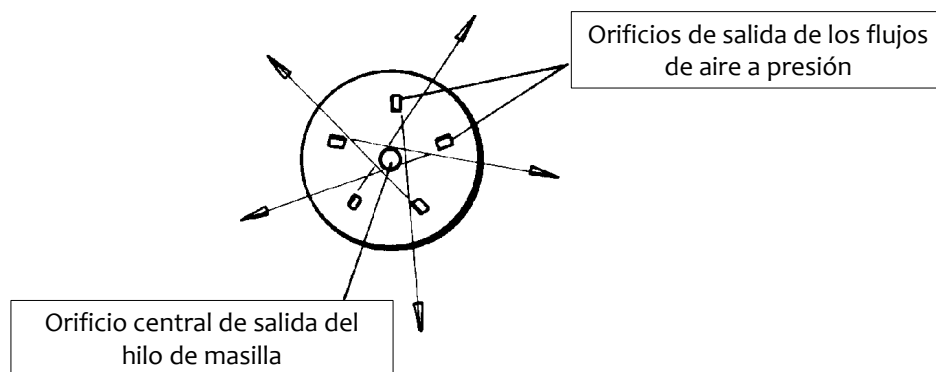


Figura 4.13: Vista esquemática del extremo de la boquilla provisto de los orificios que generan el espirolado del hilo de masilla. La disposición de los orificios de salida de los flujos de aire a presión hacen que éstos incidan tangencialmente sobre el chorro de masilla que es eyectado de forma axial por el orificio central

produce principalmente en la dirección longitudinal.

En este mismo sentido, para evitar reboses y asegurar su correcta ubicación, si es necesario desplazar el cordón, no hace falta volver a reprogramar el robot, sino que basta con aumentar o disminuir la presión de salida del aire para graduar el grosor del cordón.

Además, el actual equipo de aplicación de masilla sirve igualmente para esta nueva técnica, puesto que lo único que cambia es la boquilla espirolada, la cual posee la misma característica de adaptación al equipo que las boquillas convencionales, pero que, al poseer un mecanizado interno especial, es lógicamente más cara.

El problema es que esta nueva boquilla requiere de un orificio de salida para el adhesivo más fino que una convencional. Como sólo se implantaría la técnica de espirolado con aire en la zona del anagrama, para el resto del panel del portón, la velocidad de aplicación deberá ser más lenta para obtener el mismo caudal y el mismo espesor de cordón, ya que el diámetro de salida es más pequeño. En definitiva, supondría aumentar una vez más el tiempo de ciclo.

Por otro lado, también es preciso con esta nueva técnica añadir un segundo servocontrol que regule la inyección de aire, además del que ya controla la masilla.

Con todos estos inconvenientes y la oferta lanzada por el proveedor, se considera que la implantación de este método requiere de una inversión excesiva en comparación con la reducida zona de aplicación y el beneficio que se puede lograr con ella. Por ello, y dado el relativo éxito de las anteriores medidas, se decide desestimar finalmente esta técnica.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

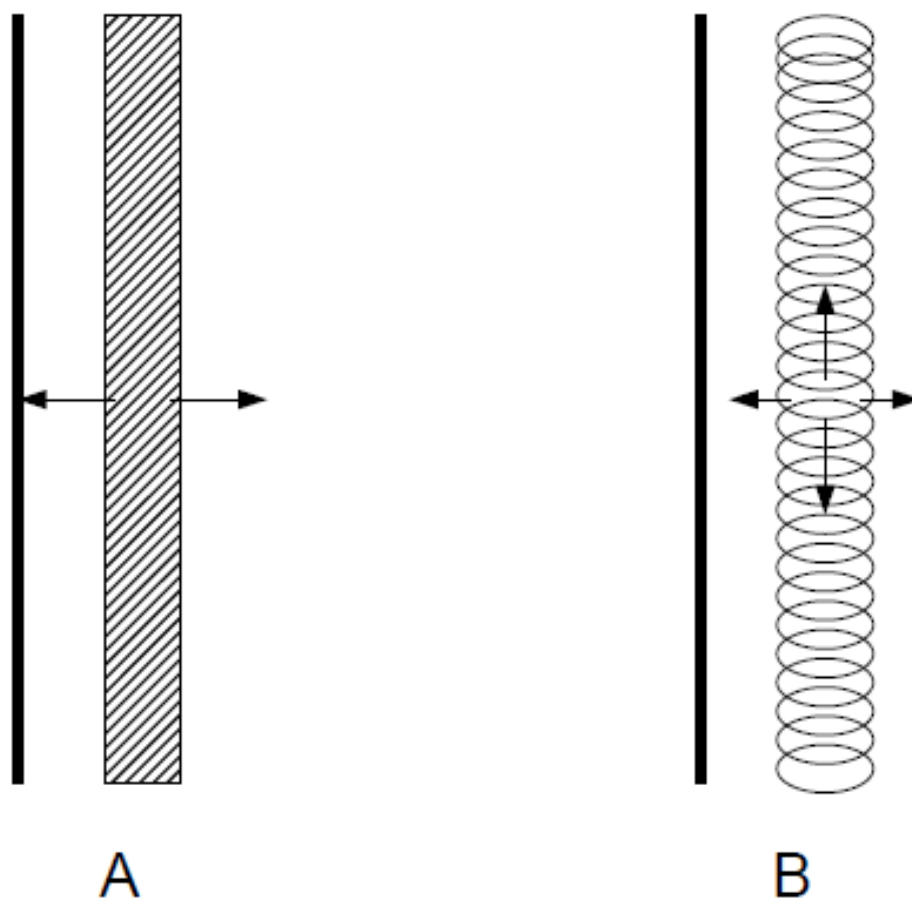


Figura 4.14: A Cordón lineal de masilla. B Cordón espirolado con aire

En la tabla 4.1 se puede observar el plan de acción de este proyecto de aplicación de masilla en el panel de portón, en el cual quedan recogidas todas las medidas descritas en los párrafos anteriores.

En última instancia, para lograr optimizar la recogida del panel del contenedor y, por tanto, conseguir que la masilla sea aplicada en la posición que debe, se propone un nuevo concepto de cogida. Éste consiste básicamente en coger la pieza sin centradores, esto es, en proceder a descargar los paneles con el sistema de centradores RPS anulado, únicamente con el grupo de ventosas, para después efectuar el efecto mesa y con éste, una vez se haya logrado posicionar en geometría el panel gracias al contacto con los apoyos de fibroflex, introducir finalmente los centradores para guardar dicha posición en las manipulaciones sucesivas.

Como se puede comprobar, supone separar por completo las tareas de recogida y de geometría. En un principio, cuando el robot acude al

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Proyecto: Aplicación de masilla en panel de portón - (KW 50 / 2009)
Plan de acción

Nº	PROBLEMA	CAUSA	MEDIDA	Respon.	Depart.	Plazo realización	Estado
1	Inestabilidad en todo el contorno	Distribución de bridas de sujeción	Desplazar bridas (comprobar interferencias y realizar)	Campo	Ingenmat	KW 50/5 12.02.2009	↑
2	Bollos al apoyar en exterior portón	Material contacto duro	2+2 apoyos de fibroflex	Quiñones y Campo	Mto. Material Ingenmat introducir	KW 51/3 17.12.2009	↓
3	No ajusta panel en apoyos	Interferencia ventosa-taco	Ventosas tipo fuelle	Quiñones y Campo	Mto. Material Ingenmat introducir	KW 50/7 14.12.2009	↑
4	Mal asentamiento de portón en "xy"	Acúmulo de adhesivo	Limpieza periódica	Galindo	Producción	KW 50/7 14.12.2009	↑
5		Interferencia agujeros de portón con RPS manipulador	Mayor tolerancia. Analizar punzón prensas. Rebajar a 14,8 mm	Martinez y Campo	Prensas e Ingenmat	KW 01/7 04.01.2010	↑
6	Manipulador recoge mal de contenedor	Distintas posiciones de paneles en contenedor	Programación "Efecto Mesa" 4"	Campo	Ingenmat	KW 51/7 21.12.2009	↓
7	Mala posición de paneles en contenedor	Carretilla y baches en piso	Allanar suelo (zonas concretas)		Infraestructura	KW 01/7 04.01.2010	↓
8	Mala posición de contenedor en nicho	Centradores golpeados o mal posicionados	Nuevos centradores atornillados reforzados en la base	Campo	Ingenmat	KW 51/7 21.12.2009	↑
9			Colocar pilulos más altos delante para proteger centradores	Campo	Ingenmat	KW 50/7 14.12.2009	Desestimada por parte social
10	Estanqueidad en anagrama	Mala colocación de masilla	Estudio colocación masilla espirolada	Navarro y Campo	Procesos e Ingenmat	KW 51/3 17.12.2009	Masilla espirolada desestimada

Tabla 4.1: Plan de acción del proyecto "Aplicación de Masilla en Panel de Portón"

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

contenedor a descargar la pieza, lo único que importa es que efectivamente coja la pieza. No importa cómo, si dentro de posición de geometría o no, simplemente que la descargue. Más adelante, con la ejecución del efecto mesa ya se conseguirá dar geometría y, con la salida de los centradores, mantenerla para el resto de operaciones.

No obstante, el hecho de que la recogida se realice sin centradores se trata de una medida excesivamente arriesgada. No hay que olvidar que una vez el manipulador del robot R2A se ha hecho con la pieza, acude a distintas estaciones de trabajo para aplicar masilla y dar puntos de soldadura a las chapas. Ello exige, lógicamente, un grado de precisión ya en la misma recogida del panel mucho mayor que en los casos en los que el manipulador simplemente realiza una función de traslado o de transporte entre distintas estaciones. Es decir, que la cogida de piezas en situaciones en las que se ejecutan a posteriori más tareas que la mera manipulación, se ha de realizar siempre con centradores.

No hay que olvidar tampoco que el efecto mesa pretende lograr objetivos similares a los de una verdadera mesa de centrado, pero que en ningún caso se van a poder equiparar. El efecto mesa por propia definición se encuentra limitado, con lo que en situaciones en las que los paneles vengán relativamente alejados de su correcta posición, por si sólo no va a ser capaz de absorber las desviaciones sin la ayuda previa de los centradores RPS.

Por todo ello se decide inicialmente desestimar este nuevo concepto de cogida de paneles sin centradores, y guardarlo en un banco de ideas como una solución extrema en el caso de que el problema persista y el plan de medidas anteriores no haya ofrecido resultado alguno.

4.3.2 Eliminación de Reboses de Masilla

La engrapadora o prensa es la parte de la instalación encargada de realizar el engatillado entre el panel exterior (parte vista) y el armazón interior (parte no vista) de los distintos elementos móviles del coche, al ejercer la presión necesaria para que, por un lado, la pestaña que rodea el perímetro del panel exterior se pliegue sobre el armazón, consiguiendo así la unión funcional de ambas partes en un único conjunto. Y, por otro, para que la masilla aplicada con antelación sobre el panel, y que más tarde terminará por sellar el conjunto durante la fase de curado, se distribuya correctamente a lo largo de ambas chapas.

Aunque el problema a tratar se da con mayor gravedad en el caso de puertas, también se va a considerar para capó y portón, puesto que como se acaba de indicar, la unión entre los paneles exterior e interior de todos los elementos móviles se hace por medio de esta técnica además de la de soldadura por puntos. Así pues, en primer lugar el problema se analizará

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

para las instalaciones de puertas posteriores y anteriores, para que después la metodología resultante pueda ser extrapolada al resto de instalaciones del taller 1B.

La problemática existente consiste en que la masilla estructural aplicada a lo largo del perímetro del panel exterior rebosa al ensamblar éste con el armazón, manchando la engrapadora hasta el punto de desbordar fuera del mueble y acumularse en el suelo a los pies de la prensa, tal y como se puede comprobar en la imagen 4.15. De hecho, esta situación aparece ya en la estación anterior de preengrapado o casamiento, donde la presión aplicada al conjunto es despreciable en comparación con los valores alcanzados durante el engrapado.

El elevado grado de suciedad alcanzado supone un desvío de una gran cantidad de recursos materiales, humanos y económicos a la limpieza, por un lado, de los elementos en las líneas de montaje finish, con la presencia de dos operarios por línea y turno dedicados exclusivamente a dicha tarea y, por otro, como es lógico, de las propias engrapadoras. A parte de la limpieza diaria de TPM realizada por el propio conductor de la instalación, que supone una media de 20 minutos de parada de la producción, es necesaria una limpieza más especializada y eficaz, pero al mismo tiempo también más agresiva, para eliminar los restos indeseados de masilla. Así pues, cada fin de semana se realiza una limpieza criogénica de las prensas, con un coste adicional de 2.500 euros.

Por otro lado, el hecho de que la masilla estructural rebose facilita la aparición de una serie de daños o averías técnicas. Primero, y como es lógico, los elementos apenas llevan dos tercios de la masilla que deberían llevar. Consecuentemente se advierten deficiencias en el sellado, la protección frente a la corrosión y la seguridad frente a crash. Para solventar esta situación se están aplicando 2 cm³ extra de masilla, incumpliendo de esta forma las especificaciones de diseño y agravando aún más el problema objetivo de suciedad. Se consume más masilla de la que en un principio es necesaria para asegurar la calidad, con su consiguiente coste, y se sobrecarga a los equipos de aplicación de masilla al exigirles que trabajen a una potencia mayor a la nominal, aumentando por tanto el riesgo de aparición de fallo y obligando a reducir el tiempo medio transcurrido entre intervenciones planificadas de mantenimiento.

De la misma forma, la masilla que progresivamente va quedando acumulada en las esquinas de la engrapadora, así como en las ventosas encargadas de hacer el vacío, impide que los paneles (recordemos además que son las partes vistas de los conjuntos) asienten correctamente sobre la cuna de la prensa. Ello provoca la aparición de bollos y/o picaduras y la pérdida de geometría y de la línea de estilo en la chapa en el momento de aplicar la presión. En el mejor de los casos, esta pérdida de calidad implica

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

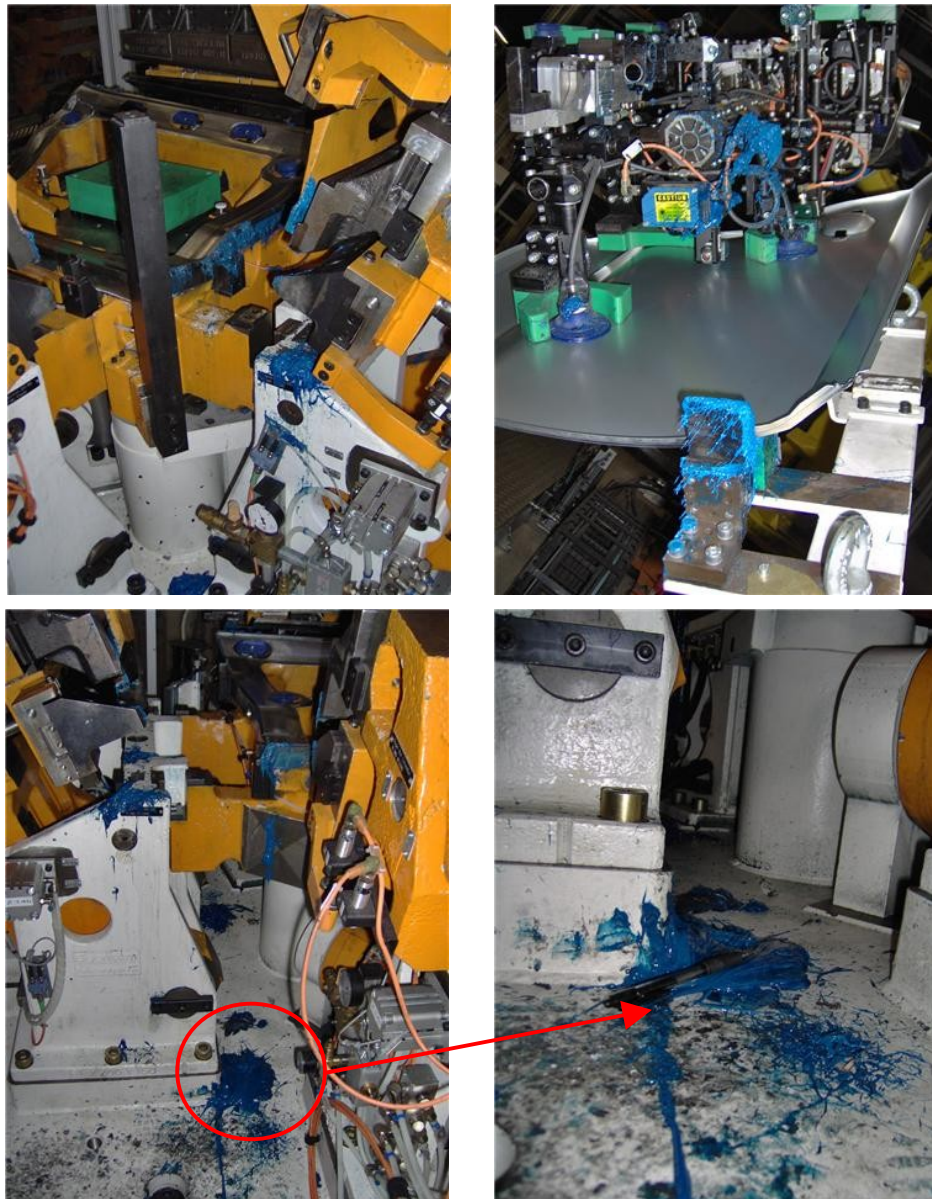


Figura 4.15: Estado de la engrapadora y del manipulador del robot R2E en PPI F1 a las dos horas de la limpieza diaria de TPM

una inversión extra de recursos en el retrabajo de las piezas defectuosas. Pero lo más probable es que dichas piezas no puedan ser recuperadas y se conviertan en chatarra.

No podemos olvidar tampoco, desde un punto de vista más general, que la tasa de suciedad actual de las instalaciones llevará inevitablemente al

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

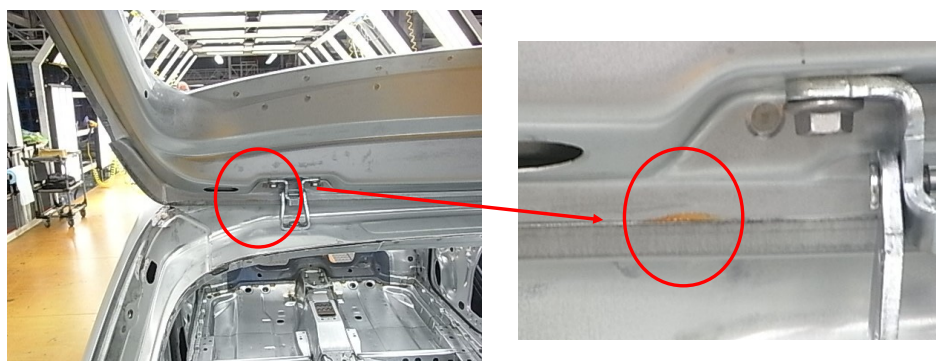


Figura 4.16: Ejemplo de rebose de la masilla en el conjunto portón. Éste rebose supone un retrabajo en la línea finish para limpiar la masilla

colapso de la propia engrapadora en un plazo previsto de dos años, cuando teóricamente su tiempo de vida es superior al tiempo de vida del propio modelo A05.

Por otro lado, se ha comprobado también que la formación otorgada a los responsables de verificar si los elementos llevan la masilla adecuada tanto en distribución como en cantidad, es insuficiente. Las normas del consorcio Volkswagen estipulan que la masilla estructural aplicada a los distintos elementos móviles ha de ser de un 130% como se recoge en la figura 4.17. Tras el engrapado, la pestaña del panel exterior, que originalmente formaba un ángulo recto con aquél, queda dividida en dos caras paralelas al envolver al panel interior: la cara 1, la de mayor superficie sobre la que descansa el armazón y la cara 2, la que lo abraza. En la primera de ellas, la superficie de contacto y, por tanto, la presencia de masilla, ha de ser del 100%, mientras que en la segunda, basta con que sea un 30% de su longitud total.

Generalmente, que la masilla rebose en la cara 1 más del 100% no supone problema alguno, a no ser que ese incremento sea excesivo. Es más, la norma indica la necesidad de la masilla de rebosar en esa cara con el fin de eliminar posibles puntos acumuladores de impurezas y humedad que facilitarían la aparición de corrosión, con lo cual, lo que a priori parecía un problema se convierte en algo positivo para nuestro proceso. Además en este caso el sobrante de adhesivo queda oculto entre los dos paneles.

La cara 2 es la que presenta un mayor número de dificultades ante una incorrecta aplicación de la masilla. En pintura se aplica un último cordón de masilla con el fin de sellar el espacio de chapa abierto al ambiente que queda entre la cara interior 2 y el armazón, similar a lo que se hace con el exceso de masilla en la cara 1, y evitar así posibles focos acumuladores de impurezas y humedad que facilitarían la aparición de corrosión. El agua

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

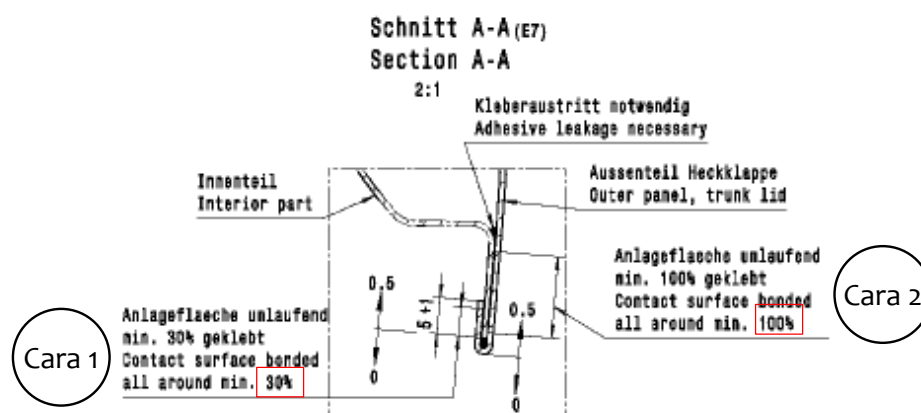


Figura 4.17: Detalle del engrapado del área inferior del portón

que inevitablemente ha quedado acumulada en ese pequeño orificio antes del sellado, forma burbujas durante el curado de la masilla en el horno, que al intentar escapar al exterior y no haber solidificado aún el cordón, provocan la aparición de una serie de protuberancias, responsables de un lacrado deficitario además de un aspecto antiestético.

Si la masilla aplicada en esta cara es menor del 30%, nos enfrentamos a tres posibles problemas, derivados de un insuficiente sellado. En primer lugar, estamos ante un problema grave de seguridad del vehículo al no ser capaces de asegurar la consistencia del conjunto ante un posible crash. En segundo lugar, puede que también durante el mismo proceso productivo, se presenten problemas de ultrafiltrado en el taller de pintura y, por último, deficiencias de confortabilidad en la conducción posterior del vehículo, ante la aparición de ruidos y vibraciones.

Y si, por el contrario, la cantidad de masilla es mayor del 30%, ésta rebosa tras el engatillado, provocando no sólo problemas de suciedad, sino también deficiencias en el sellado al igual que en el caso anterior.

El exceso de adhesivo provoca que ese último cordón añadido en pintura no sea aplicado de forma regular y continua, sino a trompicones donde sea necesario salvar ese rebose. Y como se trata de una parte vista del automóvil, ello tiene evidentemente un efecto antiestético.

En el peor de los casos, como ya hemos comentado con anterioridad, puede ocurrir que la voluminosidad del saliente obligue a la pestaña a abrirse quedando así zonas de la pieza sin unir. E incluso, aún suponiendo que no se haya conseguido forzar a la pestaña, al disponer de menos volumen la región comprendida entre la cara 2 y el armazón, la presión de esa agua acumulada al evaporarse durante el curado puede aumentar de tal forma que provoque una pequeña explosión, inutilizando el conjunto por completo.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

El desconocimiento de este hecho por parte de los verificadores impide un control adecuado del proceso, imposibilitando al mismo tiempo una retribución fiable de la información. Se estima, pues, necesario tanto el establecimiento de unos criterios claros según los cuales se pueda determinar si la masilla rebosa o no, como del entendimiento de esos criterios por parte de los operarios encargados de llevar a cabo la verificación.

Se trata de un problema complejo, del que no se dispone en el momento de inicio del proyecto toda la información necesaria para determinar las causas del problema. Como primera medida para resolver el problema, a finales del mes de Enero, cuando se pone en marcha el proyecto de eliminación de los reboses de masilla, se estima oportuno realizar una comprobación de los parámetros que rigen el proceso de aplicación de masilla. Los parámetros característicos de la aplicación que determinan el suministro de masilla son:

- Una mala programación del autómatas encargado de aplicar la masilla en la zona, que suponga una distancia del cordón al límite de la pestaña mayor de la que debiera ser, cambios de trayectoria bruscos que producen bolos, un diámetro de cordón excesivo,.
- Una temperatura inadecuada tanto en la boquilla de aplicación como en el plato y el resto del equipo, que modifiquen la viscosidad de la masilla y, por lo tanto, la fluidez y el espesor del cordón.
- Un ángulo de engrapado excesivo en la prensa, que evacue prácticamente la totalidad del adhesivo existente entre las caras de las chapas.
- Una velocidad del robot distinta a la estipulada, de tal forma que si es mayor, quedan zonas sin masilla, y si es inferior, el cordón es más grueso y facilita el surgimiento de bolos.
- Un valor de prepresión en la boquilla elevado, que haga que en el momento de apertura de la válvula de aplicación, la boquilla se relaje en exceso produciendo un bolo de mástico.

Simultáneamente se decide elaborar una auditoria para saber exactamente cuáles son los puntos en los que rebosa y poder así esclarecer las posibles causas del fallo, en cuanto a instalaciones se refiere. Más adelante, cuando las causas del problema ya se conozcan, se seguirá realizando el mismo tipo de auditoria independiente de la que llevan a cabo los verificadores, para poder continuar con la optimización del proceso. El modelo de plantilla utilizada para este tipo de auditorias es el que se muestra en la figura 4.18. Las auditorias realizadas a puertas durante los meses de Febrero y Marzo pueden verse en el anexo D.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

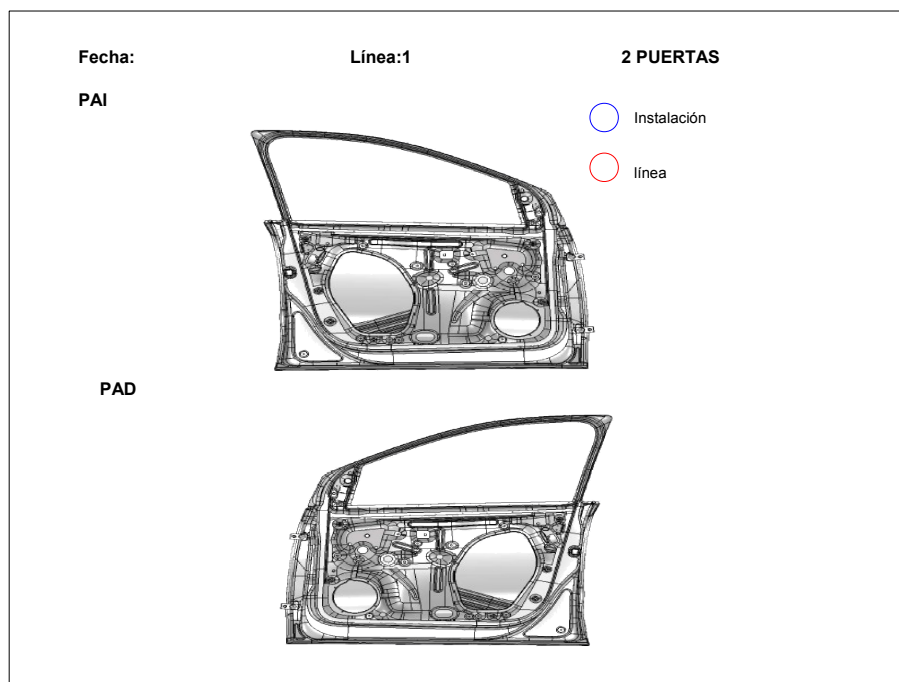
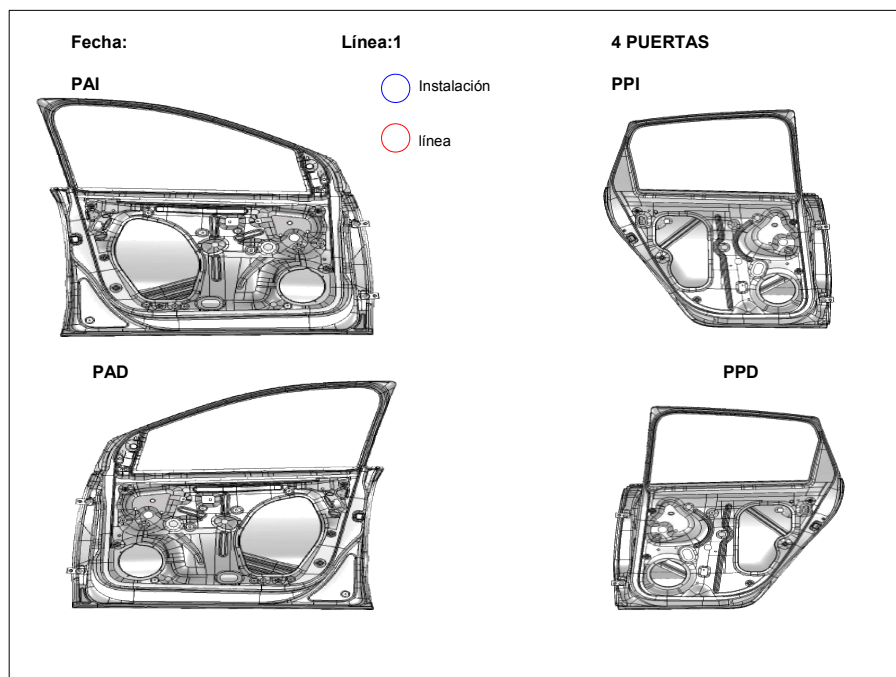


Figura 4.18: Plantillas para la realización de auditorías de masilla en puertas de fábrica 1. Los puntos donde rebese la masilla en la instalación serán marcados en azul, mientras que los que lo hagan en la línea finish, se señalarán en rojo. Con los datos obtenidos y así registrados, se procederá a efectuar las reprogramaciones necesarias a fin de eliminar los reboses

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

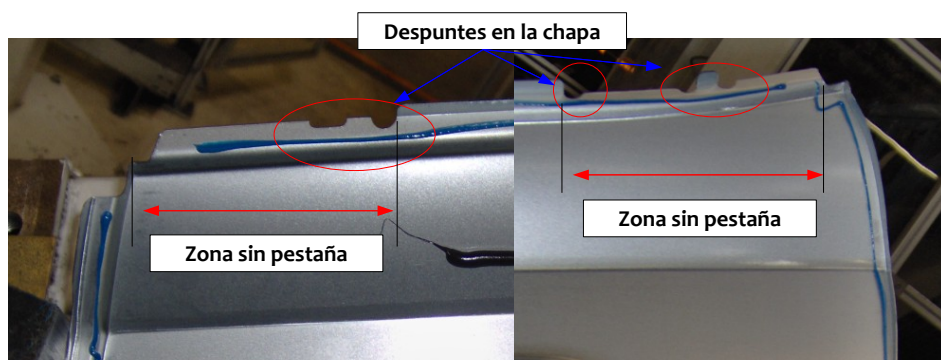


Figura 4.19: Zonas sin pestaña y con despuntas en panel de PPD por las que rebosa la masilla durante el engrapado

Se constataron, efectivamente, incongruencias entre los valores reales y los valores teóricos. Los platos de los equipos de aplicación de masilla se encontraban a una temperatura 10°C por encima de la que debieran y las boquillas en muchos casos desviaban su trayectoria de la del patrón. Del mismo modo, cada robot de aplicación obedecía a su propio programa regido por distintos parámetros de velocidad y caudal. Todo ello condujo a la creación de un nuevo programa revisado y optimizado que cumpliera eficazmente con las necesidades requeridas y a la estandarización de parámetros en las distintas instalaciones como se recoge en la figura 4.20.

Una primera solución del problema nos lleva a pensar en el propio diseño de los paneles. En el modelo anterior, la pestaña recorría la totalidad del perímetro del panel, mientras que ahora existen zonas de longitud considerable sin pestaña. Si el cordón no guarda una distancia mínima con los bordes de la chapa en esas regiones, es lógico esperar que, a poca presión que se le aplique, la masilla rebose, pues no encuentra físicamente ninguna barrera que se lo impida. Y si además añadimos a ello el hecho de que en esas mismas zonas existen una serie de despuntas en forma de media circunferencia, necesarios para relajar la tensión durante el prensado, el problema se agrava todavía más, tal y como se comprueba en la figura 4.19. No es de extrañar, pues, que las zonas con mayor grado de suciedad tanto en puertas como en las propias engrapadoras coincidan precisamente con las áreas sin pestaña del panel.

Si se decidiera atacar al problema por esta vía, la solución pasaría por alargar la longitud de las pestañas y reducir el diámetro de las despulladuras, circunstancia que requeriría la modificación tanto de las matrices en Prensas como del propio diseño de las piezas. Ambas circunstancias requieren tal cantidad de recursos, sin contar con la aprobación pertinente de la desviación por parte del consorcio, que hacen a esta alternativa prácticamente inviable desde el principio, a pesar de que otorgaría la solución más eficaz al

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.20: Creación y estandarización de programas de aplicación de masilla para el caso de PPD. Elaboración de plantillas

problema.

De forma alternativa, si no se puede alargar la longitud de las pestañas del panel, para lograr el mismo efecto lo que sí se puede hacer es cortar la aplicación de masilla en esas zonas y asegurar una distancia mínima desde el final del cordón al inicio de la pestaña. Si no existe masilla en la zona, está claro que no va a poder rebosar. En la misma figura 4.20 se muestra una plantilla de una de estas nuevas reprogramaciones para el caso de PPD, que sirve además de estándar para el resto de puerta traseras, derechas e izquierdas, ya que tanto los paneles como las instalaciones son simétricas.

Obviamente, el problema que presenta esta medida es, por un lado, que las piezas llevan menos masilla de la que en un principio debieran llevar y lo que ello supone con respecto a la seguridad del vehículo ante posible accidente. Y por otro lado, que por las zonas que quedan sin sellar puede filtrarse agua. Por ello, Pintura y Calidad son partes fundamentales a la hora de evaluar esta medida.

Otra posible solución para acabar con los reboses de masilla nos hace pensar en la propia composición de la masilla. La masilla estructural que se está utilizando se denomina AMV 167 020. Se trata de una masilla con base epoxi cuyo entramado químico y físico, como por ejemplo comportamiento de la viscosidad frente a temperatura, fluidez, y temperatura de solidificación, es semejante a la masilla que se empleaba en el anterior modelo. La única

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

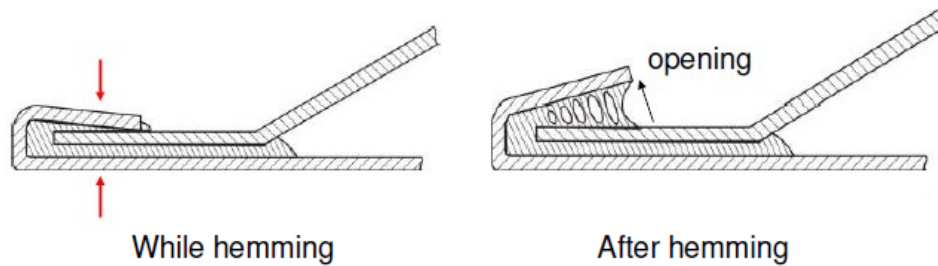


Figura 4.21: Spring back effect. Al finalizar el engrapado, la pestaña tiende a recuperar su posición original, resquebrajando la capa de masilla

diferencia es la adición de una serie de partículas hidrófobas que alargan el tiempo de curado de dos a cuatro semanas y reducen la posibilidad de formación de burbujas durante el curado [7]. Pero el grado actual de suciedad de instalaciones y conjuntos no se registró en absoluto en ningún momento a lo largo de la vida del modelo antiguo, lo que nos hace volver a pensar en el diseño de las piezas como principal causa del problema.

Comparando la situación de Volkswagen Navarra con el resto de fábricas del grupo, se comprueba que es la única factoría que presenta este problema. Además algunas de aquéllas emplean diferentes másticos con iguales prestaciones y niveles de calidad, pero más baratas. Es el caso de la masilla AMV 167 S31, empleada en el modelo Passat, la cual ofrece aún un mejor servicio y es aproximadamente un 20% más barata (9,35 €/kg frente a los 11,40 €/kg que cuesta la masilla actual AMV 167 020).

Esta masilla destaca principalmente (sin obviar el tema económico) por encontrarse entre sus componentes una serie de perlas cerámicas que incrementan la fijación mecánica de las chapas [8]. Estas perlas aseguran la existencia de adhesivo entre las dos láminas de chapa sean cuales sean las circunstancias de trabajo y por muy grande que sea el ángulo de engrapado, ya que aunque algunas de ellas no sean capaces de soportar la presión, el hecho de que estén fabricadas con materiales cerámicos garantizan la existencia de un mínimo que imposibilite el contacto chapa-chapa, o lo que en inglés se conoce como “zero gap”. Consecuentemente evitan que la masilla desborde.

Impiden también que se produzca el denominado “spring back effect” recogido en la figura 4.21. Éste consiste en que al cesar la presión ejercida sobre los paneles durante el engrapado, la pestaña que envuelve al armazón tiende a abrirse y recuperar su posición original debido a la elasticidad del material. Obviamente no puede lograrlo de forma total puesto que, tanto la deformación plástica del material como la capa de masilla, lo imposibilita. Pero puede que ésta se quiebre parcialmente, favoreciendo la formación de burbujas debido al aire atrapado, potenciales focos corrosivos,

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

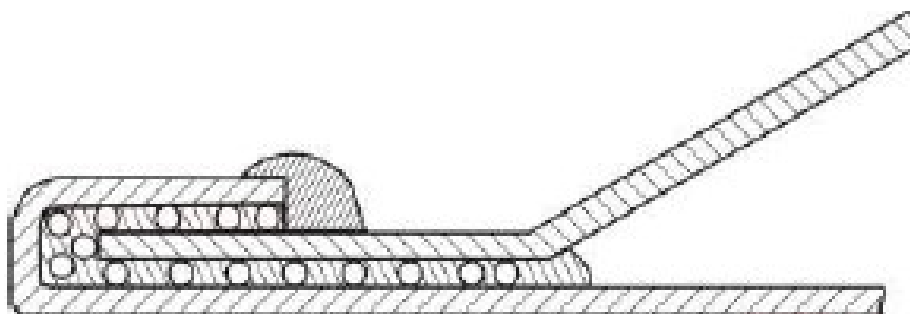


Figura 4.22: La regularidad en las dimensiones de las microperlas hace que el espesor del hueco entre chapas permanezca siempre constante, con lo que las propiedades mecánicas de la masilla permanecen uniformes

y disminuyendo la rigidez mecánica.

Otra de las ventajas mecánicas que ofrecen estas microbolitas, al poseer las mismas dimensiones y disponerse de forma longitudinal sin solaparse unas sobre otras, es que el espesor del hueco entre chapas permanece constante a lo largo de toda la longitud tanto de la cara 1 como de la cara 2, con lo que las propiedades mecánicas de la masilla permanecen uniformes (ver figura 4.22).

El único problema que presenta esta nueva masilla es que posee una resistencia al desgarro por impacto menor frente a crash: 30 N/mm frente a los 45 N/mm que ofrece la masilla original. Por ello, es necesario realizar una nueva prueba de crash para comprobar si realmente cumple con las especificaciones de seguridad requeridas o no, y poder así seguir con la modificación.

Refiriéndonos ahora a las características de aplicación, destacar de manera importante que esta nueva masilla es químicamente compatible o estable con la antigua, esto es, no reacciona. Resulta fundamental esta propiedad, pues evita el hecho de tener que cambiar las mangueras y los equipos de aplicación de masilla, si quiera para realizar una prueba industrial. En el momento del cambio, basta con realizar una purga exhaustiva con un limpiador tipo émbolo especial para que el resultado final no sea una mezcla de ambas masillas. Por ello, la ejecución de esta medida resulta más económica que lo que en un principio se había estimado, ya que permite el ahorro de la inversión destinada a la compra de mangueras (aproximadamente 3.000 € por manguera).

Otra ventaja a reseñar es que se puede utilizar también la misma boquilla que se venía empleando hasta ahora. El proveedor exige que para una buena utilización de sus productos la boquilla de aplicación posea un diámetro de salida comprendido entre 1 y 2 mm [8]. En la actualidad se están empleando

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.23: Box de masillas

boquillas de acero 125 tratado y bonificado para evitar que el orificio de salida se obstruya con el uso, de 1,5 mm, con lo cual no es necesario cambiarlas. En contrapartida, la distancia de la boquilla a la chapa ha de ser inferior a 5 mm, lo cual va a exigir una reprogramación de los robots.

No obstante, el diámetro óptimo de salida del adhesivo es de 1,4 mm, con lo que finalmente se opta por destinar parte del dinero ahorrado con las mangueras a la compra de nuevas boquillas.

Otra cuestión a tener también en cuenta es el tiempo de caducidad. Si la masilla actual expira en 3 meses, la alternativa lo hace en 9 meses, garantizándose durante ese periodo la estabilidad de la viscosidad y los parámetros de aplicación independientemente del tiempo. Paralelamente en el lanzamiento del nuevo modelo se han registrado diversos problemas por empleo de masillas caducadas. A parte de que pierde sus propiedades fijadoras, un cubo de masilla caducado seca, obstruye y daña todas las partes del equipo por donde circula el fluido. Por ello también, la utilización de esta nueva masilla supone una reducción de pérdidas logísticas de inventario y, en el peor de los casos, de pérdidas por averías técnicas en los equipos.

Contrastando los beneficios económicos y técnicos que se lograrían con

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

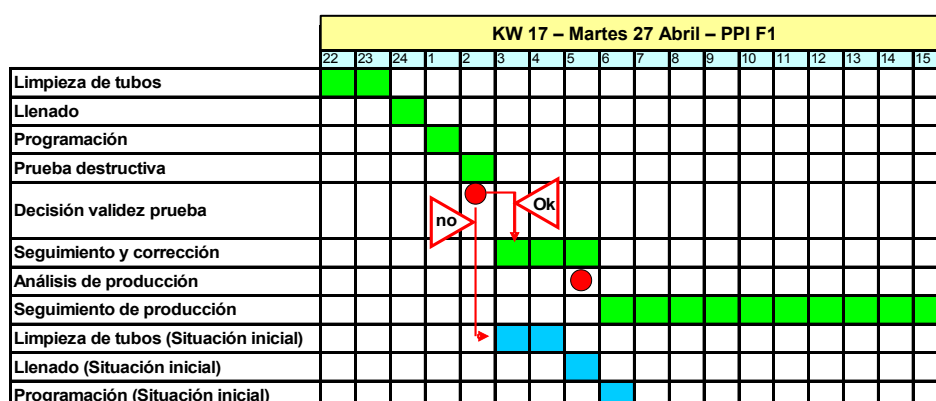


Figura 4.24: Planificación de la prueba industrial en taller de Chapistería para la introducción de la nueva masilla AMV167S31

el cambio de masilla frente al coste que supondría dicho cambio y a la situación productiva actual, se decide solicitar un permiso de desviación para realizar una prueba industrial que determine la factibilidad del cambio. Dicha prueba consistirá simplemente en la sustitución de los cubos de masilla antiguos por los nuevos en la instalación de puerta posterior izquierda de fábrica 1 y el seguimiento de las piezas con masilla nueva en los talleres de Chapistería, Pintura y Montaje. La planificación de esta prueba se puede ver en la figura 4.24.

El único factor realmente determinante en el éxito de la modificación va a ser el comportamiento de la masilla ante crash, por lo que antes de realizar ninguna otra acción, como ya se ha indicado anteriormente, se decide realizar un test de seguridad. Dicha prueba se realiza en la factoría que el grupo posee en Sudáfrica y, en función de los resultados, se procederá al inicio del test industrial. Si el conjunto de ambas pruebas es satisfactorio y se obtiene el permiso pertinente, se llevará a cabo la sustitución de la masilla actual por la nueva masilla de perlas cerámicas.

En un principio está previsto que los resultados del test de crash estén disponibles a lo largo de la semana 10, con lo que se fija el puente de San José a finales de la semana 11 como fecha para efectuar el cambio de masilla en la instalación de puerta posterior izquierda de la fábrica 1. La necesidad de realizar también un test de durabilidad al adhesivo durante al menos dos meses en una cámara de niebla salina, retrasa definitivamente la prueba a la semana 17, fuera del periodo de realización de este proyecto.

Como vemos, el tiempo y los pasos burocráticos que se necesitan dar para obtener tanto los resultados de las pruebas como los permisos pertinentes alargan a meses la implantación real de la modificación.

Del mismo modo que parte del dinero ahorrado con la no compra de

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

nuevas mangueras para los equipos de aplicación de masilla ha sido destinada a la adquisición de nuevas boquillas, otra parte de ese mismo paquete va a ser invertida en el cambio de las pistolas de estos mismo equipos. El problema que presentaban las antiguas pistolas es que la aguja de corte de la masilla se encontraba ubicada dentro de la propia pistola, quedando todavía 30 mm de conducto hasta llegar al orificio de salida de la boquilla. Así, en cuanto se cortaba la aplicación, el adhesivo que quedaba retenido caía por disminución de la presión, dejando un hilillo a su paso y generando más suciedad de la debida.

Con las nuevas pistolas la aguja de corte se encuentra justo a la salida de la boquilla. Por ello, el corte es más efectivo y limpio y la aplicación más segura y estable.

Con el desarrollo de este proyecto se pone de manifiesto la absoluta complejidad a la hora de conseguir una correcta aplicación de la masilla. Depende de muchos factores y se trata de un material tan delicado, que a poco que varíen las condiciones de trabajo, como puede ser un aumento o una disminución de la temperatura de calefacción en apenas 1 °C, varían notoriamente las condiciones finales de aplicación. Es más, dentro de un mismo turno de producción, la aplicación de los cordones de adhesivo varía incluso de un panel al siguiente. La variabilidad es tan grande que ni siquiera se es capaz de detectar posibles desviaciones, ni mucho menos comunicarlas.

Con todo ello se decide a mediados de Marzo rediseñar un sistema de auditorías que permita realizar un seguimiento más profundo del proceso y, sobre todo, que permita una rápida comunicación de los posibles fallos para que del mismo modo se pueda dar una respuesta rápida.

Este procedimiento específico de control de la aplicación de la masilla en los paneles de elementos móviles consiste en la instalación de un box de masillas junto al despacho de los mandos de producción y la línea finish 2. Este box está compuesto por tres partes: un panel donde aparecen los planos de los programas de aplicación de los cordones de las distintas partes y las instrucciones básicas del procedimiento, un grupo de estanterías en las que se colocan físicamente las plantillas de los paneles con los cordones patrón de masilla, y un tercer grupo de estanterías en los que en cada turno se van colocando los paneles con la aplicación real de masilla.

Los turnos A, tanto de producción como de mantenimiento, son los tutores de esta tecnología, y por tanto quienes diariamente llevarán a cabo las optimizaciones de las aplicaciones. Todo cambio deberá además quedar reflejado en el registro junto al segundo grupo de estanterías.

En todos los turnos, se sacará una muestra de cada panel con la masilla aplicada y se llevará a su respectivo estante donde se quedará la muestra expuesta. La muestra del turno anterior se meterá en la instalación para así no generar paneles de chatarra.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

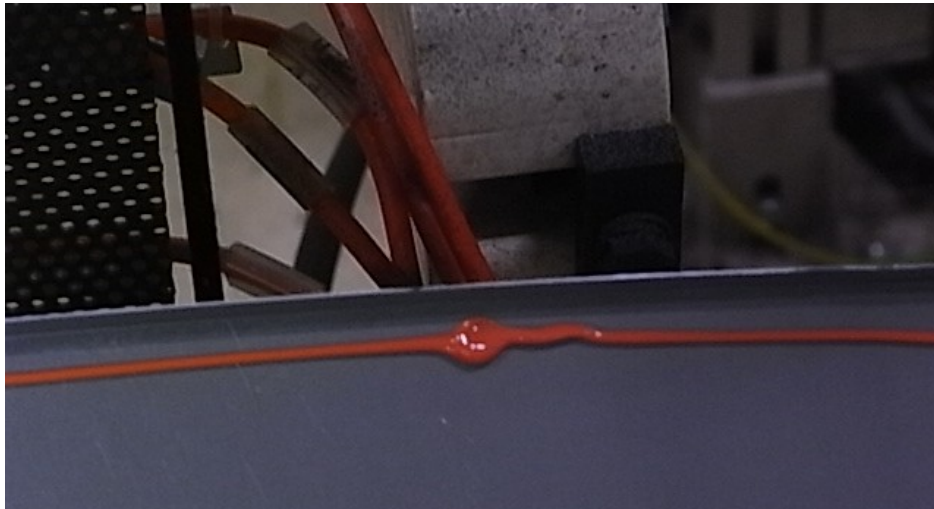


Figura 4.25: Ejemplo de detección de fallo en la aplicación de masilla durante la reunión de control en el box de masillas. El fallo consiste en la aparición de un bolo de masilla generado por una microparada del robot

En los turnos B y C se llevarán a cabo solamente modificaciones en aquellos puntos de aplicación que estén extremadamente mal y que por su naturaleza se considera que pueden afectar a la calidad (bolos, rechupes, etc.). Estas modificaciones se deberán comunicar al turno A de Mantenimiento y Producción, padrinos de la tecnología, vía correo electrónico para que contengan constancia de la misma. Optimizaciones de menor importancia quedarán para el turno A, responsables de la tecnología, con el fin de tener un mayor control sobre la misma.

Después de que los conductores de instalaciones saquen las muestras, los mandos las revisarán conjuntamente con ellos para valorar el estado y valorar si procede o no hacer las modificaciones. Sobre cada panel se anotará con lápiz de cera los problemas existentes.

Diariamente a las 9h30 responsable de Mantenimiento, Producción, Tecnología Masilla, Calidad y mandos de la finish de Chapistería revisarán las muestras para comprobar la evolución, así como para establecer las medidas oportunas para conseguir estabilidad en la aplicación.

Una última opción para paliar el problema consistiría en la activación de la estación limpiadora, situada justo antes de depositar los conjuntos en los contenedores o en la cinta que comunica con la línea finish. No obstante, la experiencia ha demostrado que este tipo de tecnologías dan más problemas de los que en realidad solucionan y su nivel de operación y su mantenimiento cuestan más que el beneficio que con ellas se espera, por lo que permanecen inutilizadas o desactivadas.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

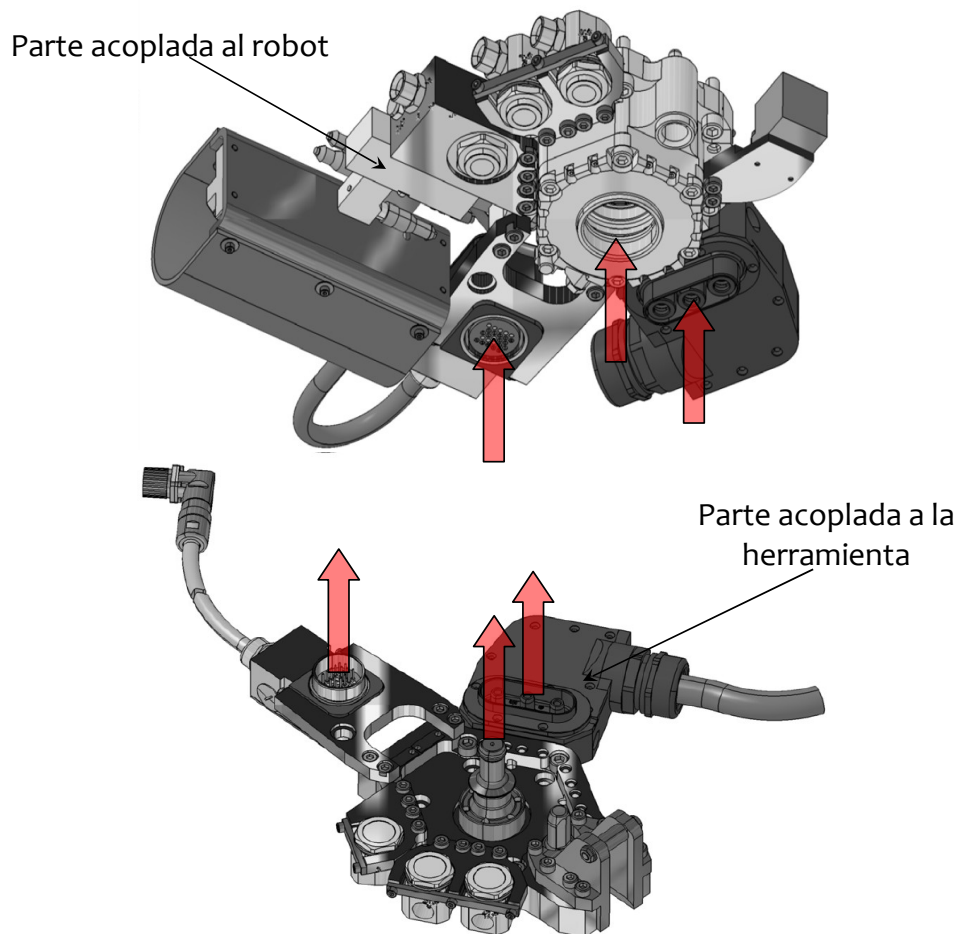


Figura 4.26: Cambio rápido de herramienta o *Docking*

Por último, destacar también que una estación limpiadora supone un aumento del tiempo de ciclo y no elimina el problema de fondo que se está tratando, que es el de ensuciar las instalaciones. Corremos el riesgo de camuflar o esconder el verdadero problema y, al mismo tiempo, de manchar ya no sólo una, sino dos zonas distintas de la instalación. Por todo ello, se desestima la posibilidad de activarla.

4.3.3 Optimización del Cambio de Herramientas. *Docking*

El grado de automatización de las instalaciones de fabricación hace indispensable que para un correcto funcionamiento de la misma en tiempo ciclo y con la mínima cantidad de recursos (principalmente de espacio y de maquinaria), se instalen cambios rápidos de herramienta tanto en robots industriales como en equipos de manipulación.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Cantidad de Docking en Chapistería. Situación Inicial				
Instalación	AFO	Robot	Pinza - Pinza	Manipulador - Pinza
Laterales der.	120/ 125	3B		2
Laterales Izq.	120/ 125	3B		2
Mascaron 1	60/ 68			2
Mascaron 1	110 PAD+	12A - 12D	2	1
Mascaron 1	130	14A - 14 B	4	
Mascaron 3	20	2E	2	
Portón		1B		2
			8	9
TOTAL			17	

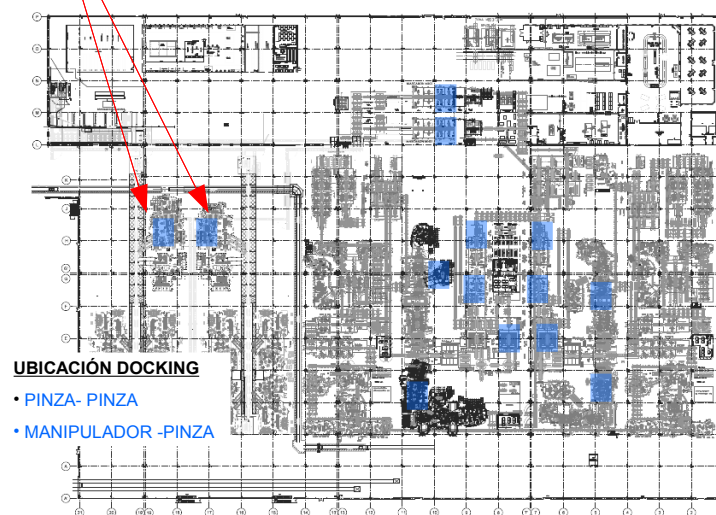


Figura 4.27: Cantidad de *Docking* pinza-manipulador y pinza-pinza en los talleres 1 y 1B

El sistema de cambio de herramienta mostrado en la figura 4.26, también conocido con el nombre de *Docking*, se emplea exclusivamente para este acoplamiento y desacoplamiento de herramientas tales como pinzas portaelectrodos de soldadura y manos mecánicas o manipuladores, incluyendo también el acoplamiento o desacoplamiento de conductores de energía, medios y sistemas de bus de datos.

Concretamente en el taller de Chapistería conviven tres tipos distintos de cambio de herramienta. Éstos son los cambios:

- Manipulador - manipulador.
- Pinza - manipulador.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

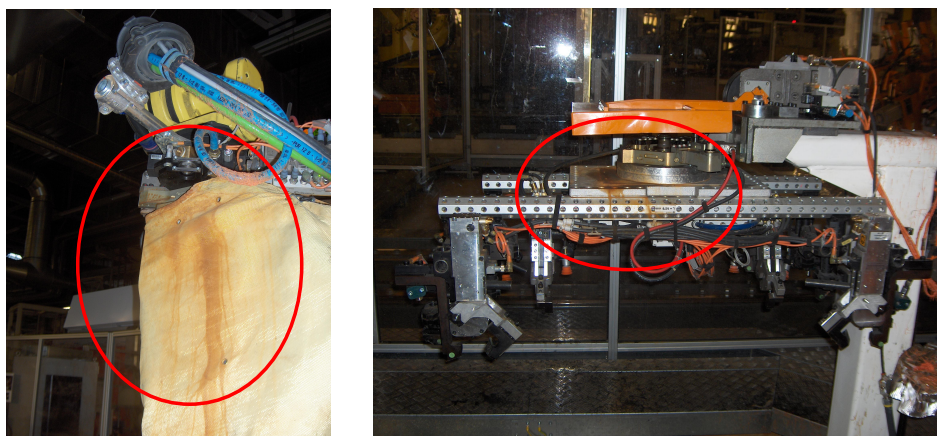


Figura 4.28: Conexiones no estancas provocan fugas de agua afectando a conexiones eléctricas

- Pinza - pinza.

En la instalación a estudio, la del portón, solamente existe un único tipo de cambio rápido de herramienta en el robot R1B. Se trata además de un cambio pinza-manipulador (ver figura 4.27).

El problema con los *Docking* se centra principalmente con aquellos cambios de herramienta en los que se ve involucrada al menos una pinza de soldadura. Y ello se debe a su vez a los circuitos del agua de refrigeración que llevan integrados dichas pinzas.

La refrigeración en las pinzas de soldadura por resistencia es imprescindible, más aún si las chapas están recubiertas, ya no sólo para obtener una buena calidad del punto de soldadura, sino también para determinar el número de puntos que puede dar un electrodo y, por lo tanto, asegurar una adecuada fiabilidad y/o funcionalidad del propio equipo de soldadura.

El problema reside en que con el uso los *Docking* de pinzas provocan fugas de agua por desgaste de las juntas de conexiones (ver figura 4.28), provocando averías en las conexiones eléctricas, interbus (tecnología bus serie que transmite los datos entre los sistemas de control y los sensores y/o actuadores), etc. que suponen elevados tiempos de parada de la instalación hasta que se vuelven a restablecer todas las conexiones (180 minutos aproximadamente).

Dicho desgaste de las juntas de conexiones se ve agravado todavía más por la gran cantidad de suciedad que porta la propia agua en dichos circuitos. A pesar de que las juntas se recubren con una capa de grasa para protegerse precisamente de los agentes del agua que pudieran interactuar

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

química con ellas, y de la existencia de un mantenimiento preventivo que controla la estanqueidad de las conexiones y el estado de las tuberías neumáticas cada mes, la experiencia determina que estas medidas no son suficientes para que finalmente las juntas se vean degradadas o deterioradas y las conexiones dejen de ser estancas.

Esta degradación “química” en las conexiones se debe principalmente al hecho de que el agua de refrigeración posee un pH más ácido del que debiera. Los circuitos del agua de refrigeración son circuitos cerrados, por lo que es necesario someter dicha agua a un tratamiento antilegionela. Este tratamiento consiste en una limpieza con soluciones biodispersantes y biocidas de todas aquellas partes del sistema que pueden convertirse en reservorio de la bacteria para eliminar el sustrato biológico (algas, amebas, etc.) que le proporciona alimento y protección. El problema es que esta desinfección se realiza por vía química inyectando cloro en los tanques y depósitos, que en combinación con el agua, forma ácido hipocloroso, producto de fuerte carácter ácido. Además dicho vertido se está efectuando de forma incontrolada. No existen medidores reales que indiquen el pH del agua y que, por lo tanto, puedan llevar al ajuste de las partes por millón (ppm) de cloro necesarias en cada revisión de los circuitos.

El resultado es que la disolución resultante es excesivamente ácida y, ya no sólo las juntas, sino hasta incluso las partes metálicas de los nexos de unión del *Docking* que entran en contacto con el agua terminan oxidándose.

Tampoco podemos olvidar que las mismas instalaciones donde se producen estos cambios de herramienta se ensucian por las fugas de agua de refrigeración. Ello obliga a desviar parte de los recursos a tareas de limpieza y adecuación de la zona, sin olvidarnos tampoco del peligro de resbalamiento que supone para los conductores o cualquier otra persona que pase cerca de la instalación y no se percate del escape. Y de igual modo a como ocurre con la juntas del *Docking*, los agentes ácidos y las partículas contaminantes del agua también pueden atacar y dañar al resto de elementos de la estación sobre los que fluyan.

El objetivo es pues, en una primera fase, eliminar o, por lo menos, reducir el nivel de suciedad en los circuitos de refrigeración de las pinzas de soldadura y en una segunda, eliminar los *Docking* pinza-manipulador y pinza-pinza existentes, recordemos una vez más, aunque nos centremos en la instalación de portón, no sólo en ésta, sino en todo el taller de Chapistería. Para ello se propone la implantación conjunta de tres medidas.

La primera de ellas está orientada a contrarrestar los efectos de las soluciones hipoclorosas resultantes del tratamiento antilegionela. Como estas soluciones poseen carácter ácido, la medida consiste simplemente en aumentar el pH del agua de refrigeración de 7 a 8 para que la disolución resultante sea neutra. Como se puede observar, se trata de una decisión que

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

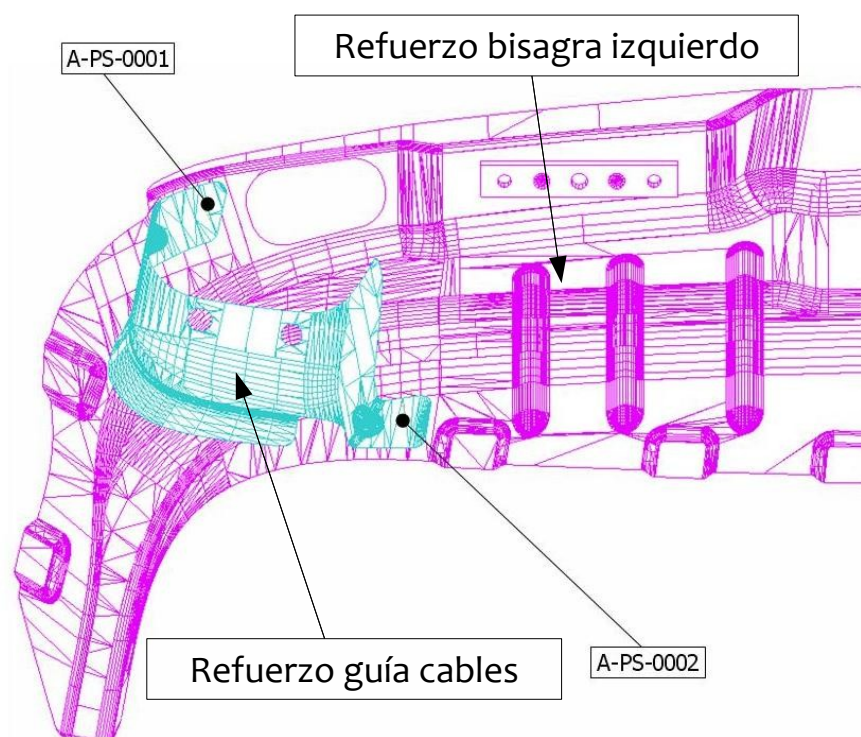


Figura 4.29: Puntos de soldadura de R1B

involucra a la infraestructura general del taller, por lo que debe ser llevada a cabo en periodos de tiempo en los que las instalaciones estén paradas. En concreto, se decide posponer la medida a vacaciones de Navidad (semana 52).

La segunda iniciativa consiste en cambiar el conjunto de filtros que depuran el agua circulante por las tuberías antes de llegar a los robots y, en consecuencia, a los *Docking* y a las pinzas. Se trata pues de una medida encaminada a eliminar o, por lo menos, reducir el nivel de suciedad en los circuitos que termina por degradar al dispositivo. Del mismo modo, se decide también aumentar el número de dichos filtros para que el nivel de limpieza sea aún más exhaustivo y eficaz y, una vez más, deberán ser instalados en periodos de inactividad en la fábrica.

Como vemos, estas dos primeras medidas están encaminadas a mejorar las condiciones de operación del *Docking* y de las pinzas de soldadura, pero no eliminan el problema de raíz. Efectivamente, con estas alternativas aumentamos de forma muy notoria el tiempo medio de funcionamiento hasta el fallo, pero no aseguramos que no vayan a aparecer problemas en un futuro, puesto que el *Docking* sigue estando ahí.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Por ello, como última y más ambiciosa medida, se propone la eliminación del cambio de herramienta de manipulador a pinza del robot R1B.

El robot R1B actualmente cambia de pinza en todos sus ciclos para dar únicamente dos puntos de soldadura en la pieza refuerzo guía cables (ver figura 4.29). Por tanto, si conseguimos finalmente eliminar el *Docking*, estaremos reduciendo también el tiempo de ciclo del R1B, segundos que pueden ser destinados a otras actividades, como por ejemplo la propia soldadura, que desahoguen el tiempo de ciclo total y/o aseguren la calidad en el proceso (13 s aproximadamente).

Eliminar el cambio de manipulador a pinza va a consistir en convertir la pinza móvil en una pinza fija. Inicialmente también se barajó la posibilidad de colocar dicha pinza móvil junto con el manipulador en el mismo cuerpo del robot R1B. El problema es que con las dimensiones actuales de la instalación, no queda espacio suficiente para aunar ambas partes en un mismo manipulador. Además, la soldadura del refuerzo pasacables al refuerzo bisagra izquierdo se debería seguir realizando en la mesa giratoria, con lo que la necesidad de orientar tridimensionalmente el manipulador evidencia todavía más la falta de espacio.

Otra alternativa pasaría por la instalación de una prensa tipo Tox de ensamblaje de fijaciones para remachar, en vez de unir las piezas como se venía haciendo hasta ahora mediante soldadura por puntos. Dicha máquina se instalaría en la ubicación actual del poste donde descansa la pinza móvil en los periodos en los que se encuentra inactiva. La ventaja que presenta esta tecnología es que permite unir piezas de chapa con espesores considerables. El acabado del remache y la fijación lograda no son tan buenos como en el caso del punto de soldadura, pero en esta aplicación no es determinante puesto que se tratan de puntos no vistos y que no requieren de fijaciones excesivamente fuertes como en el caso del armazón y el panel, al tratarse de piezas secundarias. Pero el objetivo es realizar la modificación con la mínima cantidad de medios posible, lo que implica una reutilización de los recursos existentes, en este caso, de la pinza de soldadura.

Para convertir la pinza móvil en una pinza fija, el manipulador del robot 1B debe ser modificado previamente para poder coger en geometría el refuerzo bisagra izquierdo con el refuerzo guía cables. Tenemos que tener en cuenta que de acuerdo con la secuencia actual de trabajo, nada más ser cargadas estas piezas sobre la mesa giratoria, la primera operación que se realiza sobre ellas es la de soldadura, con lo que ambas partes quedan ya unidas en un único conjunto para el resto de las manipulaciones. Con la modificación la secuencia de trabajo es justamente la opuesta: primero coge las piezas el manipulador del robot R1B y luego las conduce hasta la estación fija de soldadura para unirlas definitivamente.

Por su parte, la actual pinza del *Docking* deberá ser colocada en una

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

posición permanente a la que acuda el manipulador con ambas piezas juntas para ser finalmente soldadas. Así pues, al igual que cuando se barajó la posibilidad de instalar una prensa tipo Tox, la pinza de soldadura fija se instalaría en la ubicación actual del poste donde descansa la pinza móvil en los periodos en los que se encuentra inactiva.

A pesar de que la pinza móvil del *Docking* puede ser reutilizada para su ubicación permanente, dado el número de modificaciones a realizar, éste último se convierte en un proyecto de gran inversión, valorado en 30.000 €. Por ello, y dado el buen resultado de las otras dos actuaciones, se decide paralizar por el momento esta medida.

4.3.4 Calibre de Contenedor de Armazón

El contenedor es el elemento encargado de almacenar las distintas piezas producidas en fábrica, bien desde el momento en que son descargadas de prensas hasta su incursión en la instalación de chapa correspondiente, o bien una vez ya han sido terminadas de trabajar, hasta que son incorporadas a la carrocería.

Sin embargo, no se trata de un elemento diseñado exclusivamente para almacenar, sino que además está también pensado como parte constituyente de las propias instalaciones de producción, puesto que en la mayoría de los casos, como es el que nos interesa, el del armazón interior del portón, tanto la carga de las piezas en prensas como la descarga en chapa se hace de forma automática. El hecho de que ambas acciones se puedan realizar automáticamente exige mayor grado de fiabilidad y de compromiso por parte de los contenedores para cumplir con las necesidades marcadas por los dos talleres. No basta con establecer un único filtro en chapa, que sería lo que en nuestro caso nos interesaría, sino que también se ha de implantar primero en prensas un grupo de requisitos que han de cumplir los contenedores y que además han de ser compatibles unos con otros.

Por ello ya no se habla de una necesidad de un control exhaustivo en la funcionalidad de los contenedores, sino de una obligatoriedad. Y en este aspecto, el calibre empleado para determinar si un contenedor es válido o no conforme a los criterios marcados por las distintas partes desempeña un papel fundamental.

En el caso particular que estamos tratando, los armazones del portón van cargados verticalmente en el contenedor. Dicho contenedor tiene capacidad para albergar 13 piezas y cuenta con una serie de elementos específicos para asegurar la correcta ubicación de dichos paneles tal y como se recoge en la figura 4.30.

Uno de estos elementos es un conjunto de tres peines metálicos donde van encajados los paneles. Estos peines sirven para fijar la posición del

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

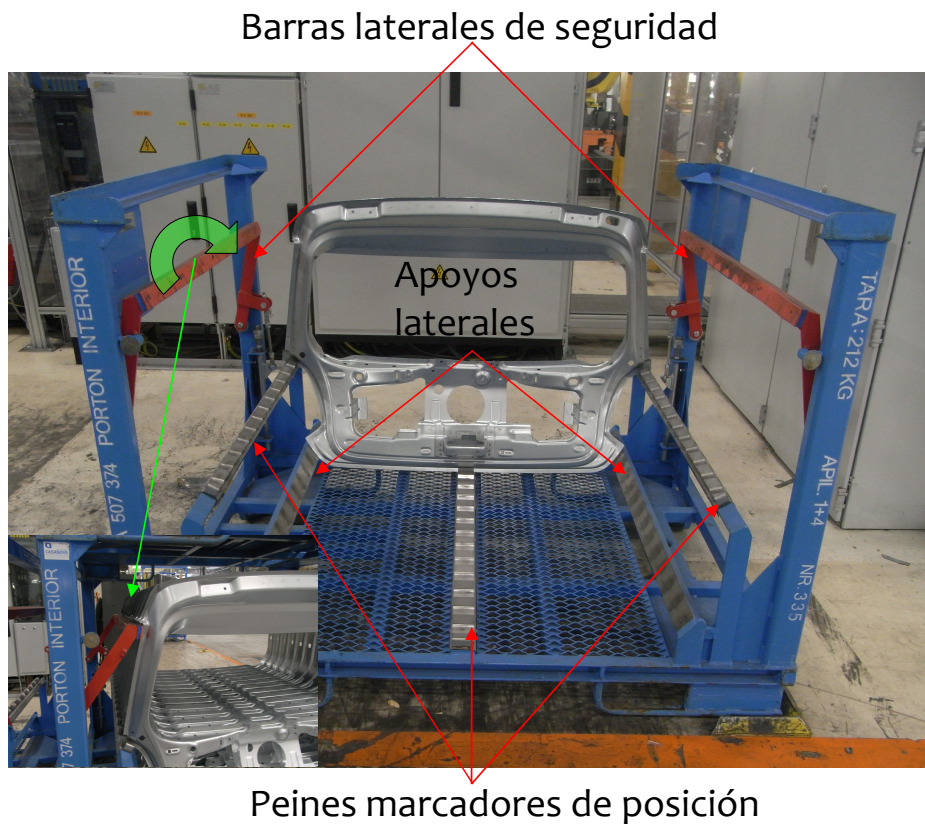


Figura 4.30: Contenedor para armazón de portón

armazón en el plano “xy”, es decir, que cada panel ocupe un único plano vertical, y se encuentran repartidos uno en la base del contenedor y los otros dos restantes en los laterales, uno a cada lado.

El segundo de estos elementos característicos es un par de apoyos también metálicos situados justo debajo de los peines laterales sobre los que descansa el armazón en su parte inferior. Funcionan como guía a la hora de cargar los paneles y facilitan su encuadre en los peines.

Con estos dos elementos, los paneles se encuentran acotados en el plano horizontal y en la dirección vertical negativa, pero todavía tienen la posibilidad de poder desplazarse a lo largo de la dirección “z” positiva, esto es, hacia arriba. Para terminar de restringir el movimiento del panel en todas las direcciones y todos los sentidos, el contenedor va también equipado en la parte superior con un par de barras laterales que cuentan con la peculiaridad de poder girar alrededor del eje y, a diferencia de los dos elementos anteriores que van fijos. Una vez el contenedor se ha cargado completamente de paneles en Prensas, se cierran dichas barras y el contenedor ya está listo para ser

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

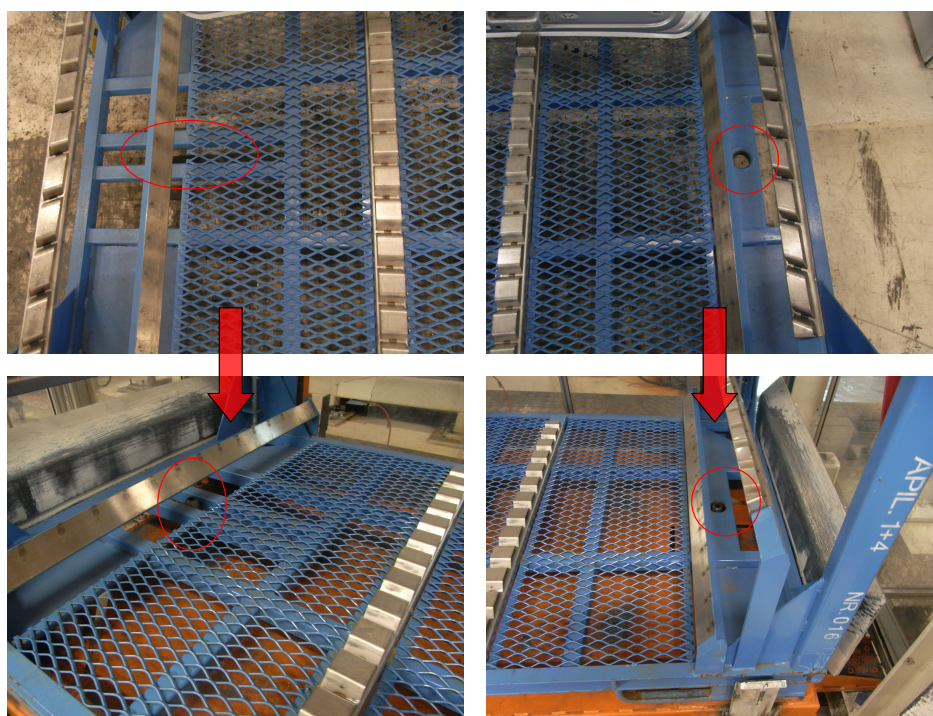


Figura 4.31: Sistema de anillos centradores para el encuadre del contenedor en el armario de la instalación según estándar Volkswagen

transportado.

Además de estos tres elementos específicos para el caso concreto del almacén interior del portón, todos los contenedores utilizados por Volkswagen cuentan con un sistema común para el encaje y el centrado del contenedor en el nicho de la instalación. Este sistema no es más que un conjunto de anillos de centrado tal y como se puede observar en la figura 4.31.

El problema que se presenta es que gran parte de los almacenes que llegan a la instalación lo hacen en contenedores defectuosos, por lo que, al tratarse de una descarga automática, inevitablemente el robot R1A, encargado de efectuar la descarga, falla al coger las piezas. Y es que el calibre empleado para comprobar que todos los elementos del contenedor cumplen con su función no es válido. Esto es, no es capaz de medir, valorar o cuantificar todas las necesidades del contenedor requeridas por producción.

Dicho calibre consiste en un prisma cúbico de dimensiones similares a las del habitáculo que queda enmarcado por el par de apoyos en la parte central del contenedor como se muestra en la figura 4.32. Está compuesto por dos partes: una inferior que mide el estado del peine inferior y de los

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.32: Calibre original para contenedor de armazón de portón

apoyos laterales y que además hace de base para el resto del calibre, y una superior que descansa sobre aquella y que calibra tanto los peines laterales como las barras de seguridad.

Como es lógico, primero se monta la parte inferior del calibre sobre el contenedor haciendo pasar sus cuatro patas por encima de los apoyos inferiores y hasta que el piloto soldado en su base encaje perfectamente en el agujero del contenedor, y el par de lengüetas también soldadas a su barra central, hagan lo mismo en los huecos de los extremos del peine inferior. A partir de ahí se monta la segunda parte sobre los anclajes de la primera, y se hacen girar manualmente a lo largo de su eje las pequeñas barras a la altura de los peines laterales, hasta que nuevamente las pestañas de sus extremos coincidan y hagan tope con los huecos correspondientes de dichos peines.

El problema es que para tomar una medida fiable es preciso que la parte inferior del calibre apoye sobre sus cuatro patas en la plataforma base del contenedor, hecho que no sucede así. En muchas de las mediciones apoya únicamente sobre tres de sus patas, por lo que el calibre deja de ser válido. Vemos por tanto que se trata de un aparato de medición totalmente inestable, sobre el que es imposible referenciar correctamente

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

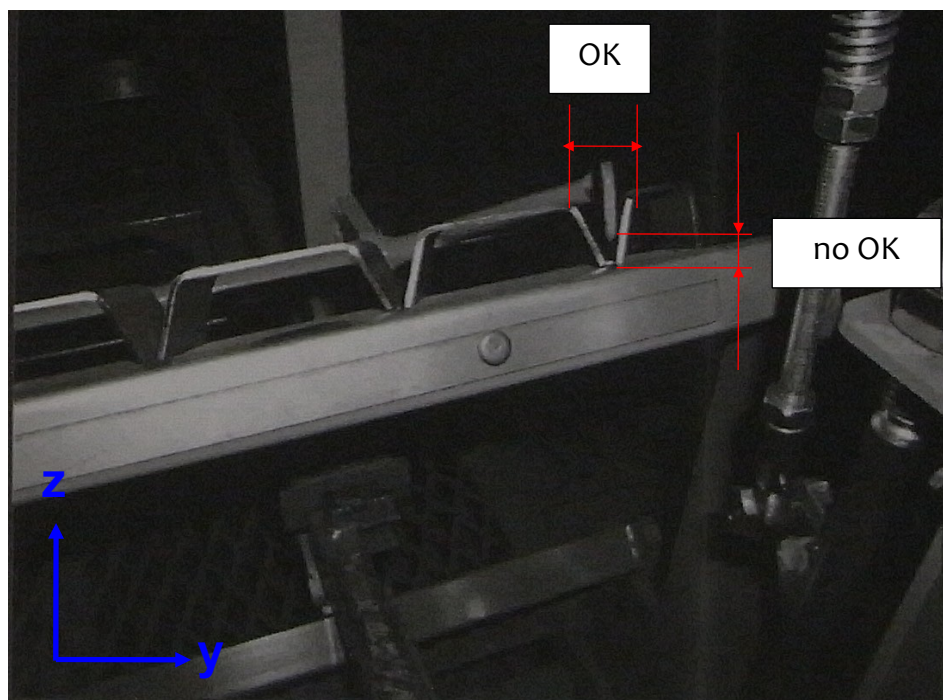


Figura 4.33: Las lengüetas de las barras giratorias del calibre entran en las cavidades de los extremos de los peines laterales (calibrado en dirección “y”) pero no hasta completar el posible recorrido (calibrado en dirección “z”)

ninguna medida.

Otro de los problemas que presenta es que en el caso de los peines inferior y laterales, las lengüetas o pestañas son capaces de calibrar la distancia “y” pero no la profundidad o altura “z”. En el primer caso basta con que cada par de lengüetas asociado a cada peine entre en las cavidades destinadas a los paneles extremos para comprobar que el contenedor cumple con las especificaciones en dicha dirección. Pero para poder llegar también a alguna conclusión en el segundo caso, es necesario además que dichas lengüetas encajen completamente en dichas cavidades; es decir, que no se queden a medio camino, sino que entren hasta el fondo, hasta que hagan tope con el propio peine, requisito que nuevamente no se cumple, tal y como se puede comprobar en la figura 4.33.

Un tercer problema no menos importante que los anteriores es que el calibre está pensado para valorar la correcta disposición de los elementos dentro del propio contenedor, o lo que es lo mismo, para evaluar que los paneles quedan recogidos en el contenedor dentro de los márgenes establecidos. Pero no para medir la correcta ubicación del contenedor dentro del nicho. Por ello, problemas tales como ligeras deformaciones o pequeños

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

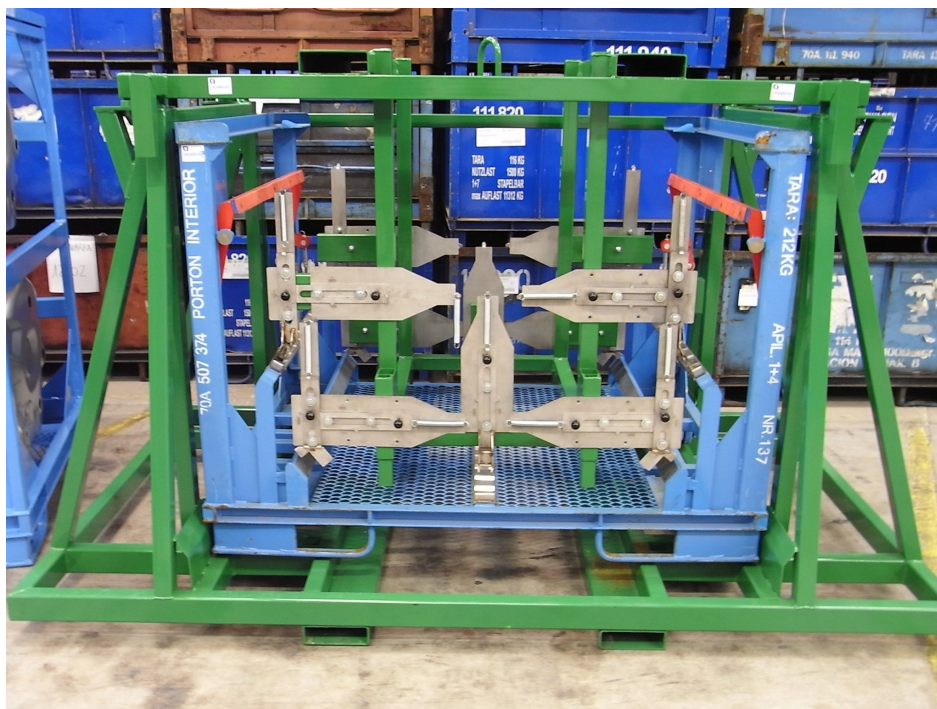


Figura 4.34: Calibre nuevo para contenedor de armazón de portón

aplastamientos en las pletinas o patas del contenedor que hacen que éste no encaje bien en el mueble y que, por tanto, el robot falle a la hora de descargar los paneles, no pueden ser detectados mediante este instrumento.

Y por último, destacar también que el calibre carece de un indicador que nos muestre cuándo estamos cumpliendo con las especificaciones y cuándo no, y en este último caso además, cuánto no estamos alejando del valor de referencia 0. Carece de cualquier elemento capaz de reflejar el grado de desviación y, por ello, no queda más que atenerse al criterio de la propia vista, en ningún caso aceptable dado el grado de precisión exigido a las instalaciones.

Por todo ello se decide fabricar un nuevo calibre para el contenedor del armazón del portón, que sea verdaderamente capaz de cotejar todas las dimensiones del mismo y que cumpla con las especificaciones productivas de la instalación, esto es, que las piezas ocupen siempre la misma posición para que el robot R1A no tenga problemas a la hora de descargarlas. Dicho calibre puede verse en la figura 4.34.

El calibre se concibe una vez más en dos partes: una primera estructura que simula el nicho real y sobre la que descansa el contenedor, y una segunda, en la que van adheridos el resto de elementos necesarios para efectuar la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

calibración y que se arma a la primera parte por arriba, hasta hacerla coincidir perfectamente con los cuatro puntos de amarre de ésta marcados para ello y quedar el contenedor completamente encajado en el calibre.

Un primer avance respecto al calibre antiguo y que salta a primera vista es que ahora se va a poder referenciar y medir la posición del contenedor respecto del nicho. Al introducir el contenedor en la estructura base del calibre, los centradores de éste último han de encajar en los dos agujeros correspondientes del container para así asegurar el centraje, de forma totalmente análoga a como sucede en la realidad a la hora de introducir el contenedor en el nicho.

Por otro lado, con este nuevo calibre se elimina también la necesidad de que éste apoye sobre sus cuatro patas sobre la plataforma base del contenedor para poder asegurar la fiabilidad en las mediciones. Sin necesidad de realizar ninguna otra maniobra complementaria, simplemente basta con el propio montaje del calibre para garantizar la estabilidad del conjunto. Esto es así porque en vez de tomar la plataforma base del contenedor como punto de referencia sobre el que desplegar el calibre y por tanto referenciar todas las medidas, ahora se toma como punto de partida los cuatro puntos de anclaje de las dos partes del calibre, independientemente del contenedor.

El sistema de muelles del que dispone el nuevo calibre avala también su capacidad para medir tanto en profundidad como en altura, esto es, tanto en dirección “y” como en dirección “z” respectivamente, según se recoge en la figura 4.35. La dinámica de comprobación de tolerancias es similar al calibre anterior. Lo único que cambia son los elementos destinados a dicha labor. Cuando se liberen o se destensen los muelles y las guías avancen, las pestañas solidarias a los extremos de dichas guías que calibran los tres peines en sus posiciones más extremas, más ahora también las escuadras que hacen lo propio con los dos apoyos inferiores, han de entrar completamente en las cavidades en ambas direcciones en el primer caso, y hacer tope sin que quede hueco alguno en el segundo, para asegurar el correcto estado del contenedor. La diferencia es que en vez de hacer la calibración de los distintos elementos cada pareja de lengüetas o de escuadras de forma conjunta, ahora se hace de forma separada o desacoplada. De esta sencilla forma tenemos calibrados los tres peines y los dos apoyos tanto en profundidad como en altura.

Por último, el calibre cuenta también con una serie de regletas que nos indican el grado de desviación de los elementos respecto de sus valores nominales, marcados en el calibre como valores 0 como se puede ver en la figura 4.36. Cada una de estas pequeñas reglas, cuyos campos de medida abarcan ± 10 mm respecto del valor de referencia 0 (recordemos que la desviación máxima admitida para el contenedor es de 15 mm), se encuentran marcadas en las piezas metálicas acopladas a la estructura del calibre. Cuando se libere la tensión de los muelles y deslicen las guías sobre dichas

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

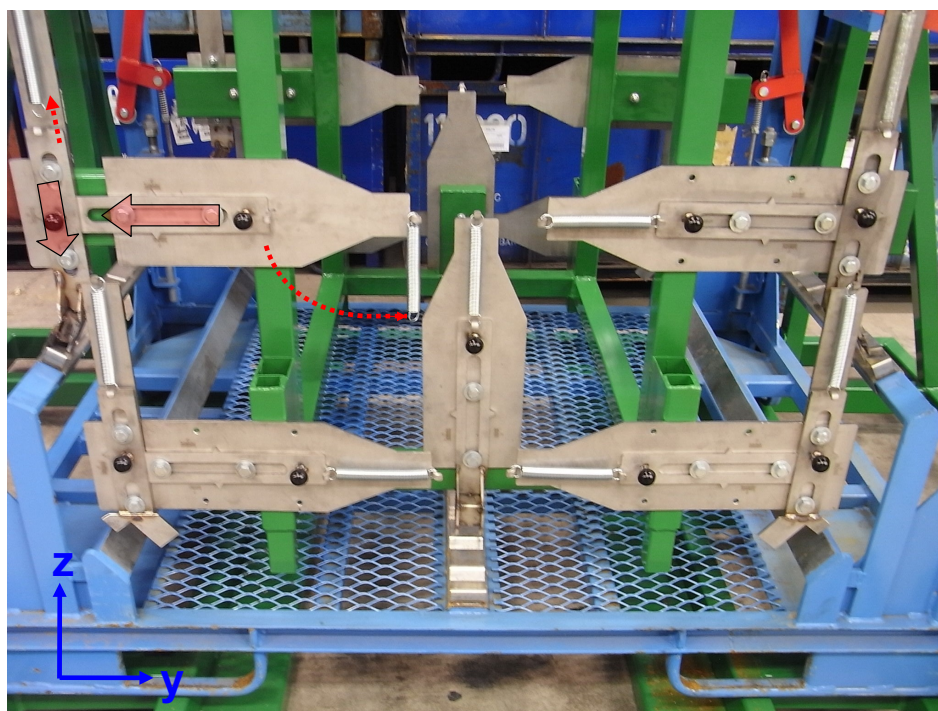


Figura 4.35: Sistema de muelles para la calibración en altura y profundidad. Cuando los muelles son destensados, las guías retroceden hasta hacer tope con los peines

piezas metálicas, el indicador en forma de flecha solidario a la guía marcará un valor u otro en función del punto en el que dicha guía haya hecho tope con el elemento del contenedor correspondiente. Así tenemos una indicación clara y sencilla de si el contenedor está dentro de tolerancia o no y de cuánto nos alejamos en su caso del valor nominal.

Como principal inconveniente de este nuevo calibre, están sus dimensiones y, por tanto, su peso. Ello supone, a parte del encarecimiento lógico del producto (el nuevo calibre cuesta aproximadamente 2.250 € frente a los 1.000 € que cuesta un calibre de dimensiones ordinarias), la necesidad de una pequeña grúa para montar la parte superior del calibre sobre la inferior, mientras que con el calibre antiguo esta operación se realizaba de forma manual.

Llegados a este punto cabe preguntarse qué sucedería en caso de que por una mala práctica con el calibre o por el uso repetido y continuado del mismo en el tiempo, éste sufriera un desajuste o una pérdida en sus prestaciones. En otras palabras, si existe un calibre o un procedimiento de ajuste para el propio calibre.

Al comprobar que actualmente no existe un protocolo de actuación en

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

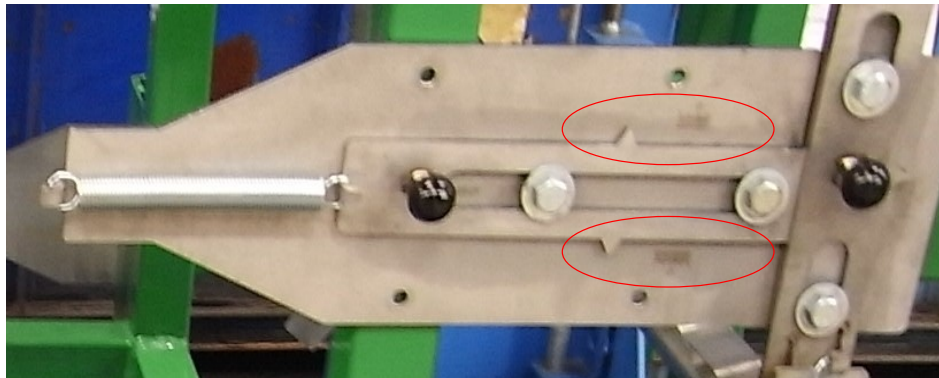


Figura 4.36: Sistema de regletas para cuantificar el grado de desviación de los elementos del contenedor

caso de fallo del propio calibre, se decide identificar con un color especial (amarillo frente al color azul de los contenedores), apartar del circuito y guardar en una zona especial un contenedor ajustado a 0 y que sabemos es correcto, que sirva de calibre para el propio calibre.

4.3.5 Atasco en la Guía de Alimentación del Disparador de Tornillos

El conjunto portón, en la zona central de chapa comprendida entre los orificios donde posteriormente irán montados la luna y el emblema del armazón, cuenta con tres pernos destinados al montaje del soporte motor limpiaparabrisas (ver figura 4.37). Dichos pernos son soldados al panel interior por medio del robot R1A. A su vez, los tornillos son suministrados por un equipo disparador que los transporta desde una tolva de carga, mediante aire comprimido y por mangueras transportadoras, hasta su debida posición de montaje.

El funcionamiento de dicho equipo disparador es sencillo. Consta de cinco elementos diferenciados, tal y como se puede comprobar en la figura 4.38: una tolva de alimentación de tornillos, un carril vibratorio alineador; una colisa transversal separadora, una manguera y una uña prensora capaz de realizar una carrera “inclinada” y una carrera vertical o de “handling”.

La tolva del autómat a alineador se rellena con los tornillos. En función de la demanda, la bandeja vibratoria se abastece de la tolva con una cantidad determinada de tornillos.

Debido a las vibraciones reguladas, las piezas llegan a los elementos alineadores saliendo en una determinada posición de transporte del autómat a alineador. Dentro del carril vibratorio del transportador lineal se forma un tampón de piezas colocadas en su debida posición.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

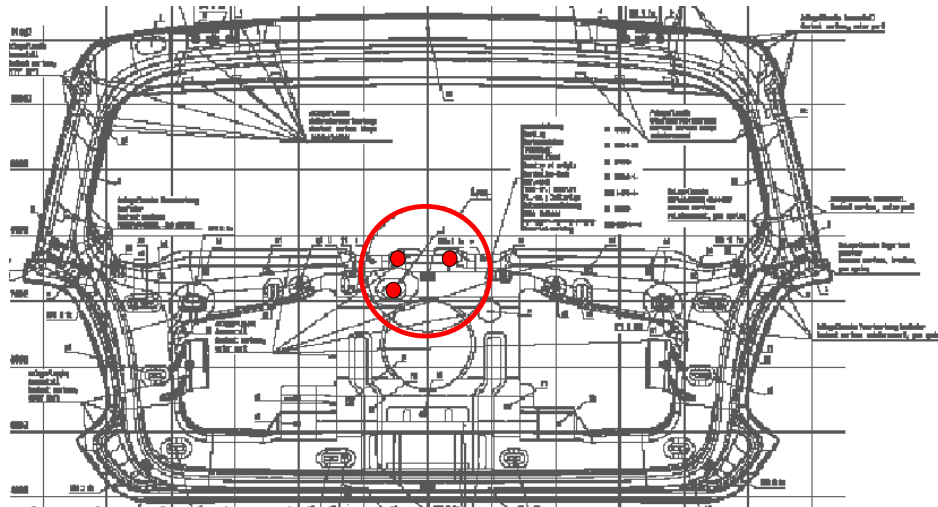


Figura 4.37: Vista esquemática de la zona de soldadura de los tres pernos sobre el armazón del portón en la estación 110

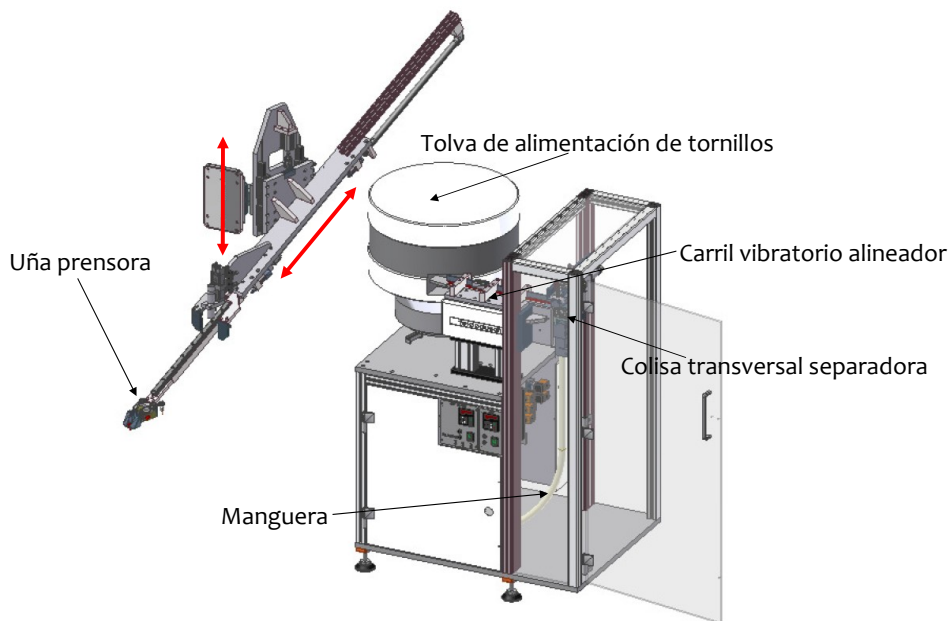


Figura 4.38: Disparador de tornillos

La colisa transversal dispuesta a continuación separa el primer tornillo lateralmente del trecho puesto en el tampón, colocándolo encima de la posición de la manguera. Cuando retrocede la colisa de horquilla, el tornillo separado puede caer en la manguera. La colisa de horquilla vuelve a avanzar

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

después al igual que la colisa transversal, pudiendo así hacerse cargo del siguiente tornillo.

La acometida para el aire está encima de la manguera recién llenada, por lo que, el tornillo, una vez ya separado, se puede transportar soplando por dicha manguera transportadora hasta la ña prensora.

Las mordazas de la ña prensora sujetan el tornillo posicionándolo, a través de una carrera “inclinada” de la lanzadera, encima del electrodo inferior. Mediante otra carrera vertical de handling y la subsiguiente apertura de la ña prensora se coloca el tornillo. La carrera vertical sube entonces y la ña se cierra de nuevo. Después la carrera “inclinada” retrocede. Por su parte, la manguera transportadora pasa a su posición de partida y el ciclo empieza de nuevo.

El problema que vamos a tratar reside en el carril vibratorio alineador. Y es que los tornillos quedan frecuentemente atascados en dicha guía. Cuando esto sucede es preciso remover las piezas atascadas y reajustar de nuevo el carril vibratorio.

Se trata de un fallo que se da aleatoriamente. No ocurre de manera continua, pero cuando lo hace, las paradas son constantes. De ahí su gravedad, puesto que también está demostrando un desconocimiento acerca de la propia esencia del fallo. Del mismo modo, su resolución a corto plazo es cuestión de azar, puesto que tanto mantenimiento como el propio conductor de la instalación actúan según su intuición y experiencia, sin conocer realmente las medidas necesarias a adoptar y sabiendo que el problema volverá a repetirse en el futuro.

Dicha aleatoriedad nos lleva a pensar que el problema pueda residir en los propios tornillos. Y más que en el diseño de los tornillos en general, en una determinada partida o lote de tornillos que es el que hace que el fallo ocurra en un determinado periodo de tiempo y no en otro. En la figura 4.39 se muestra un plano del tornillo en cuestión.

La cabeza del tornillo cuenta en su base con tres protuberancias, dispuestas 120° una respecto de la otra, que son las que asientan realmente sobre la parte inferior del carril vibratorio. La función de estas protuberancias es la de aportar el material necesario para fundir durante la soldadura. Si dichas protuberancias vienen de proveedor fuera de tolerancia, tanto por encima como por debajo, por un lado se van a producir atascos al no estar la guía ajustada para esos valores, y, por otro, deficiencias en la calidad del punto de soldadura.

Para entender mejor lo que sucede es necesario previamente aclarar la propia composición del carril vibratorio alineador. La guía de este carril está compuesta por dos partes: una inferior que sirve de raíl al vástago roscado del tornillo y que por tanto acota los movimientos de los pernos en el plano

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

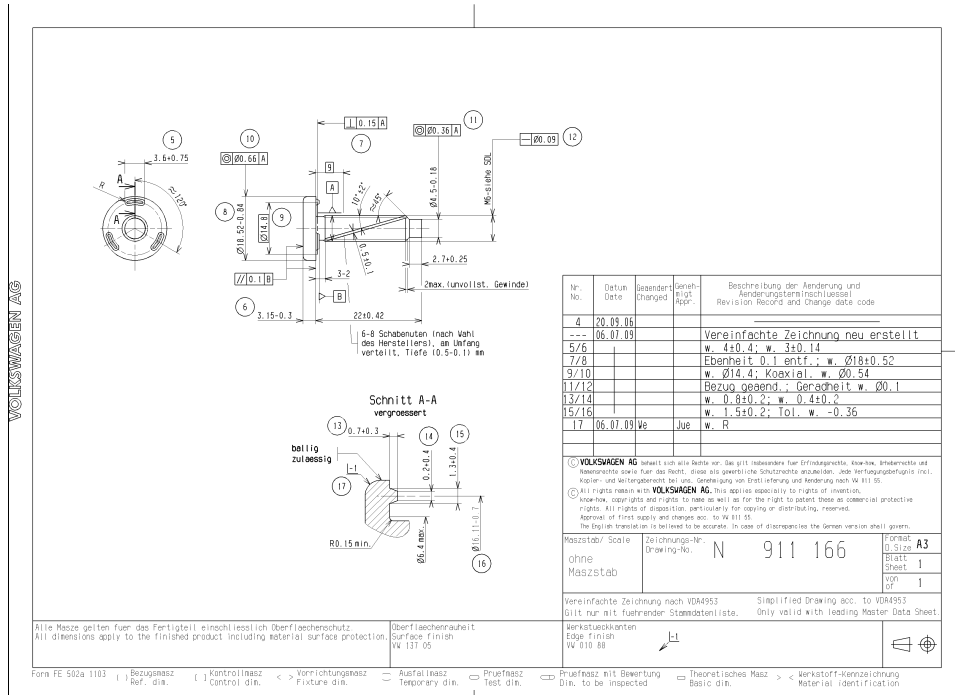


Figura 4.39: Tornillo soldable M6x22 N911 116

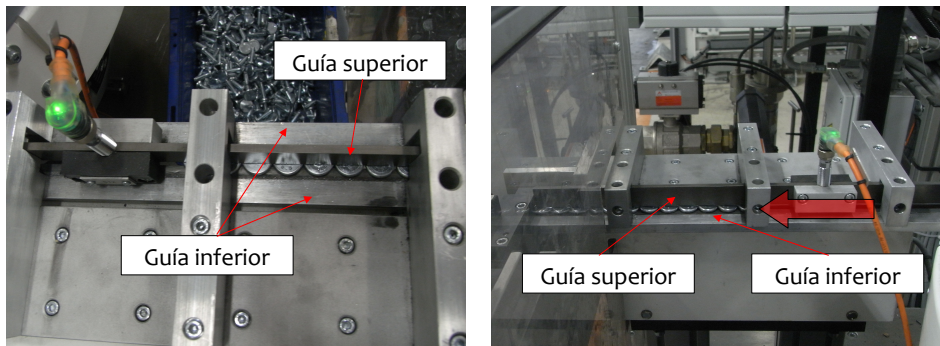


Figura 4.40: Carril vibratorio del disparador de tornillos

“xy”, y una superior que hace que la cabeza de los tornillos descansa sobre aquella, ajustando por tanto la cota “z” (ver figura 4.40).

Si la distancia entre la parte superior de la guía y la inferior es demasiado grande, la holgura existente permite que con las vibraciones unos tornillos se solapen con otros.

Y si, por el contrario, la altura de la guía superior con respecto a la inferior es demasiado pequeña, se obstaculiza el desplazamiento normal de los tornillos aprisionándolos contra la guía inferior, la cual al estar

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

recubierta internamente por una capa de vulcolan (material similar al caucho compuesto por aditivos de poliuretano, desmour 15, poliéster-poliol y un agente de cross-linking), queda marcada por las improntas de los tornillos cuando finalmente consigan pasar a través del carril. Estas improntas están desgastando la guía y aumentando la posibilidad de movimiento de los tornillos en el plano horizontal. Así, los tornillos pueden perder ahora su disposición vertical a la hora de circular por el carril y, como resultado de esta inclinación, solaparse de igual modo unos sobre otros.

Análogamente, si la altura de las protuberancias es demasiado pequeña, la distancia que queda entre ambas partes de la guía es demasiado grande, y los tornillos tienen altura suficiente para solaparse unos con otros durante las vibraciones. Y viceversa, si la altura de las protuberancias es mayor que la tolerancia superior, el tornillo queda aprisionado entre las dos partes de la guía, rallando y desgastando el interior del carril inferior; es decir, otorgando una mayor holgura para la circulación posterior de los pernos sucesivos, que facilita una vez más el atasco de los tornillos.

Hacer especial hincapié en este último caso en que los tornillos que vienen fuera de tolerancia y que, por tanto, son los que realmente fallan, no son los que quedan atascados después en la guía, sino los que la han desgastado con anterioridad a que la avería tenga lugar. La detección o el efecto del fallo (pernos atascados en guía) no es por tanto inmediato a la aparición del mismo (tornillos fuera de tolerancia superior). De ahí que éste se convierta en un problema verdaderamente difícil de detectar.

Probablemente, si dichos tornillos contasen con cuatro en vez de con sólo tres protuberancias, se reduciría drásticamente el número de pernos atascados en el carril, puesto que se estaría reduciendo el ángulo de separación entre ellas y, por tanto, el número de posibles posiciones de solape de pernos contiguos. Pero estaríamos hablando de un nuevo diseño de perno soldable.

Una primera solución para detectar la existencia de tornillos defectuosos es realizar un test de comprobación de la trazabilidad. El sistema de producción de la empresa en cuanto a material comprado se refiere está basado en el principio de calidad concertada. Ello supone que una vez el material ha sido homologado en cuanto a dimensiones, propiedades mecánicas y de resistencia y adaptabilidad al proceso productivo, se le exige al proveedor por contrato garantizar que en todo momento ese material suministrado cumple con el 100% de las especificaciones. Por ello, si finalmente se constata una desviación, habrá que abrir un proceso de reclamación al proveedor.

Calidad Material Compra (CMC) es el departamento encargado de evaluar la validez del material proporcionado por los proveedores y, por tanto, el responsable de realizar este test puntual de trazabilidad. Su labor

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

va a consistir en medir las dimensiones de los tornillos y cotejarlas con los valores nominales mostrados en la figura 4.39. Para ello selecciona 5 lotes distintos y muestrea una de las bolsas de cada lote. Empleando el micrómetro para sus mediciones, estudia los valores de las distintas dimensiones y compara las diferencias entre unos y otros, permitiendo llegar a la conclusión de qué lotes de tornillos son válidos y cuáles defectuosos, y poder acercarnos de ese modo a la razón del fallo.

Si los tornillos que están fallando en el carril alineador del disparador corresponden con los lotes rechazados por el control estadístico, podremos achacar el fallo a un incumplimiento en las medidas de los tornillos, denunciar la anomalía y, como se ha dicho en párrafos anteriores, reclamar al proveedor. Si por el contrario, se comprueba que no existen lotes fuera de tolerancia o que los que lo están no están fallando en la instalación, nos llevará a descartar la opción del tornillo como origen o motivo del fallo.

Efectivamente, los resultados del análisis constataron que 4 de los 5 lotes examinados estaban compuestos por tornillos cuyas protuberancias excedían el valor permitido por la tolerancia superior, con lo que se abrió el pertinente proceso de reclamación al proveedor.

Una opción igualmente probable es que el problema resida en la propia guía. Como ya hemos comentado en párrafos anteriores, la parte inferior del carril a través de la cual circula la parte roscada de los tornillos está recubierta por una capa de vulcolán. El vulcolán [4] es un material polimérico, similar al caucho y a otras gomas como el fibroflex, que ofrece grandes prestaciones en cuanto a resistencia. Es un material en teoría suficientemente duro (valores de dureza comprendidos entre 75 y 95 Shore) pero al mismo tiempo suficientemente elástico como para sufrir cierta deformación ante posibles golpes.

Por ello es muy beneficiosa su utilización en esta aplicación, puesto que ante pequeñas alteraciones en la trayectoria del tornillo respecto a la vertical en cualquier dirección es capaz de deformarse o flexionarse y evitar así cantos perturbadores en el vástago que inutilizarían al tornillo por completo.

Dicho esto, cabe destacar la importancia de que no se produzcan cantos perturbadores en el tornillo. En el caso de que la rosca resultara deformada y/o desgastada, al no existir ningún tipo de indicador que lo contraste, el propio proceso no impediría que el perno siguiera siendo soldado al portón. El problema se agrava aún más y la anomalía no podría ser notificada hasta la fase final de montaje del soporte motor limpiaparabrisas.

Pero, por otro lado, su principal ventaja se puede convertir también en su máximo inconveniente. Y es que a pesar de que posea un valor adecuado de dureza, sigue siendo una goma, por lo que nunca va a superar a un acero normal en cuanto a dureza se refiere. Por ello, si el tornillo, fabricado en acero templado de baja aleación (c340) con una capa de protección

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

galvanizada, supera cierto grado de inclinación en su paso por la guía, al poseer mayor valor de dureza, rayará el recubrimiento de vulcolan y posibilitará que los siguientes tornillos se solapen unos con otros al tener ahora espacio para hacerlo.

Para solucionar el problema se decide también cambiar las guías de vulcolan por guías de acero templado y revenido prácticamente imposibles de desgastar, al menos por la circulación del tornillo a través de la misma. Como principal inconveniente, nos exige ser si cabe todavía aún más precisos con el ajuste de la holgura en las guías, puesto que si el tornillo queda atrapado o pinzado en el carril, como ahora éste posee mayor dureza que el propio tornillo gracias al tratamiento superficial, con total seguridad se producirán cantos perturbadores.

En relación también a las guías no se puede obviar el hecho de que carriles sucios pueden provocar atascamientos al igual que carriles desgastados. Incluso piezas limpias dejan una capa de suciedad ya no solo en la bandeja vibratoria, sino también en la manguera y en el dispositivo separador. Dicha suciedad debe removerse o eliminarse periódicamente empleando los medios apropiados.

Hasta ahora esta limpieza preventiva se venía realizando cada mes y consistía simplemente en pasar una pistola de aire comprimido para eliminar cualquier resto de viruta, partícula de polvo o cualquier otro tipo de impureza. A partir de la ejecución de este proyecto, se decide realizar esta misma limpieza cada quince días.

Otro factor que puede agravar el problema de suciedad es el hecho de que el operador logístico vierte directamente sobre la tolva la caja donde se almacenan los tornillos. Y con ellos, cualquier otro tipo de partícula o sustancia contaminante que puede atascar después las partes del equipo disparador. Por ello se decide que los tornillos vengán precintados en su respectiva bolsa hasta el momento de ser introducidos en el tambor. Al romper el embalaje justo en el momento de inserción, y no antes, evitamos la posibilidad de que entre con ellos cualquier tipo de partícula no deseada.

Por último, no podemos descartar tampoco el modo de funcionamiento del equipo como una de las posibles causas, ya sea fundamental o complementaria, del atasco de los tornillos en la guía. Como sabemos, las vibraciones de la bandeja pueden ser reguladas en función de la demanda con el fin de suministrar la cantidad necesaria de tornillos. Esta regulación se lleva a cabo por medio de dos detectores tipo inductivo ², situados uno al inicio del carril vibratorio con respecto a la salida de la tolva y otro a la

²Los detectores empleados son de tipo inductivo. Se basan para su funcionamiento en las propiedades ferromagnéticas que presenta el hierro y, por consiguiente, del acero. Su campo de respuesta está comprendido entre los 3 mm y los 5 mm

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

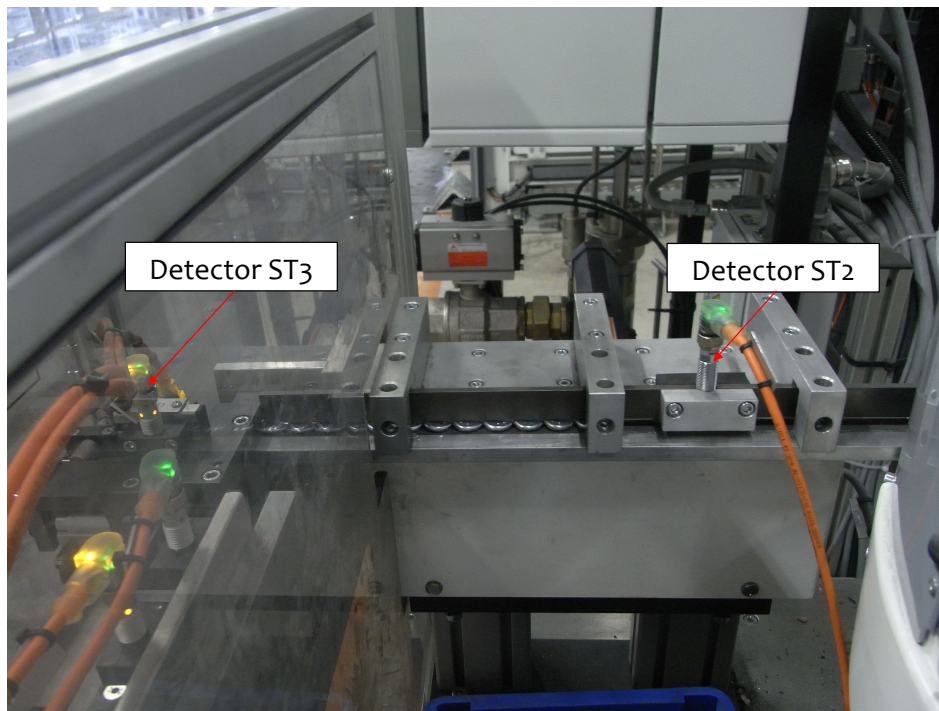


Figura 4.41: Disposición de los detectores en el carril transportador. El detector ST2 se sitúa a la salida de la tolva de alimentación y el ST3, a la entrada de la manguera. El espacio que queda entre los dos detectores tiene que estar siempre lleno de pernos

entrada de la manguera, justo encima de la colisa transversal como se indica en la figura 4.41.

Como única condición se requiere que el espacio dentro del carril transportador comprendido entre los dos detectores esté siempre cubierto por un tampón de pernos, para garantizar así el abastecimiento de piezas a la uña prensora. De este modo, si dicha parte del canal se encuentra repleta de pernos, el equipo se encontrará en reposo, mientras que si cualquiera de ellos es incapaz de detectar la presencia de pieza alguna, automáticamente enviará la señal oportuna para que la bandeja comience a vibrar y se asegure así el suministro.

Tras comprobar el funcionamiento del disparador en la instalación, se aprecia efectivamente la existencia de una incongruencia al encontrarse la bandeja vibrando el 100% del tiempo.

Este hecho vuelve a evidenciar una vez más el desconocimiento del funcionamiento de los equipos por parte de personal tanto de producción como de mantenimiento. Por ello, además de ejecutar las acciones técnicas oportunas, se procede al mismo tiempo a reclamar al departamento

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

de Formación las gestiones necesarias para otorgar los conocimientos pertinentes a la plantilla. A pesar de que la fecha inicial para esta formación estaba prevista para finales del mes de febrero, no es hasta un mes después cuando finalmente tienen lugar estos cursillos.

Técnicamente el hecho de que no existan intervalos de tiempo diferenciados en los cuales el carril vibre solidariamente con la bandeja o se encuentre en reposo, provoca un desgaste innecesario tanto en la guía del equipo como en los propios tornillos, un desajuste de la bandeja y del carril que dificulta o incluso llega a impedir la transmisión de las vibraciones y una sobrecarga del motor. Únicamente se requiere que el dispositivo vibre cuando haya necesidad real de transporte. El resto del tiempo es inútil que se encuentre vibrando: no realiza ninguna función e incrementa el riesgo de aparición de averías.

Con todo ello se procede a reducir el intervalo de vibración del canal exclusivamente a dos situaciones: cuando el sensor ST3 no detecte la presencia de pieza, lo que indica que el primer perno del tampón ha sido separado de la fila por la colisa transversal, o cuando sea el sensor ST2 el que no consiga detectar pieza alguna, lo que evidencia la necesidad de extraer mayor cantidad de pernos del tambor de alimentación. En ambos casos las vibraciones concluirán cuando los sensores vuelvan a detectar la presencia de pernos.

4.3.6 Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo

Recordemos, tal y como se explicó en el apartado 3.2.1, que en el desarrollo del presente proyecto, bajo el nombre de tiempo abierto quedan recogidas todas aquellas acciones que imposibilitan, al igual que las averías técnicas o las paradas por calidad, 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 por qué de dicha improductividad.

Dentro de este tiempo abierto queda recogido el cúmulo de averías o paradas de la instalación que el conductor no apunta, o de las que sí apunta pero con tiempos de duración incongruentes, y de los periodos en los que las ventanas de carga permanecen abiertas sin alimentar. Pero, sin duda, el factor que más perjudicialmente contribuye a engrosar este tiempo es que la instalación se encuentra operando con un tiempo de ciclo mayor que el valor objetivo de 89 segundos.

En el mes de Marzo, al haber ya concluido las fases de lanzamiento y de producción de prototipos y preseries, quedó finalmente aceptada la instalación. Esta aceptación consiste sencillamente en comprobar que la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

instalación funciona en circunstancias normales bajo las condiciones de operación contratadas para producir la cantidad de coches planificada a lo largo de la vida del modelo. No cabe pues duda de que para poder cumplir con los compromisos de producción adquiridos es imprescindible que la instalación opere en tiempo ciclo.

Hasta el mes de Marzo, simples depuraciones en los programas de los robots bastaron para meter la instalación en tiempo ciclo. Así pues, cuando se realizó la prueba de rendimiento en la semana 9, se constató efectivamente que ésta cumplía con los tiempos de ciclo estipulados.

A pesar de ello, nos encontramos con que varios días después, la instalación está operando fuera de tiempo, aunque a un nivel inferior a como lo hizo en el mes de Noviembre al iniciarse el presente proyecto.

Se comprueba, por tanto, como simples reprogramaciones en la aplicación de los cordones de masilla, en los tiempos de soldadura o en la descarga de revestimientos y armazones de los contenedores, son en principio pequeñas alteraciones en los tiempos de operación de los distintos robots, las cuales se realizan de una forma más o menos frecuente sin mayor consecuencia, pero que en conjunto, y con el paso del tiempo, constituyen un incremento de varios segundos en el tiempo ciclo global de la instalación.

Además, y como es lógico esperar, concretamente los robots que forman el cuello de botella son los robots que poseen una mayor carga de trabajo en cuanto a número de operaciones, desplazamientos y, por tanto, tiempo se refiere. Estos robots son los robots R1A y R2A.

En la tabla 4.2 quedan recogidos los tiempos ciclo que registró la instalación del portón tanto de fábrica 1 como de fábrica 2 durante el mes de Marzo y a partir de la semana 9 en la cual se llevó a cabo la prueba de rendimiento. En ella, los tiempos que estén fuera de objetivo (89 segundos) se indicarán en color rojo.

Efectivamente, los robots R1A y R2A son los cuellos de botella de la instalación, al igual que las estaciones de carga 130 y 380, y su tiempo de ciclo va aumentando a medida que avanzan los días. Por ello mismo habrá que pensar al mismo tiempo en formas de reducir el tiempo de operación de los robots y el tiempo que las ventanas permanecen cerradas.

No hay que olvidar tampoco que el hecho de que la instalación esté operando con un tiempo de ciclo superior al que debiera, distorsiona los datos reales de disponibilidad. Éstos se calculan con respecto al valor teórico u objetivo de tiempo ciclo, esto es, 89 segundos, pero no se trata de un valor real. El resultado, como ya hemos visto, es la existencia de un tiempo abierto excesivamente grande que a su vez hace disminuir de forma indebida la disponibilidad técnica de las máquinas por motivos además aparentemente desconocidos. Y como bien es sabido, lo que no se es conocido no se puede solucionar.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Fábrica 1

	Fecha	AFO 130		AFO 380		R1A	R1B	R1C	R1D	R2A	R2B	R2C	R2D
		Vent cerrada	Vent abierta	Vent cerrada	Vent abierta								
KW 9	01/03/10	33.4	56.1	38.5	49.4	89.0	79.5	53.9	67.9	88.9	86.9	81.4	87.5
	02/03/10	33.1	55.9	38.6	48.8	89.3	79.5	54.0	67.9	89.0	86.9	79.8	87.6
	03/03/10	33.0	56.0	39.7	48.8	89.6	79.4	54.0	68.0	89.0	87.0	79.8	87.3
	04/03/10	33.3	56.0	39.3	49.0	89.4	79.7	54.1	68.0	89.3	86.8	81.0	87.5
	05/03/10	33.4	56.3	38.9	49.2	89.9	80.0	54.0	68.2	89.2	87.1	81.2	87.7
KW 10	08/03/10	33.5	56.3	40.1	49.7	90.4	81.2	54.1	68.5	89.9	87.5	81.7	87.9
	09/03/10	33.4	56.4	39.5	49.8	90.0	81.0	54.0	68.6	90.0	87.5	81.8	87.8
	10/03/10	33.8	56.4	39.3	49.7	89.9	80.8	54.0	68.7	89.8	87.9	81.7	87.9
	11/03/10	34.0	56.8	39.3	49.7	89.9	80.9	54.1	68.7	90.2	88.0	81.7	87.8
	12/03/10	34.1	56.9	39.6	49.9	90.3	80.9	54.1	69.0	90.2	88.1	81.9	87.8
KW 11	15/03/10	33.9	56.8	40.2	50.0	90.3	80.9	54.2	69.5	90.8	88.1	82.0	88.3
	16/03/10	34.0	56.5	40.1	49.9	90.8	81.0	54.1	69.6	90.7	88.0	81.9	88.3
	17/03/10	34.2	56.7	40.1	50.1	90.6	81.2	54.2	69.8	90.8	88.2	82.0	88.2
	18/03/10	34.2	56.9	40.3	50.1	90.7	81.4	54.2	69.9	90.8	88.3	82.0	88.1

Fábrica 2

	Fecha	AFO 130		AFO 380		R1A	R1B	R1C	R1D	R2A	R2B	R2C	R2D
		Vent cerrada	Vent abierta	Vent cerrada	Vent abierta								
KW 9	01/03/10	34.0	55.3	40.5	49.4	89.8	79.0	53.8	66.8	89.0	87.1	72.9	87.0
	02/03/10	33.9	55.1	40.6	49.7	89.6	79.3	54.1	66.7	89.0	87.2	72.8	87.1
	03/03/10	34.9	54.9	41.7	49.8	89.9	79.3	53.9	67.9	89.1	87.0	72.9	86.8
	04/03/10	35.3	55.0	41.3	50.0	90.0	79.4	54.3	67.5	89.4	87.0	72.9	87.0
	05/03/10	35.4	54.8	40.9	50.3	89.8	79.5	54.0	67.1	89.3	87.3	73.0	87.2
KW 10	08/03/10	36.7	54.6	42.1	49.8	91.5	80.8	54.3	67.4	90.5	87.5	73.1	87.4
	09/03/10	36.7	54.4	41.5	49.5	91.4	80.5	54.1	67.5	90.3	87.8	72.8	87.3
	10/03/10	37.2	54.4	41.3	49.4	90.9	80.3	54.2	67.6	89.9	88.0	72.8	87.4
	11/03/10	37.5	54.7	41.3	49.4	90.9	80.4	54.2	67.6	90.0	87.9	73.2	87.6
	12/03/10	37.3	54.8	41.6	49.8	91.6	80.5	54.3	67.3	90.0	87.8	73.2	87.6
KW 11	15/03/10	38.0	54.9	42.2	50.0	92.3	80.2	54.7	68.1	90.8	88.5	73.1	87.6
	16/03/10	37.9	55.0	42.1	50.1	92.0	80.5	54.3	68.6	90.9	88.5	73.2	87.5
	17/03/10	37.9	55.1	42.1	49.9	92.1	80.7	54.2	68.5	91.0	88.4	73.4	87.5
	18/03/10	38.2	54.9	42.0	49.9	92.1	80.6	54.2	68.7	90.9	88.5	73.7	87.6

Tabla 4.2: Tiempos ciclo de la instalación de portón en fábrica 1 y fábrica 2 registrados durante las semanas 9, 10 y 11

En cualquiera de los casos, para poseer un control real de la instalación y poder cumplir con la producción demandada, uno de los pilares básicos es que el conjunto de la instalación trabaje en tiempo ciclo.

Por todo ello se decide realizar un taller dedicado exclusivamente a la optimización de los tiempos ciclo no sólo del portón, sino también del resto de instalaciones de Elementos Móviles, puesto que se trata de un problema compartido por todas ellas. Este *Workshop* específico se realiza durante la semana 12 (del 22 al 26 de Marzo) y en él participan responsables de los departamentos de Planificación Industrial, Producción Chapa y Mantenimiento.

Observando in situ el funcionamiento de los robots y comparando los desplazamientos y las diferencias de tiempo entre las dos fábricas, se establece una serie de medidas para reducir el tiempo ciclo de las instalaciones. Las medidas acordadas para la instalación del portón, caso de estudio, se muestran en el anexo E.

De entre todas ellas cabe destacar principalmente tres medidas, por la inmediatez de su aplicación y/o por el ahorro de tiempo que suponen. Mientras que las dos primeras afectan al robot R1A, la última de ellas atañe al robot R2A (ver tabla 4.3).

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Nº Medida	Nº Carga trabajo	AFO ROBOT	PROBLEMA	MEDIDA	Fecha de realización	Plazo realización	Responsable	Departamento	Comentarios
WSEM KW12-1	Refuerzo ceradura	ventana AFO 130 Rb. 1A F1+F2	Tiempo de espera por ventana cerrada al realizar la ceradura de refuerzo en mesa giratoria	Colocar soporte filo para Refuerzo Cerradura independizando ciclo de mesa giratoria (No necesi la esperar a que Rb. 1A recoja refuerzo de la mesa). Se consigue un mayor tiempo de ventana abierta y reducción de tiempo ciclo robot	en curso	16.07.2010	Nazarro	Procesos Chapa	
WSEM KW12-4	Punzonado	R1A-F2	El robot 1A de fábrica dos hace un recorrido en la fábrica 1, costando más tiempo.	Cambiar el orden de punzonado en Portón Fabrica 2 (Punzonar en dirección al Markator)	introducido	Introducido	Quifones	Mtmo. Chapa	
WSEM KW12-10	Mesa Volteadora	R2A, AFO 210 F2	Cierre de bridas del robot 2A en fábrica 2 en el punto "0" a robot parado a la salida de la mesa centradora alargando el tiempo de ciclo. (en la fábrica 1 realiza el cierre de bridas sin paradas).	Reprogramar Rb. 2A para solapar la apertura de bridas en dejada panel en AFO 210 (Mesa Volteadora) con las del manipulador vacío para recogida de panel en la misma AFO	introducido	Introducido	Quifones	Mtmo. Chapa	

Tabla 4.3: Medidas específicas para optimizar el tiempo ciclo de la instalación del portón

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

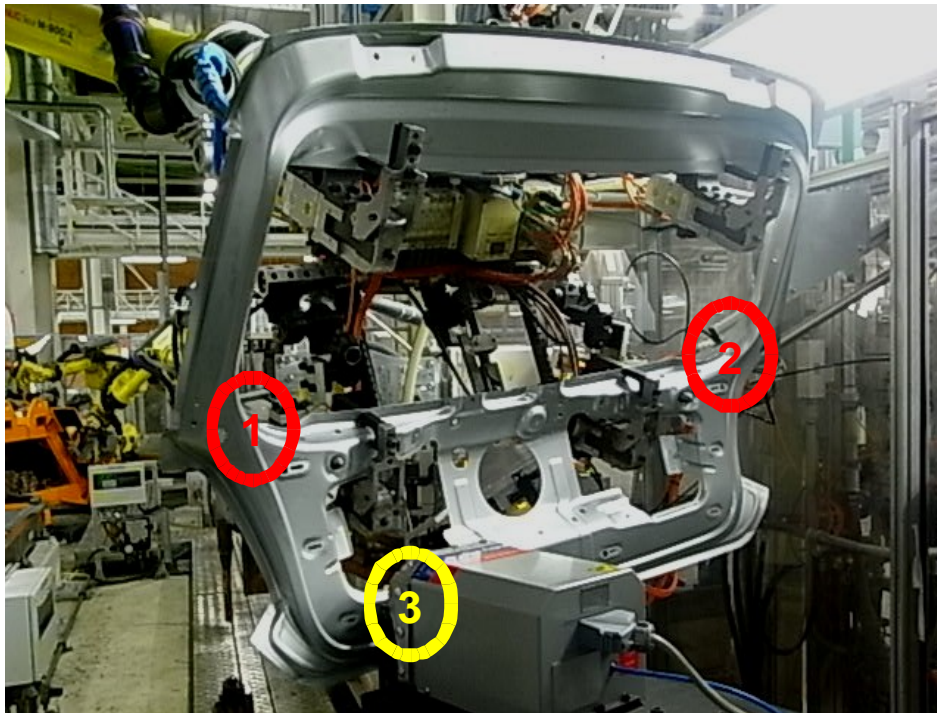


Figura 4.42: Ubicación de punzonados y fechado en el armazón de portón. 1 punzón 1; 2 punzón 2; 3 fechado

La primera de ellas consiste en modificar el orden de punzonado. Una vez el robot R1A ha terminado de descargar el armazón del portón del contenedor acude a la estación de perforado para abrir dos pequeños agujeros en la chapa, tal y como se muestra en la figura 4.42, para seguidamente desplazarse a la estación conjunta de marcado. En esta estación se estampa en la chapa el turno, día, semana, año y número correlativo que identifican de forma inequívoca cada portón fabricado según la norma DIN 1451-4. En la misma figura se puede comprobar también la ubicación del marcado en el portón.

El problema que se da en la fábrica 2 es que dada la secuencia de punzonado, la trayectoria del robot R1A se aleja del equipo de marcado, también denominado Markator por su marca comercial, al punzonar. Consecuentemente, realiza un recorrido más largo y, por tanto, invierte más tiempo para ejecutar la misma tarea que en la fábrica 1 tal y como se recoge en la figura 4.43. Además el propio tiempo de operación del marcado de las piezas también es excesivamente más largo en comparación con la fábrica 1.

Así pues se procede a igualar el tiempo de marcado del portón de la fábrica 2 con el de la fábrica 1 y a cambiar el orden de punzonado, de tal forma que el robot R1A se acerque en dirección al Markator al ir a punzonar,

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

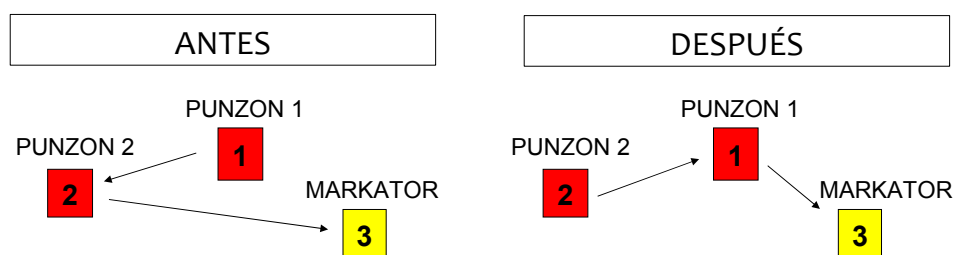


Figura 4.43: Trayectoria del robot R1A en las operaciones de punzonado y marcado antes y después de las modificaciones

eliminando así desplazamientos innecesarios de acuerdo a la figura 4.43. Con estas dos actuaciones se consigue ahorrar aproximadamente 3 segundos.

La segunda gran medida para reducir el tiempo ciclo del robot R1A y también del tiempo de ventana cerrada de la estación de carga 130 en las dos fábricas, consiste en modificar la ubicación del refuerzo cerradura. Hasta ahora éste se colocaba junto con el resto de piezas a cargar por el operario (refuerzo amortiguador derecho e izquierdo, refuerzo bisagra derecho e izquierdo y refuerzo guía o pasacables) en el utillaje de la mesa de carga de la estación 130 de acuerdo a la configuración que se muestra en la figura 4.44.

El problema que existe es que dicha mesa giratoria tiene que esperar al robot R1A a que coja el refuerzo para poder volver a la posición de carga. Mientras que el resto de piezas son descargadas por el robot R1B inmediatamente después de girar la mesa hacia la posición de descarga, el robot R1A acude a recoger el refuerzo cerradura en última instancia. Es decir, que primero tiene que extraer el armazón del contenedor, acudir a las estaciones de punzonado, marcado, soldadura de tornillos y aplicación de masilla respectivamente, antes de coger el mencionado refuerzo. El resultado es un tiempo de espera por ventana cerrada excesiva e innecesariamente largo.

Para que finalmente la mesa no tenga que esperar al robot R1A a que coja el refuerzo cerradura se propone reubicar dicho refuerzo en un soporte fijo y externo a la mesa de carga, independizando así el ciclo del robot del de la mesa tal y como se muestra en la figura 4.44. Así se consigue un mayor tiempo de ventana abierta. Además, al ubicar el soporte en una zona más próxima a la estación de aplicación de masilla, se consigue también reducir el desplazamiento y, por tanto, el tiempo ciclo del robot R1A. En concreto estamos hablando de una reducción de al menos 5 segundos en el tiempo de espera de la ventana y de 2 segundos en el tiempo ciclo del robot R1A.

La tercera y última gran medida afecta al robot R2A y está relacionada con la deposición del panel en la mesa volteadora de la estación 210. El

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

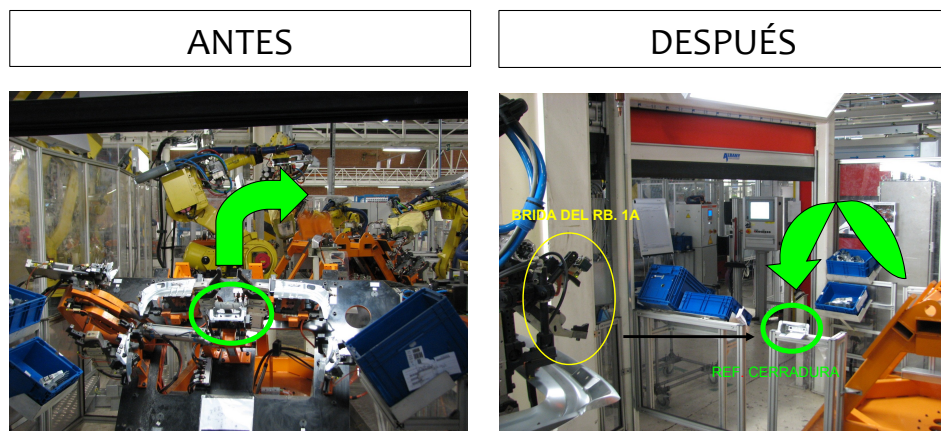


Figura 4.44: Ubicación actual del refuerzo cerradura en la mesa giratoria de la estación de carga 130 (antes) y nueva ubicación en el soporte independizado de la mesa (después)

robot acude a dicha mesa para coger el panel sobre la cara opuesta a la de descarga del contenedor y, por tanto, con un manipulador diferente, acción que le permitirá finalmente dejar la pieza en la mesa de preengrapado.

De nuevo en la fábrica 2, una vez el robot ha posicionado el panel sobre la mencionada mesa, maniobra para salir y se detiene en el punto “0” para abrir las bridas del manipulador inferior, alargando irremediamente el tiempo de ciclo según la configuración mostrada en la figura 4.45.

Para evitar esta parada innecesaria, simplemente se procede a reprogramar el robot R2A con el fin de solapar la apertura de bridas del manipulador superior en la dejada del panel en la mesa volteadora con las del manipulador vacío para recoger la pieza de la misma mesa. Es decir, que una vez el robot haya posicionado el panel sobre la mesa volteadora, se abran las bridas de los dos manipuladores a la vez, tal y como se recoge en la figura 4.45. El hecho de eliminar la demora por apertura de bridas supone una reducción de 2 segundos en el tiempo de ciclo del robot.

Con la ejecución de estas tres medidas se estima en la tabla 4.4 la correspondiente disminución del tiempo de ciclo para los distintos robots y estaciones. De nuevo, para ver la matriz completa de tiempos para el conjunto de todas las medidas ir al anexo E. Un resumen de la mejora esperada cuando se haya logrado implantar definitivamente todas las medidas puede visualizarse de forma gráfica en las figuras 4.46 y 4.47.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

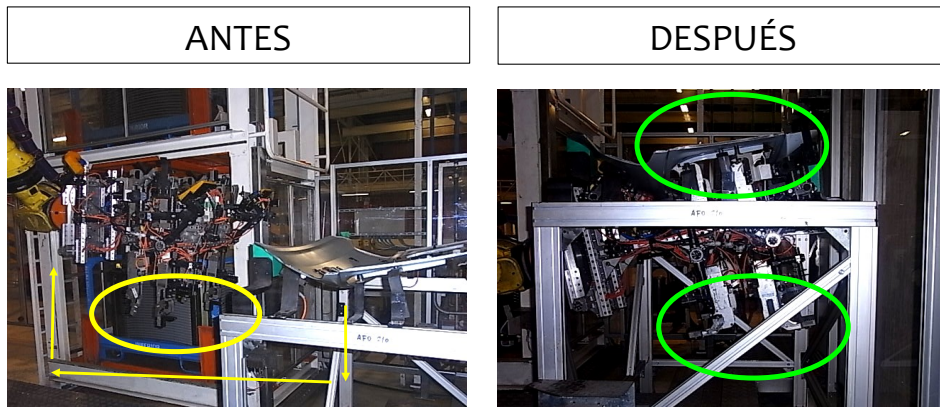


Figura 4.45: El manipulador inferior del robot R2A abría anteriormente el grupo de bridas después de maniobrar para salir de la mesa volteadora. Con la modificación, la apertura de bridas de los dos manipuladores, superior e inferior, se realiza al mismo tiempo durante la dejada del panel en la mesa

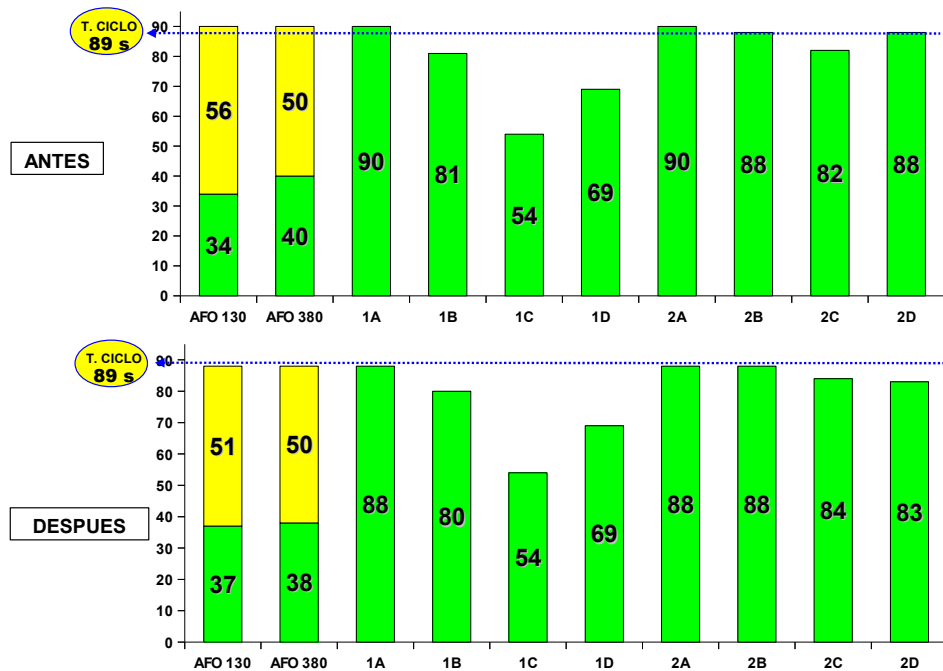


Figura 4.46: Resultados de la optimización de tiempos ciclo en fábrica 1. Situación actual y situación estimada

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

TIEMPO CICLO PLANIFICADO = 89 SEGUNDOS																							
Nº Medida	Nº Caja trabajo	AFO ROBOT	TEMA	PROBLEMA	MEDIDA	1A		1B		1C		1D		2A		2B		2C		2D		AFO 130	AFO 380
						F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
WS-EM KW12-1	Refuerzo Cierretura	ventana AFO130 Rb. 1A, F1-F2	TIEMPO CICLO	El tiempo de espera por ventana cerrada al esperar al último ciclo de robot de cogida de refuerzo cerradura en mesa giratoria	Medida	-2,0	-2,0															-5,0	-5,0
WS-EM KW12-4	Punzonado	R1A-F2	TIEMPO CICLO	El robot 1A de fábrica de hacerun recorde más largo al ir a palear y lo hace distinto que en la fábrica 1, costando más tiempo.	Medida	-0,5																	
WS-EM KW12-10	Mesa Volteadora	R2A AFO 210-F2	TIEMPO CICLO	Apertura de bridas de robot 2A en fábrica de hacerun recorde más largo al ir a palear y lo hace distinto que en la fábrica 1, realizando el tiempo de ciclo, (en la fábrica 1 realiza el cierre de bridas sin pañeta).	Medida										-1,0								

Tabla 4.4: Matriz de control de mejoras del tiempo ciclo del portón

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

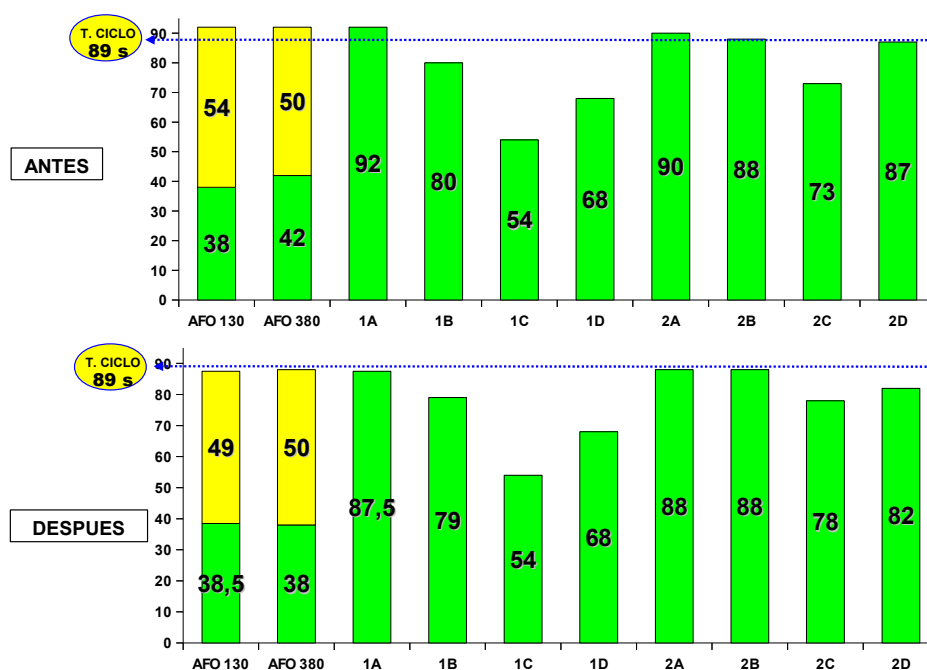


Figura 4.47: Resultados de la optimización de tiempos ciclo en fábrica 2. Situación actual y situación estimada

4.3.7 Mejora de la Disponibilidad desde el Punto de Vista Organizativo

El modelo productivo del taller de Chapistería se basa en las figuras del conductor de instalación y del cargador. El conductor se encarga de controlar el correcto funcionamiento de la instalación asignada a su cargo; es decir, de reparar las pequeñas averías técnicas que van surgiendo a lo largo de la producción, de avisar a mantenimiento en caso de que él no pueda arreglarlas, de reponer los consumibles tales como electrodos o puntas de atornillador, de poner a punto la instalación tras los cambios de turno y/o de preservar limpio su puesto de trabajo. Se trata de una labor que requiere un determinado nivel de conocimiento y por tanto responsabilidad, por lo que en un principio conductores sólo pueden ser oficiales de primera. Por su parte, el cargador, como su propio nombre indica, se encarga de abastecer a las ventanas de carga para que la instalación encuentre siempre material disponible con el que trabajar.

Con el lanzamiento del A05, las funciones de uno y otro quedan totalmente diferenciadas. Los conductores de instalación están liberados, lo que quiere decir que quedan exentos de las tareas de carga, y los cargadores pasan a ser MOD dedicada exclusivamente al suministro de piezas.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Actualmente, a pesar de haber finalizado la fase de lanzamiento del nuevo modelo, los niveles de producción exigidos y la baja disponibilidad técnica, obliga a seguir trabajando de forma continuada sin paro de la producción, es decir, sin pausas. Por ello, y de forma puntual, existe también una tercera figura encargada de desplazar las pausas: el “relevista”.

Pero esta separación entre las tareas de carga y conducción de instalaciones genera inactividades importantes en el personal. Los cargadores no pueden contribuir durante las paradas técnicas a subsanar las averías. Ni siquiera pueden intervenir para cambiar los electrodos de las pinzas de soldadura cuando termina su vida, y sólo esta labor supone una media de 30 minutos de parada al día sólo en la instalación de portón. Su labor se limita única y exclusivamente a alimentar a la instalación, por lo que no reciben ningún otro tipo de formación que suponga una extralimitación en dicha función.

El resultado es que cada vez que para la máquina el cargador también para. En ese periodo de transición hasta que la máquina vuelve a funcionar el operario no puede ayudar al conductor, y si las averías son frecuentes y largas, los conductores no dan a basto, disminuyendo de forma notoria la disponibilidad de la instalación.

El objetivo es pues desarrollar una propuesta que contribuya a incrementar la disponibilidad de las instalaciones potenciando la cualificación y polivalencia del personal. Al mismo tiempo se deben cumplir las siguientes premisas:

- Sin incrementar el tiempo de fabricación.
- Minimizar incrementos de los costes de personal.
- Identificar los casos de personal implicado reubicado por el Servicio Médico.

Como primera solución se contratan ya desde el mismo mes de Noviembre a 16 profesionales (FP) para reforzar el personal con cualificación de conductor de instalación. Actualmente estas personas se encuentran en formación y en la tarea de relevos.

Sobre la base de la capacitación y polivalencia se definen dos variantes o modelos de aplicación apoyados en la figura actual del conductor de instalación (CI):

1. CI en puestos de carga de instalaciones de dimensión ajustada y sin tareas de otro tipo (control calidad, suministro, etc.) en periodos de máquina en marcha. Se propone reforzar la cualificación del personal de carga como CI y suprimir los CI liberados.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

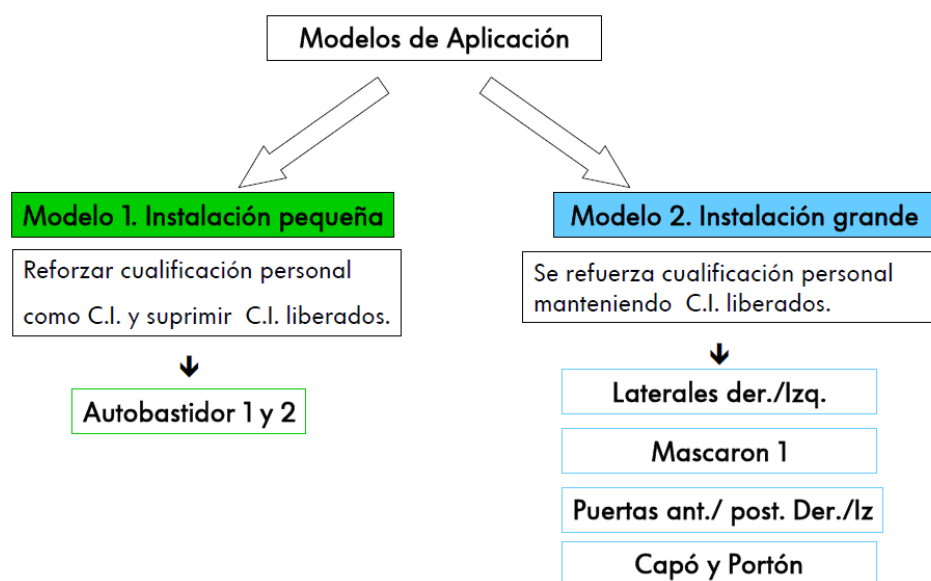


Figura 4.48: Modelos de aplicación para reforzar el personal con cualificación de conductor de instalación

2. CI en puestos de carga de instalaciones grandes. Se propone del mismo modo reforzar la cualificación del personal de carga como CI, manteniendo los CI liberados, y aumentar también el número de relevistas. Así pues el refuerzo del CI se realiza por medio de dos vías: incrementando los CI en tareas de relevo (relevistas) e incrementando los CI en puestos de carga.

La instalación donde se fabrica el portón es una instalación grande, con lo que entraría dentro del segundo modelo de aplicación. Esta instalación cuenta con un conductor encargado de dirigir también la instalación de capó, y un operario de carga que al igual que el conductor, alimenta de piezas a las dos instalaciones. Como en el resto del taller, se cuenta puntualmente también con un relevista compartido en puertas, capó y portón para desplazar las pausas (ver figura 4.49).

Por tanto, la aplicación práctica aquí consistiría en reforzar la cualificación del personal de MOD de carga manteniendo al conductor liberado. Éste conductor continuaría en su puesto exactamente igual a como venía siendo hasta ahora, pero vería reforzada su labor por medio de las actuaciones del resto de operarios asignados a la instalación.

Así pues, contaría por un lado con la colaboración extra de un relevista, que durante 240 minutos al turno seguiría desplazando las pausas, pero trabajaría el resto del tiempo como CI, y por otro, con la ayuda del propio operario de carga. Éste se encargaría en un principio de abastecer

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

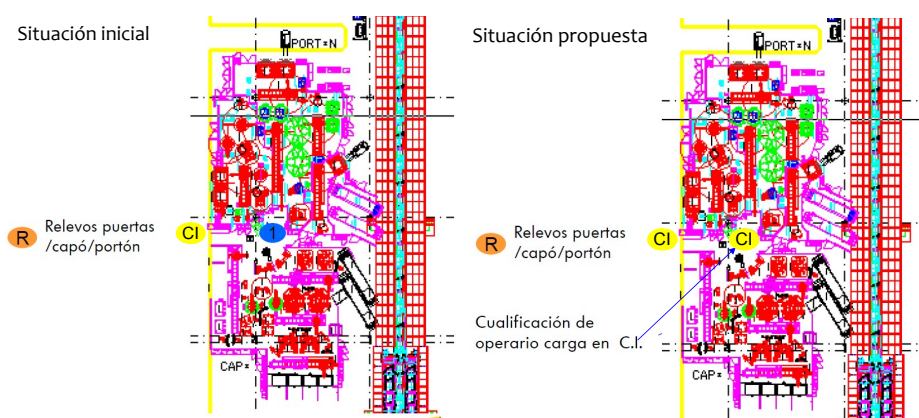


Figura 4.49: Instalación de capó y portón. Situación inicial y situación propuesta

la instalación con la máquina en funcionamiento, pero en caso de parada técnica o productiva en las estaciones próximas a las ventanas de carga, actuaría como CI (ver figura 4.49).

No obstante, aunque el presente proyecto trate sobre la instalación donde se fabrica el portón, ésta es una medida conjunta que engloba al total de la plantilla del taller de Chapistería, luego debe ser analizada y valorada como tal.

Teniendo en cuenta estas premisas y las dimensiones del conjunto de todas las instalaciones que constituyen el taller de Chapistería, así como del personal asignado a ellas, podemos comparar el número de conductores de instalación existentes antes y después de la entrada en vigor de esta medida y comprobar así la necesidad neta de formación de nuevos conductores con la reorganización, tal y como se recoge en la tabla 4.5.

Así pues con la nueva reorganización se requieren 49 conductores por turno en total, liberados y sin liberar. Actualmente el taller cuenta ya con 23 conductores por turno, luego se necesita incrementar su número en 26, lo que supone una necesidad adicional total de 78 conductores durante los tres turnos.

En el momento de presentación de la propuesta, el día 9 de Abril, el taller ya había aprobado la incorporación de 15 nuevos conductores a la plantilla, con lo que finalmente la necesidad adicional de conductores se reduce a 63.

Recordemos que la competencia de un conductor de instalación es oficial de primera. El aumento del número de conductores de instalación se puede realizar o bien incrementando la cualificación del personal de MOD de oficial de segunda o de tercera a oficial de primera, o bien realizando directamente una selección de oficiales de primera del exterior. Que finalmente predomine más una opción u otra dependerá de los costes económicos así como de la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Situación inicial	SITUACIÓN ACTUAL					
	FÁBRICA 1		FÁBRICA 2		TOTAL/TURNO	
	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA
INSTALACIONES						
AUTOBASTIDOR I Y II	4	0	4	0	8	0
LATERAL DER/IZQ	2	0	2	0	4	0
MASCARON 1	1	0	1	0	2	0
MASCARON 3	1	0	0	0	1	0
PUERTAS ANT./POST. DER/IZQ	2	0	2	0	4	0
PORTÓN Y CAPÓ	1	0	1	0	2	0
LÍNEAS FINISH	1	0	1	0	2	0
Total	12	0	11	0	23	0

Situación propuesta	SITUACIÓN PROPUESTA					
	FÁBRICA 1		FÁBRICA 2		TOTAL/TURNO	
	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA	C.I. LIBERADO	C.I. CARGA
INSTALACIONES						
AUTOBASTIDOR I Y II	2	8	2	8	4	16
LATERAL DER/IZQ	2	2	2	2	4	4
MASCARON 1	1	2	1	2	2	4
MASCARON 3	1	0	0	0	1	0
PUERTAS ANT./POST. DER/IZQ	2	2	2	2	4	4
PORTÓN Y CAPÓ	1	1	1	1	2	2
LÍNEAS FINISH	1	0	1	0	2	0
Total	10	15	9	15	19	30

- Modelo aplicación 1
- Modelo aplicación 2

Incremento de categoría

Tabla 4.5: Necesidad conductores de instalación. Situación actual y situación propuesta

parte social y la propia estrategia de la empresa. La política actual de la empresa es promocionar la plantilla ya existente, luego en un principio se optará por la vía de incrementar la cualificación y polivalencia del propio personal seleccionado de la empresa.

En la tabla 4.6 se puede observar el plan de acción de este proyecto de mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo, en el cual quedan recogidas todas las medidas que han de llevarse a cabo para la consecución final del proyecto.

Debido a la gran repercusión de esta medida en cuanto a aumento de la disponibilidad se refiere, como veremos párrafos más adelante, merece la pena realizar en este mismo apartado una valoración económica de la medida. Así pues, analizando la cantidad de oficiales de segunda y de tercera con los que cuenta el taller, y teniendo además en cuenta que esta medida supone también la reducción de MOD de carga en 9 personas, se estima el balance económico de la propuesta que aparece en la figura 4.50.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Proyecto: Mejora disponibilidad desde punto de vista organizativo - (KW 14 / 2010)
Plan de acción para la incorporación de nuevos conductores

Nº	MEDIDA	Respon.	Depart.	Plazo realización	Estado
1	Detallar personal reubicado en las instalaciones implicadas en la propuesta (mapa de reubicados)	Arreche	Producción	KW 15/7 19.04.2010	↑
2	Realizar balance de conductores (disponibilidad/necesidad)	Escorza y Urdiain	Personal	Realizado	
3	Definir un plan de implantación de la organización propuesta (fases, formación reubicación)	Arreche	Calidad	KW 16/7 26.04.2010	↑
4	Gestionar las reubicaciones de acuerdo al plan (Taller / Servicio médico / Prevención)	Galindo	Producción	?
5	Formación del personal implicado en esta reorganización	Galindo	Producción	?

Tabla 4.6: Plan de acción del proyecto “Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo”

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

BALANCE INCREMENTO PERSONAL CUALIFICADO DE CI		
6 NUEVAS CATEGORÍAS OF. 2ª – OF. 1ª/DÍA	1.606 €/AÑO (Diferencia Categoría 2ª/1ª)	9.636 €/AÑO
57 NUEVAS CATEGORÍAS OF. 3ª – OF. 1ª/DÍA	4.667 €/AÑO (Diferencia Categoría 3ª/1ª)	266.019 €/AÑO
TOTAL		+ 275.655 €/AÑO

BALANCE REDUCCIÓN PERSONAL		
- 9 MOD/DÍA	43.097 €/AÑO	- 387.873 €/AÑO

BALANCE COSTES	
	- 112.218 €/AÑO

Figura 4.50: Valoración económica de la medida

Vemos pues como solamente con el incremento de cualificación del personal, sin meternos a analizar el beneficio referente a la mejora en la disponibilidad, permite una reestructuración de la plantilla en los distintos puestos de trabajo que supone un ahorro de 112.218 € al año.

Tratando ahora ya sí los beneficios que aporta esta medida desde el punto de vista de la disponibilidad, señalar que supone una disminución del tiempo de parada en caso de avería técnica y una reutilización de los operarios con máquina parada. A pesar de que en un principio sea complicado calcular una cifra concreta, se estima que la disponibilidad media de las instalaciones del taller aumentará en un 5,0%, lo que se traduce aproximadamente en un aumento de la producción de 91 carrocerías al día y por ello, un ahorro de 1.520.089 € al año como se recoge en la figura 4.51. Mejorará también la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) por parte de los conductores. Y todo ello sin olvidarnos de la mejora quizá más importante de todas, y es la de contar con personal más cualificado.

Se trata posiblemente de la medida orientada a mejorar la disponibilidad de la instalación más ambiciosa de todas. Sin duda supondrá una gran transformación en el desarrollo del día a día del taller y por ello debe ser una medida consensuada y aprobada también por la parte social. Se tendrán que valorar el conjunto de actividades que por convenio pueden realizar uno y otro colectivo y bajo qué condiciones o circunstancias.

En un principio se considera muy positivo que los trabajadores puedan aumentar y mejorar su formación y en consecuencia su grado de cualificación. Pero los conductores que hasta ahora estaban liberados pueden ver reducidas sus competencias en el caso de que les toque cargar, o los cargadores con

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

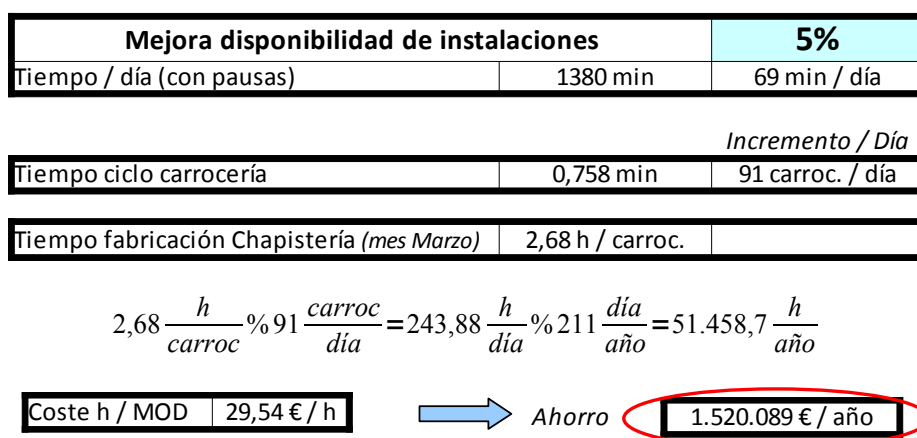


Figura 4.51: Valoración económica de la mejora de disponibilidad de las instalaciones

funciones puntuales de conductor también vean reducidas sus competencias en caso de seguir existiendo conductores liberados.

4.3.8 Optimización del Chatarreo producido por Pruebas Destructivas de Control de Puntos de Soldadura

La técnica de unión a solape más empleada en la industria automovilística es la de soldadura a punto por resistencia (entre 2.000 y 5.000 puntos de soldadura en un vehículo; 4.150 puntos en el Polo A05) debido a su alta tasa de producción (más de 30 puntos/minuto), buena calidad, facilidad de adaptación a una línea de fabricación automatizada y porque también permite soldar varias planchas de metales y aleaciones diversas.

Es sabido que la calidad del producto final está directamente relacionada con la calidad de las soldaduras, por lo que es completamente necesario estudiar el estado de las mismas. A partir de esta necesidad de evaluación surgió la aplicación de los principios de la mecánica de fractura para determinar el estado de las piezas según la resistencia que éstas presentaban a la rotura (métodos destructivos). Estas técnicas de ensayo son las que se han utilizado tradicionalmente en la industria del automóvil, siendo el taller de Chapistería un ejemplo de ello, pero con el paso del tiempo se ha puesto de manifiesto que la importancia de los ensayos de inspección contrasta con los métodos empleados, así como que éstos llevan asociado un elevado coste y un gran número de limitaciones.

Para hacernos una idea de la magnitud de estos costes, en la 4.7 se muestra la cantidad total de piezas al día destinadas a chatarra por

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Pieza	Precio (€)	Pruebas diarias entre semana			Importe Diario (€)	Pruebas Fin de semana	Importe Fin de semana(€)	
		TA	TB	TC				
PPI	23,66	2				1	23,66	
PPD	24,24		2			1	24,24	
PAI	34,56	1				1	34,56	
PAD	35,37		1			1	35,37	
PAI-2P	46,52	1				1	46,52	
PAD-2P	47,32		1			1	47,32	
PORTON	26,76			1		1	26,76	
CAPO	18,43				1	1	18,43	
TOTAL DIARIO					304,76	TOTAL FIN DE SEMANA		256,86

ARMAZON PPI	16,05	2	2	2	96,3	2	32,1	
ARMAZON PPD	16,05	2	2	2	96,3	2	32,1	
ARMAZON PAI	17,61	1	1	1	52,83	1	17,61	
ARMAZON PAD	18,13	1	1	1	54,39	1	18,13	
ARMAZON PAI-2P	33,24	1	1	1	99,72	1	33,24	
ARMAZON PAD-2P	34,05	1	1	1	102,15	1	34,05	
ARMAZON PORTON	13,72	2	2	2	82,32	2	27,44	
TOTAL DIARIO					584,01	TOTAL FIN DE SEMANA		194,67

Tabla 4.7: Cantidad y coste de conjuntos y armazones de elementos móviles destinados a chatarra por pruebas destructivas de control de puntos

inspección de puntos en el taller de Elementos Móviles junto con su precio equivalente.

Con los datos de esta tabla 4.7 tenemos que semanalmente se gastan 4.895,38 € en una actividad que no genera valor. Por ello, aunque se trate realmente de un tema de optimización de los procesos de comprobación de la calidad, y no de una disminución en la disponibilidad propiamente dicho de la instalación, tal y como se comentó en el apartado 4.2, se decide elaborar un proyecto que optimice el chatarreo en las pruebas destructivas.

Partiendo de esta situación, este proyecto pretende estudiar y desarrollar un sistema de inspección, basado en la aplicación de otras técnicas de ensayo que permitan estudiar los defectos que se presentan sin necesidad de destruir la pieza y, por tanto, reducir de forma notoria los derroches asociados a inspecciones de calidad.

Con el fin de decidir la técnica de ensayo a utilizar, primero es necesario conocer el proceso de soldadura por puntos para conocer qué tipo de uniones se tienen y cuál es la técnica más adecuada para la inspección.

El proceso de soldadura por puntos es un tipo de soldadura por resistencia [9]. Consiste en la unión de planchas a solape por fusión local, producida por la concentración de corriente entre electrodos. Las piezas a soldar se solapan, se apoyan sobre ellas los electrodos, uno por cada lado, y se hace pasar una fuerte intensidad de corriente al mismo tiempo que se presiona un electrodo contra otro. En la superficie de unión entre las dos piezas, hay un contacto imperfecto por lo que, al pasar la corriente eléctrica, se produce calor. Este calor alcanza una magnitud tal, que produce la fusión

4.3. Definición y Descripción de Proyectos



Figura 4.52: Vista esquemática del proceso de soldadura por puntos y de la “lenteja” o punto de soldadura resultante con sus características principales

en una pequeña zona entre ambas chapas, de tal forma que bajo la presión que la máquina ejerce en ese momento se produce el punto de soldadura. En la figura 4.52 puede verse un pequeño esquema del proceso de soldadura por puntos, así como una imagen del punto de soldadura resultante con sus principales parámetros.

Vemos pues que el calor en este tipo de soldadura se obtiene de acuerdo con el efecto Joule por la resistencia de las propias piezas al paso de la corriente:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (4.1)$$

donde:

- Q es la cantidad de energía eléctrica transformada en calor (calor obtenido).
- I es la intensidad de corriente que circula a través del materiales.
- R es la resistencia al paso de corriente, desde el contacto de un electrodo al otro.
- t es el tiempo.

En este tipo de uniones el espesor de las chapas no sobrepasa unos pocos milímetros y la zona de acoplamiento sobre la que se realiza la inspección suele estar deformada por la presión del electrodo. En el caso a estudio, las principales chapas a soldar son las del armazón y el revestimiento del portón. El armazón interior es una chapa de acero DX56D galvanizado de espesor 0.7, y el panel exterior, otra chapa de acero DC06 electrocincado de espesor 0.75.

Por todo ello, en el proceso de la formación de los puntos de soldadura, los parámetros más importantes a considerar son, a parte de los propios metales a soldar, características y dimensiones:

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

- Intensidad de la corriente de soldadura.
- Tiempo de soldadura.
- Esfuerzo de compresión aplicado sobre el punto de soldadura por los electrodos.

Por lo que cuando a partir de los ensayos se detecten defectos que se producen de forma sistemática serán estos parámetros sobre los que tendremos que actuar.

La inspección visual ayuda a controlar de forma rápida la calidad del punto de soldadura. A simple vista pueden examinarse varias condiciones indeseables como son una sobreindentación de los electrodos, fusión y expulsión superficial (proyecciones), soldadura irregular, deposiciones del electrodo sobre el elemento de trabajo, grietas, cavidades profundas y/o agujeros diminutos.

Pero un análisis visual del trabajo terminado no es suficiente para juzgar la calidad de la soldadura. Se deben realizar, como ya hemos dicho, pruebas sin destruir piezas o, por el contrario, usarse tiras de prueba del mismo material y combinación. Actualmente la detección de defectos en puntos de soldadura en el taller de Elementos Móviles se viene realizando por medio de la prueba del cincel y el martillo (chisel test).

Esta prueba se utiliza para medir de forma cualitativa la ductilidad de la estructura soldada. El objetivo es detectar si el punto de soldadura llega a conformarse o no y qué características posee ya sea dúctil o frágil. Es decir, comprobar la durabilidad de la unión soldada.

Para realizar esta prueba se utiliza un cincel que es martillado en medio de dos puntos de soldadura hasta alcanzar su altura tal y como se indica en la figura 4.53. Si el cincel ingresa en medio de dicha pareja de puntos sin llegar estos a zafarse o desbastarse y el tipo de desgarre tiene comportamiento dúctil, entonces se deduce que la soldadura se realizó correctamente, como se puede ver en la imagen de la derecha de la misma figura 4.53. Además con la experiencia el operario encargado de realizar la verificación podrá llegar a determinar incluso el tipo de soldadura concreta obtenida.

Como vemos se trata de una técnica que nos proporciona de forma rápida información acerca de las características de soldadura y que se realiza in situ, es decir, que no requiere de personal cualificado para su ejecución y desarrollo, por lo que es llevada a cabo por los propios operarios de producción.

Pero al mismo tiempo, además de que el filo de corte de las herramientas se puede deteriorar con facilidad, por lo que es necesario un reafilado constante en el tiempo, y de que puede resultar dañino para el operario

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

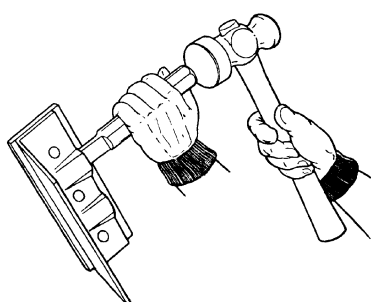


Figura 4.53: Prueba del cincel y el martillo. Ejemplo de soldadura correcta

si se utilizan de forma continuada y no se utiliza protección anular, se trata de una prueba de tipo destructivo, con lo que se destinan a chatarra la totalidad de los armazones ya no sólo de portones, que es el caso de estudio, sino de todos los elementos móviles después de verificar los puntos, con el elevado coste que ello supone. Es necesaria pues la búsqueda de métodos alternativos que permitan la evaluación de la calidad del punto de soldadura sin tener que destruirlo.

Conocido el proceso de soldadura, las características de los puntos que se obtienen, y los recursos con los que cuenta el taller, se escoge como método de inspección dentro de las diferentes técnicas de ensayos no destructivos, la utilización de ultrasonidos y su aplicación al conocimiento de la estructura de los materiales.

Aunque en una primera etapa de la implantación del proyecto puede ser necesaria la convivencia de ambos métodos (destructivo y no destructivo) para comprobar la fiabilidad del método, en poco tiempo la inspección por ultrasonidos puede sustituir a los métodos tradicionales de rotura.

El ensayo de ultrasonidos es un ensayo no destructivo cuya finalidad es detectar y localizar las anomalías internas de un material, tales como heterogeneidades, grietas, poros, etc.

Este ensayo está basado en la utilización de los ultrasonidos u ondas ultrasónicas, ondas acústicas de igual naturaleza que las ondas sónicas, sólo que de mayor frecuencia (mayor de 20 KHz), por lo que no son perceptibles por el oído humano. Las ondas ultrasónicas se propagan de forma rectilínea, son capaces de atravesar varios metros de acero y, al igual que las audibles, se propagan a diferente velocidad dependiendo del medio en el que estén.

La gran diferencia de las ondas ultrasónicas respecto a las audibles, en la cual está basado el aparato, es que las ondas sónicas al encontrarse con un obstáculo son más propensas a rodearlo, mientras que las ultrasónicas tienden a atravesarlo, sufriendo fuertes fenómenos de reflexión y refracción

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

debido al cambio de densidad o elasticidad en la interfase entre ambos medios.

El taller cuenta ya con un equipo de ultrasonidos para la verificación de los puntos en el piso de la carrocera, siendo ésta una de las razones por las que se elige esta técnica y no otras. Este equipo emplea el método de impulso-eco como sistema de emisión y recepción de los ultrasonidos. Está basado en el efecto eco que un “reflector” (heterogeneidad en el seno de una muestra o superficie de la misma) produce al ser “iluminado” por un haz de ultrasonidos. Así pues, el impulso acústico o “eco”, procedente de su reflexión en una heterogeneidad o en una superficie límite de la muestra, se transforma en una señal o impulso eléctrico que se visualiza en la pantalla de un osciloscopio, siendo su altura proporcional a la presión acústica del eco.

Este equipo de inspección por ultrasonidos está compuesto por:

- *Generador de impulsos*
Genera impulsos breves que excitan al palpador. El equipo del que dispone el taller cuenta con un generador de impulsos de alta frecuencia de 20 Mhz.
- *Osciloscopio (PC)*
Está en conexión con el generador de impulsos. Reproduce una línea de barrido.
- *Palpador*
Quizás constituya la unidad más importante del equipo de ultrasonidos, ya que de él depende las características y cualidades del haz de ultrasonidos que se propaga en el material. Los palpadores están constituidos por un cristal piezoeléctrico, responsable de originar los ultrasonidos, insertado en una montura metálica con una parte libre protegida por una membrana de caucho o una resina especial. Estos materiales piezoeléctricos se caracterizan porque al ser sometidos a una tensión alterna se crea un campo eléctrico que carga sus superficies y entre estas cargas hay fuerzas de atracción-repulsión que contraen y expanden sucesivamente el material, lo que hace que se generen las ondas ultrasónicas.
El palpador empleado en el equipo utiliza cuarzo como material piezoeléctrico y, dada la geometría de los superficies a ensayar y la fácil accesibilidad de la superficie a explorar, es de contacto con incidencia normal. Es decir, que se aplica directamente a la superficie de la muestra con cierta presión y que la dirección de propagación del haz con relación a la superficie de la muestra es perpendicular.
- *Acoplante*
Es un medio que se interpone entre el palpador y la superficie de la

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

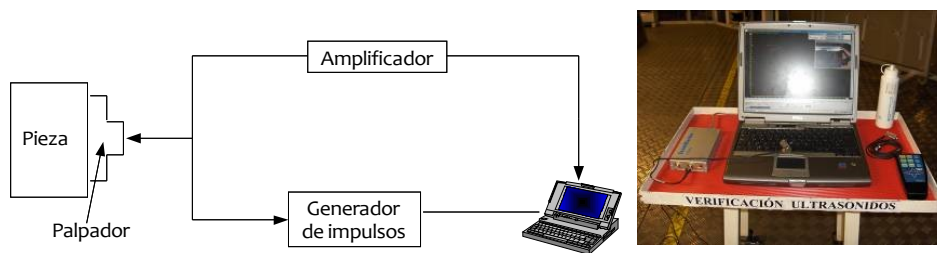


Figura 4.54: Aparato de ultrasonidos

pieza a inspeccionar para remover todo el aire que pudiera quedar entre ambos medios y mejorar así el acoplamiento acústico de forma que la onda generada y la recepcionada por el palpador sufran la menor pérdida de energía posible. En este caso concreto se emplea un gel de glicerina para garantizar un buen contacto.

- *Amplificador*

Recibe las ondas que crea el elemento piezoeléctrico a partir de la respuesta ultrasónica obtenida y las envía a las placas verticales del osciloscopio.

El funcionamiento del equipo de ultrasonidos es relativamente sencillo. Como ya hemos visto, el palpador transforma las señales eléctricas en ondas ultrasónicas que atraviesan la pieza de forma rectilínea. De forma general, la exploración debe cubrir completamente el volumen de examen (al menos 10 mm a cada lado de la soldadura y siempre cubriendo completamente la zona afectada térmicamente), eliminando el sobreespesor de la soldadura, si fuese necesario.

Si las ondas, al atravesar la pieza, no encuentran ninguna discontinuidad (grietas, heterogeneidades, etc.), el osciloscopio registrará el gráfico de la izquierda de la figura 4.55. El primer pico, o pico de emisión, representa el cambio de medio realizado por las ondas al salir del palpador y penetrar en el material. Al cambiar la densidad del medio, se generan grandes reflexiones que son detectadas una vez más por el material piezoeléctrico, pero esta vez con un incremento energético opuesto; es decir, al recibir la reflexión de la onda ultrasónica, la transforma en una diferencia de potencial, la cual se amplifica y se traslada a las placas verticales de la pantalla del osciloscopio.

El último pico, o eco de fondo, nos muestra la llegada de las ondas a la parte final de la pieza, donde al cambiar de medio (paso al aire), se vuelven a generar reflexiones que se muestran como picos en la pantalla.

Si por el contrario en el interior de la pieza se encuentra una discontinuidad, las ondas la reflejarán, dando muestra de su existencia como se muestra en la imagen de la derecha de la misma figura 4.55.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

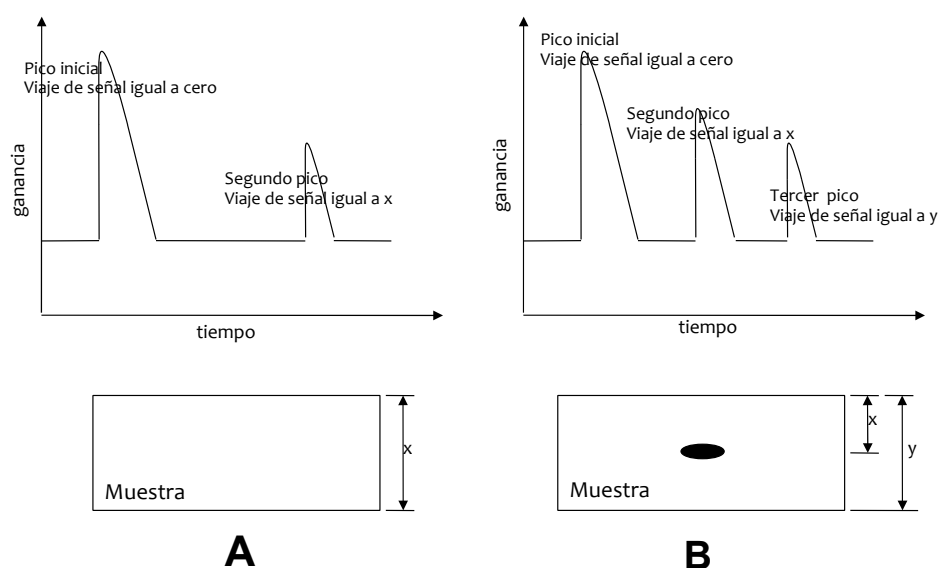


Figura 4.55: Vista esquemática del funcionamiento del equipo de ultrasonidos. A) Situación en la que las ondas no encuentran discontinuidades en su paso por la muestra a ensayar; B) Situación en la que existen heterogeneidades

Sin embargo, hay que resaltar la dificultad que supone lograr una interpretación adecuada de las indicaciones en la pantalla del osciloscopio, ya que son originadas por reflectores de características en un principio desconocidas. La única información de que se dispone para su identificación es precisamente la indicación de su eco en la pantalla, la cual se deberá analizar cuidadosamente en todos sus parámetros, entre los que cabe destacar:

- Distancia de la indicación al origen de la pantalla.
- Altura de la indicación.
- Forma de la indicación.
- Cambio que experimenta al mover al palpador o la muestra.
- Variación que sufre con la frecuencia de ensayo.

Interpretar una indicación supone identificar la heterogeneidad. A partir de la indicación de la pantalla se trata de deducir las siguientes características de la heterogeneidad:

- *Morfología*
Puede ser plana, cilíndrica, esférica, rugosa o irregular. Si el eco es

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

único y angosto (agudo) la heterogeneidad es plana, mientras que si presenta muchos escalones anchos e interrumpidos, casi sin ningún pico definido, entonces es irregular o poco plana.

- *Orientación*
Para determinarla son necesarias medidas desde ángulos diferentes. Un defecto con forma esférica, por ejemplo, dará aproximadamente la misma respuesta, esto es, la misma altura de pico, desde diferentes direcciones, mientras que un defecto plano presentará, obviamente un máximo cuando el haz caiga perpendicularmente a la superficie y un mínimo cuando sea paralela a ésta.
- *Posición/profundidad*
Se determina mediante una regla de tres entre la situación del eco de emisión, el de fondo y el del defecto.
- *Tamaño*
Para poder determinar el tamaño hay que conocer además la composición, mecanizado, tratamientos térmicos, entre otros, a que se ha sometido la pieza.
- *Naturaleza*
Para poder determinar la naturaleza hay que conocer además la composición, mecanizado, tratamientos térmicos, entre otros, a que se ha sometido la pieza.

En el anexo F se encuentra a modo de ejemplo cualitativo un estudio comparativo de las señales obtenidas para distintos tipos de puntos donde se ve cómo la calidad de la soldadura está directamente relacionada con la forma de la secuencia de ecos (número, amplitud, posición, atenuación).

Resaltar una vez más la complejidad del análisis de las indicaciones. Por ello la mayor desventaja de esta técnica es precisamente la necesidad de operarios altamente cualificados y experimentados para interpretar dichas indicaciones. Además, puede haber también indicaciones falsas de ecos perturbadores que aparecen en la pantalla y que no se deben a heterogeneidades propias del material, como son: interferencias eléctricas, parásitos motivados por el palpador, parásitos originados por la rugosidad superficial o suciedad de la muestra, etc.

La propia naturaleza de los sólidos provoca también que los ultrasonidos al atravesar la chapa sufran una atenuación, con lo que se ven limitadas las posibilidades de los ensayos. Ello se debe a los fenómenos de dispersión y de absorción.

La absorción se refiere a la conversión directa de la energía ultrasónica en calor, con lo que se debilita la amplitud del eco. Para contrarrestar este

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

efecto es preciso incrementar el voltaje de emisión y amplificación o emplear frecuencias más bajas.

En cambio la dispersión es mucho más perturbadora. Es debida a que los materiales no son estrictamente homogéneos, es decir, que presentan pequeñas heterogeneidades (inclusiones, poros, precipitados, fases en la estructura cristalina, límites de grano). No sólo reduce la amplitud de los ecos de heterogeneidad y de fondo, sino que además, produce numerosos ecos parásitos con distintos recorridos, el llamado “césped”.

Una vez introducida la técnica de ultrasonidos, no queda más que planificar el proceso a seguir para su implantación definitiva.

El objetivo, como bien es sabido, es sustituir las pruebas destructivas con cincel y martillo para controlar los puntos de soldadura por la técnica de ultrasonidos. Pero este cambio ha de llevarse a cabo sin aumentar el número de recursos, es decir, con los mismos medios con los que se venía realizando hasta ahora.

Esto va a ser posible gracias a la estabilidad conseguida en la calidad de los puntos de soldadura del piso de la carrocería, parte donde además, como se ha mencionado en párrafos anteriores, ya se aplicaba este método. Así pues, el procedimiento va a consistir en reducir la frecuencia o el número de verificaciones en el piso, y emplear ese tiempo en el que el equipo queda libre para revisar los puntos de soldadura en elementos móviles. Es necesario pues reajustar el plan actual de inspección del control de ultrasonidos.

Para ello, en primer lugar se ha de realizar un estudio que permita identificar qué puntos siguen siendo susceptibles a la deformación y cuáles no, ya que el tiempo total disponible en la actualidad para efectuar este control mediante ultrasonidos está limitado y, en consecuencia, habrá puntos que tendrán que seguir siendo revisados a través de la prueba del cincel. Del resultado de este estudio se establecerán dos grupos. En el primero de ellos se agruparán aquellos puntos que por su fácil accesibilidad y por la disposición de la chapa en la que se encuentran, permitan ser retrabajados en caso de deformación. En el segundo grupo, irán todos aquellos que no puedan ser rectificadas. Como un primer resultado de esta premisa está la decisión de aplicar esta técnica sólo al grupo de los armazones y no al conjunto de los elementos completos (armazón y panel), puesto que en estos últimos la totalidad de los puntos pueden ser retrabajados sin excesiva complicación.

Una vez establecidos estos dos bloques, se deberá identificar en el patrón los puntos deformables, asignar los críticos al control por ultrasonidos y realizar las pruebas de función y calidad de los armazones recuperados para comprobar empíricamente que los puntos del primer bloque se pueden retrabajar realmente sin dañar la calidad de la pieza.

Ahora sí, con todo ello se procederá a modificar el plan actual de inspección de ultrasonidos para incluir el control de los armazones de

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

FRECUENCIAS DE INSPECCION POR ULTRASONIDOS PARA TALLER 1B FRECUENCIAS DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS DE MASILLA Y PUNTOS																
SUBCONJUNTO	lunes			martes			miércoles			jueves			viernes			sábado
	TA	TB	TC	TA	TB	TC	TA	TB	TC	TA	TB	TC	TA	TB	TC	TD
PTA ANTER IZDA F1			2P	2P					2P	2P					2P	
PTA POSTER IZDA F1																
PTA ANTER DCHA F1			2P		2P				2P						2P	
PTA POSTER DCHA F1																
CAPO F1																
PORTON F1																
PTA ANTER IZDA F2																
PTA POSTER IZDA F2																
PTA ANTER DCHA F2																
PTA POSTER DCHA F2																
CAPO F2																
PORTON F2																

CONTROL DE PUNTOS POR ULTRASONIDOS
 PRUEBAS DESTRUCTIVAS PARA PUNTOS

Tabla 4.8: Plan de inspección de puntos en taller 1B

elementos móviles. El nuevo plan se puede ver en la tabla 4.8. No hay que olvidar tampoco que esta técnica requiere un determinado grado de conocimiento por parte de la persona encargada de realizar el ensayo, con lo que también habrá que dotar al verificador de la formación necesaria.

Con el proyecto ya en marcha a partir de la semana 15, se estima oportuno realizar otro estudio de tiempos reales para adecuar la incidencia del aumento de las verificaciones en el taller 1B y con los resultados obtenidos modificar y optimizar la frecuencia de dichas inspecciones. Las conclusiones de este análisis se prevé tenerlas listas para una fecha posterior a la finalización de este proyecto.

Del mismo modo, en esta primera semana de vida se pone de manifiesto la lentitud del equipo PC que actúa como osciloscopio en el tratamiento de las señales. Por ello, y dada la criticidad del tiempo disponible para las verificaciones, se decide dotar al equipo de un nuevo PC más potente y rápido.

En la tabla 4.9 se puede observar el plan de acción a seguir para la implementación de la técnica de ultrasonidos en la inspección de puntos de soldadura en el taller 1B, en el cual quedan recogidas todas las medidas descritas en los párrafos anteriores.

Con todo ello, y sin apenas inversión (sólo en formación de verificadores y en la dotación del nuevo PC), se estima un potencial de eliminación de chatarra generada por verificaciones de puntos de soldadura en almacenes de un 90%. De ahí que al igual que ocurre con el proyecto de mejora de la disponibilidad desde la organización, merezca la pena realizar un breve apunte de los beneficios económicos esperados con esta medida, pues estos ascienden a la cifra de 145.769 € al año.

4.3. Definición y Descripción de Proyectos

Proyecto: Optimización chatareo por pruebas destructivas - (KW 12 / 2010)
Plan de acción para la implantación de la técnica de ultrasonidos

Nº	MEDIDA	Respon.	Depart.	Plazo realización	Estado
1	Agrupar los puntos en 2 bloques	Osinalde	Calidad	KW 12/7 23.03.2010	↑
2	Identificar en patrón los puntos deformables	Osinalde	Calidad	KW 12/7 23.03.2010	↑
3	Asignar puntos críticos al control por ultrasonidos	Osinalde	Calidad	KW 12/7 23.03.2010	↑
4	Pruebas de función y calidad de armazones recuperados	Osinalde	Calidad	KW 12/7 23.03.2010	↑
5	Dotación de herramienta y formación a los verificadores	Fernández	Producción	KW 14/7 12.04.2010	↘
6	Modificar plan inspección de control de ultrasonidos	Osinalde	Calidad	KW 14/7 12.04.2010	↘
7	Estudio de tiempos para adecuar la incidencia del aumento de verificación en taller 1B	Osinalde	Calidad	KW 15/7 19.04.2010	↑
8	Análisis de resultados para modificar frecuencias de verificación de ultrasonidos	Osinalde	Calidad	KW 15/7 19.04.2011	↑
9	Dotación de un nuevo PC portátil más potente y rápido	Osinalde	Calidad	KW 15/7 19.04.2012	↘

Tabla 4.9: Plan de acción para la implementación de la técnica de ultrasonidos en la inspección de puntos de soldadura en el taller 1B

Resultados

En este apartado del proyecto se va a realizar una comparación entre las expectativas iniciales y los resultados finales logrados. Como el objetivo es la mejora de la disponibilidad técnica, la magnitud más significativa para realizar este análisis será pues la propia disponibilidad, entendida esta, recordemos una vez más, como el porcentaje de tiempo en que los equipos están operando.

Después de comprobar las condiciones del contrato para la aceptación definitiva de la instalación al proveedor, el objetivo es lograr la producción diaria en circunstancias normales de 1.400 portones entre las dos fábricas y para ello, la disponibilidad técnica de cada instalación ha de ser de un 85%, quedando del 15% restante del tiempo, un 10% para averías técnicas y un 5% para paradas por temas organizativos.

Tomemos una vez más como ejemplo la instalación de portón de fábrica 1. Después de realizar el análisis de los datos obtenidos en los meses anteriores a la realización de este proyecto, de los datos proporcionados por los operarios y de los datos logrados mediante mediciones realizadas a la instalación durante la prueba industrial al inicio del mismo, los objetivos específicos inicialmente fueron:

- Aumentar en un 16,77% la disponibilidad.
- Reducir un 5,22% el tiempo de averías técnicas.

Teniendo en cuenta que el tiempo total del que dispone la instalación al día para fabricar es de 1.380 minutos, se tiene que un aumento de un 16,77% en la disponibilidad supone un aumento de 231,43 minutos y traducido en portones, 153 portones más al día.

Por otro lado, como se explicó en el apartado 3.2.1, una avería en alguna de las estaciones anteriores o posteriores puede originar que el producto no tire hacia delante porque no avanza la cadena, entrando la instalación en saturación. Por lo tanto, como este tiempo de saturación no es una

DISPONIBILIDAD MENSUAL PORTON F1

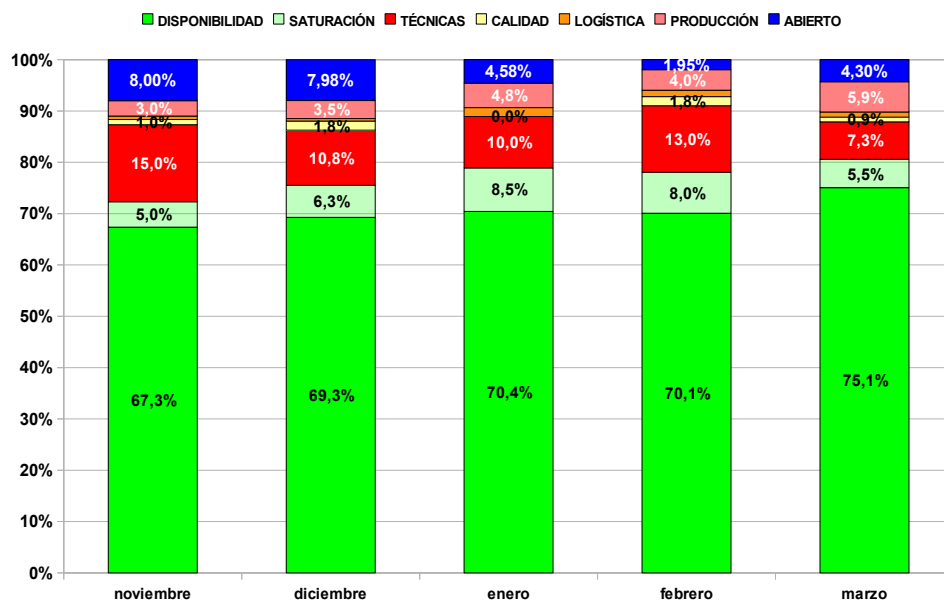


Figura 5.1: Evolución mensual de la disponibilidad de la instalación de portón fábrica 1

incidencia ligada a la propia instalación, ni tampoco es perjudicial para la misma, se considera también como tiempo disponible a la hora de realizar el análisis de la disponibilidad total.

En resumen, en caso de que se alcancen estos objetivos, en el momento de aceptación de la instalación programado para la primera semana de Marzo (semana 9) la disponibilidad técnica debería alcanzar el valor de 85%.

En las figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 se muestran los gráficos mensuales de disponibilidad obtenidos durante el periodo de realización de este proyecto, es decir, desde el mes de Noviembre de 2009 hasta Marzo de 2010, y los gráficos de disponibilidad total (disponibilidad y saturación) por semanas. En el anexo G, se puede observar el desglose semanal del primer tipo de gráficos.

De las figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, se deduce que la disponibilidad total de la instalación de portón durante esos meses es la que se muestra en la tabla 5.1.

Como vemos el objetivo último de alcanzar una disponibilidad del 85% en ambas instalaciones no se ha logrado. Tomando como ejemplo una vez más la instalación de portón de fábrica 1, el incremento de disponibilidad técnica es sólo del 6,87%, 12,37% contando las saturaciones, respecto del 16,77% deseado. En cambio, por lo que respecta al tiempo perdido por averías

DISPONIBILIDAD TOTAL POR SEMANAS PORTON F1

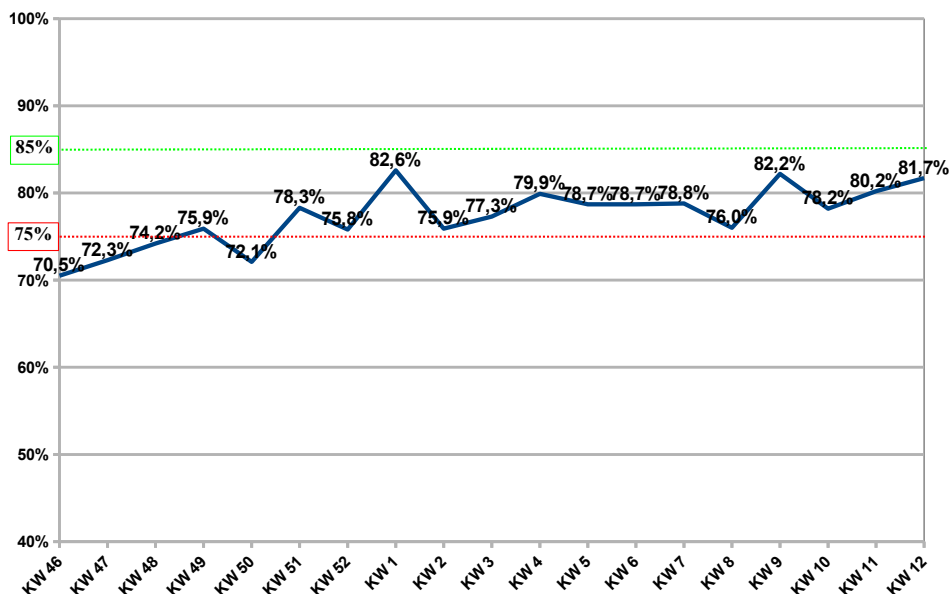


Figura 5.2: Evolución semanal de la disponibilidad total de la instalación de portón fábrica 1

	Fábrica 1	Fábrica 2
NOVIEMBRE	72,33%	67,20%
DICIEMBRE	75,53%	70,38%
ENERO	78,93%	75,30%
FEBRERO	78,05%	74,88%
MARZO	80,58%	81,58%

Tabla 5.1: Disponibilidad total portón fábrica 1 y fábrica 2

técnicas, éste se ha visto reducido en un 7,92%. En ambas instalaciones, para la primera semana de Marzo, fecha propuesta para la aprobación de las instalaciones, las averías técnicas suponen menos de un 10%.

Si bien no se consigue alcanzar el valor de disponibilidad establecido en un principio, la tendencia es positiva: en todos los meses la disponibilidad total ha aumentado así como la disponibilidad técnica, salvo en Enero en la

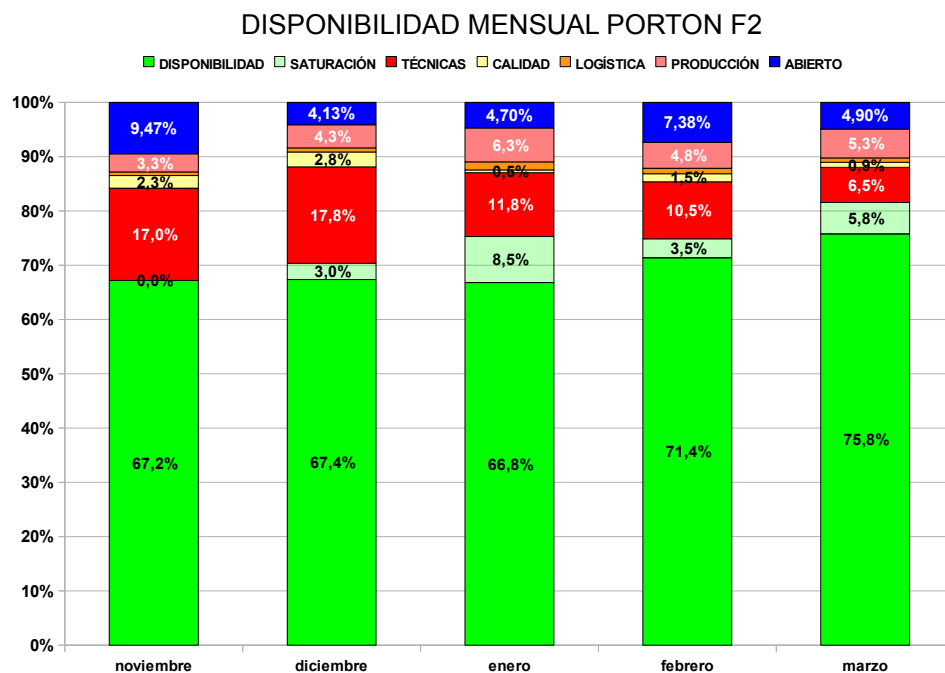


Figura 5.3: Evolución mensual de la disponibilidad de la instalación de portón fábrica 2

instalación de fábrica 2, debido, como veremos en el siguiente apartado, a una situación puntual.

Calculemos también por otro lado la cantidad útil teórica, teniendo en cuenta que el tiempo disponible total es de 1.380 minutos:

$$\text{Cantidad útil} = \frac{700 \text{ port.} \cdot 1,48 \frac{\text{minutos}}{\text{port.}}}{1.380 \text{ minutos}} \cdot 100 = 75\% \quad (5.1)$$

Si comparamos este valor con el de disponibilidad real, aunque no se haya logrado aumentar la disponibilidad en los términos deseados, por lo menos sí se ha superado el valor de cantidad útil objetivo. Hecho a destacar notoriamente si tenemos en cuenta que al inicio de este proyecto ni siquiera se era capaz de producir la cantidad mínima de piezas demandadas por el cliente. El incremento real de disponibilidad no se corresponde con el deseado, pero es suficiente para cumplir con los compromisos adquiridos; es decir, se están produciendo las 700 piezas fijadas por día y por fábrica. El problema aparecerá cuando en un futuro aumente esa demanda y con la misma cantidad de tiempo disponible y recursos, se tenga que lograr alcanzar esa nueva producción. Recordemos además que cada una de estas instalaciones está preparada tecnológicamente para producir 755 piezas al día.

DISPONIBILIDAD TOTAL POR SEMANAS PORTON F2

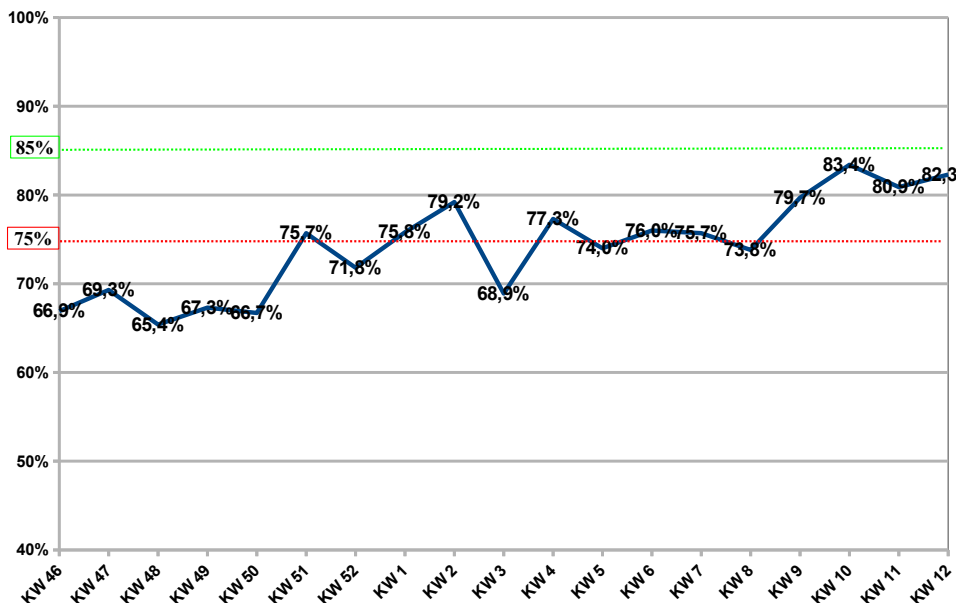


Figura 5.4: Evolución semanal de la disponibilidad total de la instalación de portón fábrica 2

Finalmente, disponiendo de toda esta información se decide aprobar la instalación al considerar que la diferencia con el estándar no es achacable a la actuación del proveedor, sino que por el contrario, debe ser asumida por la propia empresa. Pero como cabe esperar, también se decide al mismo tiempo seguir con la metodología, pues el objetivo último todavía no se ha cumplido. Más aún si tenemos en cuenta que a mediados del mes de Marzo el taller dispone ya de información fehaciente acerca de las expectativas de la empresa de ascender su cuota productiva diaria a 1.500 coches a partir del mes de Junio.

El hecho de que no pueda responsabilizarse al proveedor por la no consecución del objetivo último del proyecto, se debe a una pequeña incongruencia en el proceso de cálculo de la disponibilidad. Como se viene explicando a lo largo de todo el trabajo, ésta se calcula como el cociente entre el tiempo operativo de la instalación y el tiempo neto disponible como se recoge en la expresión 5.2:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (5.2)$$

El problema reside en el modo de determinación del tiempo operativo. Éste se calcula como el producto entre el número total de piezas producidas por el tiempo ciclo. Pero como tiempo ciclo se toma el valor objetivo de

5.1. Análisis de Resultados

la instalación, es decir, 89 segundos, mientras que en realidad, el tiempo de ciclo es mayor. Todo ello quiere decir que la instalación se encuentra en realidad funcionando una mayor cantidad de tiempo de la que queda recogida en el cálculo y, por lo tanto, en la gráfica. O lo que es lo mismo, dicho de otra forma, la disponibilidad real es mayor a la recogida en los gráficos y tablas.

De esta misma forma queda también justificado el elevado porcentaje de tiempo abierto que aparece a lo largo de todo el desarrollo del trabajo y la razón de ser del proyecto de mejora enfocada para ajustar el tiempo ciclo real de la instalación al valor teórico de 89 segundos.

5.1 Análisis de Resultados

El objetivo principal de este proyecto es contribuir a aumentar la disponibilidad de la instalación donde se fabrica el portón, en términos de porcentaje de tiempo operativo respecto a tiempo neto disponible. Para evaluar la eficacia del trabajo con mayor precisión nos vamos a basar en la disponibilidad puramente técnica en vez de en la denominada disponibilidad total, la cual, como ya hemos explicado en el apartado anterior, engloba también dentro del término de tiempo operativo, el tiempo debido a saturaciones.

En esta magnitud influyen valores tan importantes como el tiempo en el que la instalación permanece parada por averías técnicas, por inspecciones o reprogramaciones de calidad, por retrasos logísticos del carretillero en el suministro de piezas o por cambio de consumibles, como son los electrodos de las pinzas de soldadura, y demás aspectos relacionados con las tareas características de producción.

Existen también tiempos no contabilizados pero igualmente improductivos en forma de paradas más o menos cortas, relacionadas generalmente con tareas de producción y pequeños descuidos humanos, como pueden ser activaciones involuntarias de alguna seta de emergencia o breves retrasos en el rearme de los armarios de contenedores, que en conjunto también hacen mucho daño y contribuyen a la disminución del tiempo disponible para producir.

Tampoco se puede olvidar la existencia de un tiempo abierto, tiempo de igual forma improductivo, pero que a diferencia del resto de ineficiencias, se desconoce el origen o el motivo de esa improductividad. Se trata, por tanto, de un tiempo especialmente dañino, puesto que no se puede actuar sobre algo que no se conoce.

Para evaluar los resultados nos apoyaremos en los gráficos de disponibilidad mensual mostrados en el apartado anterior en las figuras 5.1

5.1. Análisis de Resultados

y 5.3, para que, a partir de ellos, se puedan esclarecer los principales motivos en la evolución de la disponibilidad.

Para realizar este análisis tomamos como punto de partida los primeros días del mes de Noviembre de 2009, ejemplificados de forma concreta en el día 6, fecha de realización de la prueba industrial. Observando el gráfico del apartado 3.2.4 de Objetivos, se puede extraer que en el momento de arranque del presente proyecto la disponibilidad de partida ronda el 69%. Observando ahora los gráficos de disponibilidad mensual, vemos que a lo largo del mes de Noviembre, con el proyecto puesto ya en marcha, la situación se agrava aún más, puesto que la disponibilidad se ve reducida hasta un 67,3% en el caso de fábrica 1, y de un 67,2% en fábrica 2.

Como principales razones de esta bajada de la disponibilidad se encuentran los fallos en la descarga de los paneles, la inutilización de las conexiones eléctricas debido a fugas de agua en el *Docking* del robot R1B, el funcionamiento de los robots y equipos fuera de tiempo ciclo y una serie de problemas mecánicos puntuales, especialmente en la engrapadora y los atornilladores de bisagra.

El hecho de que la disponibilidad empeore aún más respecto de la situación inicial, hace que desde el primer momento en que el proyecto empieza a andar, se haga especial hincapié en que los conductores apunten lo más fidedignamente posible tanto la naturaleza como el tiempo de todas las incidencias acontecidas en la instalación. Así se constata que el primer gran problema repetitivo, hasta ese momento latente, es el de una mala aplicación de la masilla en los paneles junto con una descarga defectuosa de los mismos por parte del robot manipulador R2A, lo que supone una media de 75 minutos diarios de parada en ambas instalaciones.

Llegados a este punto, realizar un breve apunte sobre el hecho de que todos los problemas descritos afectan por igual a las dos fábricas (mientras no se diga lo contrario) y además de una forma muy similar cuantitativamente hablando, con lo que las acciones correctoras también son las mismas y se ejecutan paralelamente en las dos instalaciones, siguiendo el principio de estandarización.

A pesar de que no se trate de un problema estrictamente repetitivo, la instalación también sufre varias crisis en este mes y durante el siguiente mes de Diciembre relacionadas con las fugas de agua del *Docking* del robot R1B. Son averías puntuales, aparecen en días concretos, pero suponen al menos 180 minutos de parada hasta que finalmente se consiguen restablecer las conexiones eléctricas, principalmente las de comunicación de datos (interbus). Sin duda esta situación obliga a contar con un stock de reserva considerable con el que poder seguir alimentando a la línea finish en caso de fallo, pero los niveles de producción actuales eliminan cualquier posibilidad de sobreproducción, puesto que ni siquiera se es capaz de fabricar el cupo

5.1. Análisis de Resultados

mínimo de portones requeridos.

Por su parte, el problema con la descarga de los contenedores es que el efecto mesa, la medida con la que mayor beneficio se espera conseguir, debe esperar primero a que los tacos de nailon sean sustituidos por otros de fibroflex para evitar la aparición de bollos cuando se abran las bridas tras el giro. En un principio se esperaba que los nuevos tacos estuvieran ya listos para la semana 51, pero finalmente, por retrasos en el envío del material, no es hasta después de Navidad, en concreto hasta la semana 2, cuando se consigue finalmente disponer de ellos para su consiguiente mecanizado en el taller e instalación en el manipulador.

Del mismo modo, para eliminar las fugas de agua en los cambios rápidos de herramienta del robot R1B, el cambio de filtros así como la instalación de un mayor número de ellos en los circuitos del agua de refrigeración y el aumento de la alcalinidad del agua, deben esperar hasta Navidad para su ejecución por afectar a la infraestructura general del taller. Hasta ese momento sólo se pueden remplazar las juntas dañadas para ir conteniendo el problema y analizar la propuesta de eliminación definitiva del *Docking*.

En resumen, hasta el mes de Enero no se es capaz de observar la verdadera eficacia de las modificaciones. De ahí que, a pesar de que la tendencia sea positiva, el aumento de la disponibilidad en el mes de Diciembre es muy leve en comparación con la mejora esperada. Prácticamente esa mejoría debe en exclusiva a la serie de ajustes y reprogramaciones realizados para meter la instalación en tiempo ciclo y solventar los pequeños problemas puntuales.

Los datos de disponibilidad total en los meses de Diciembre y Enero tampoco son datos muy buenos indicadores de progreso, en especial en la fábrica 2, ya que son los meses del Puente Foral y Navidad. En estas fechas gran cantidad de la plantilla disfruta de su periodo de vacaciones, con lo que es nuevo personal contratado temporalmente o personal de fin de semana quien se encarga de velar por el correcto funcionamiento de las instalaciones, y ésto se nota en los resultados, ya que el proceso de acoplamiento de este tipo de personal frena el ritmo de trabajo.

Por otro lado, si bien es verdad que gran parte de las modificaciones de mejora son realizadas en estas fechas de descanso en la producción, éstas se ven a su vez contrarrestadas por las puestas a punto y los posibles errores cometidos durante las intervenciones, pero ya no sólo en la instalación a estudio, sino en general en la totalidad del taller. Por ello, en ambas fábricas crecen las paradas por saturación en el mes de Enero, principalmente por el hecho de que la instalación de lateral izquierdo sufrió un verdadero retroceso tras el parón de Navidad, llegando a convertirse durante varias semanas en el auténtico cuello de botella de todo el taller.

El hecho de que gran parte del tiempo las instalaciones permanecieran

5.1. Análisis de Resultados

saturadas, camufla o hace menos fiable en cierto modo el dato de la disminución del tiempo de parada por averías técnicas, si bien es cierto que los fallos en la descarga del panel se ven reducidos prácticamente en un 33% y no se vuelve a producir, por lo menos hasta el momento de finalización de este proyecto a finales de Marzo, ninguna nueva fuga de agua del *Docking*, motivo por el que además se decide abandonar por el momento la conversión de la pinza del *Docking* en una pinza fija, es decir, la eliminación del cambio de herramienta.

Destacar también que en este mes de Enero el incremento del tiempo productivo es bastante elevado, sobre todo en la fábrica 2. Ello se debe a la necesidad cada vez mayor de parar la instalación para entrar a limpiar los restos de masilla en la engrapadora y la preengrapadora. Así pues se considera este mes como un punto de inflexión en el tema de los reboses de masilla y se decide poner en práctica a finales de mes el proyecto específico para su eliminación.

Además se da también otro factor por el cual aumenta el tiempo productivo en este mes. Se trata de una situación puntual en la que por un descuido o un despiste, durante varios días se activa la seta de emergencia de una de las áreas de seguridad. El desconocimiento de este hecho por parte del conductor le lleva a pensar que la instalación se encuentra parada realmente por un fallo, con lo que se invierte una gran cantidad de tiempo en la búsqueda de esta “avería” que realmente no es, hasta que se da con el verdadero origen del problema. Es en este primer mes del año cuando se incorporan o reubican al puesto de trabajo nuevos conductores de instalación. Así pues, el hecho de que en estas fechas las instalaciones no se encuentren bajo la responsabilidad de los conductores habituales contribuye a agravar una situación que para un conductor experimentado habría supuesto apenas unos pocos minutos de retraso.

En Febrero aumenta la disponibilidad porque las modificaciones con respecto a la descarga de los paneles se completan finalmente, y porque se ejecutan también los proyectos de atasco de los tornillos en la guía de alimentación del dispositivo disparador, especialmente en la fábrica 2, y de diseño del nuevo calibre para el contenedor de armazones, ya que los fallos en la descarga de estas piezas debido a la presencia de una gran cantidad de contenedores defectuosos se dieron de forma continuada durante el mes de Enero.

A ese aumento de disponibilidad también contribuye el hecho de que el proyecto para la eliminación de los reboses de masilla se haya puesto en marcha a finales de Enero. Ello quiere decir que toda la serie de paradas fuera del tiempo programado de TPM que había que realizar diariamente para limpiar los restos de masilla en la engrapadora y en la preengrapadora (25 minutos aproximadamente al día), quedan anuladas. De ahí que el

5.1. Análisis de Resultados

tiempo productivo se vea reducido.

Por contrapartida, la puesta en marcha de este proyecto supone por otro lado en el mismo mes de Febrero un aumento en el tiempo por calidad que la instalación permanece parada para realizar las reprogramaciones necesarias a fin de conseguir el 30% en la cara 2 del panel y la supresión de los reboses.

En Marzo despunta la disponibilidad en gran parte por ser la fecha propuesta para la aceptación definitiva de la instalación. Ello obliga al proveedor a corregir cualquier fallo residual que pudiera presentarse en ese momento y a dejar la instalación en tiempo ciclo. Así pues, parte del proyecto de optimización de tiempos ciclo se lleva a cabo durante este mes.

Reseñar el aumento del tiempo productivo a lo largo de todos los meses, salvo en la situación particular ya comentada del mes de Febrero. Se trata de una ineficiencia que impide un relativo despegue de la disponibilidad, pero que por otro lado resulta inevitable, ya que se debe principalmente al cambio de electrodos. Con el aumento de la producción, es lógico que los electrodos se consuman a un mayor ritmo y, que por lo tanto, haya que entrar más veces a la instalación para cambiarlos. El problema reside en que el cambio de electrodos es individual o específico para cada robot. La atención se pondrá pues a partir de ahora en un nuevo proyecto que determine si se pueden agrupar estos cambios de electrodos a la vez en grupos de varios robots, teniendo en cuenta las zonas de seguridad en las que se encuentran los robots, los puntos de soldadura que da cada pinza en un ciclo y los circuitos de agua de refrigeración que comparten.

Por lo que respecta a la completación de los proyectos de optimización del tiempo ciclo, mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo y reducción de la chatarra originada por pruebas destructivas en el control de los puntos de soldadura, no se tienen valores reales en el momento de terminación de este proyecto, puesto que su implantación definitiva queda pendiente para fechas posteriores. Si bien ya sabemos que la decisión de optimizar el chatarreo se debe a una cuestión puramente económica, se estima que los otros dos proyectos van a suponer el mayor incremento de la disponibilidad, principalmente el de mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo (5%).

Recordar también que la introducción de la nueva masilla para terminar con los problemáticos reboses está programada para la semana 17 (finales de Abril), y se espera sea un gran paso para eliminar los tiempos de parada por temas de producción y calidad derivados de dicho problema (aumento de la disponibilidad en un 1,8%).

A continuación, en la tabla 5.2 se recoge el análisis de forma individual y por fábrica de la repercusión que cada uno de los proyectos llevados a cabo tiene sobre la disponibilidad técnica de la instalación, el tiempo de parada

5.1. Análisis de Resultados

por averías técnicas y el tiempo de parada por temas organizativos (calidad, logística y producción).

5.1. Análisis de Resultados

FÁBRICA 1

PROYECTO	MEJORA DISPONIBILIDAD	REDUCCIÓN TÉCNICAS	REDUCCIÓN ORGANIZATIVAS	OBSERVACIONES
Aplicación de masilla en panel de portón	2,09%	-2,09%	No aplica	Cumplimiento de la norma. Dejan de salir paneles sin masilla
Eliminación de reboses de masilla	0,54%	No aplica	-0,54%	Eliminación limpieza criogénica. Engrapadora limpia la 95% Suciedad en línea solo en 1 punto. Obtención del 20%de recubrimiento en cara 2 (aumento calidad). Nueva masilla un 20% más barata
Optimización del cambio de herramientas (Docking)	0,39%	-0,39%	No aplica	Desaparición definitiva del problema
Calibre para contenedor de armazón	0,87%	-0,87%	No aplica	Contenedores defectuosos fuera del circuito
Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos	0,47%	-0,47%	No aplica	
Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo	1,27%	No aplica	No aplica	Instalación funcionando en tiempo ciclo
Optimización del chat arreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación del 100%de piezas verificadas por ultrasonidos. Ahorro del 90%en chat arreo por pruebas destructivas
Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo	5,00%	-2,00%	-3,00%	
Resto acciones	1,24%	-4,10%	3,64%	
TOTAL	6,87%	-7,92%	3,10%	

FÁBRICA 2

PROYECTO	MEJORA DISPONIBILIDAD	REDUCCIÓN TÉCNICAS	REDUCCIÓN ORGANIZATIVAS	OBSERVACIONES
Aplicación de masilla en panel de portón	2,36%	-2,36%	No aplica	Cumplimiento de la norma. Dejan de salir paneles sin masilla
Eliminación de reboses de masilla	0,54%	No aplica	-0,54%	Eliminación limpieza criogénica. Engrapadora limpia la 95% Suciedad en línea solo en 1 punto. Obtención del 20%de recubrimiento en cara 2 (aumento calidad). Nueva masilla un 20% más barata
Optimización del cambio de herramientas (Docking)	0,48%	-0,48%	No aplica	Desaparición definitiva del problema
Calibre para contenedor de armazón	0,87%	-0,87%	No aplica	Contenedores defectuosos fuera del circuito
Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos	0,57%	-0,57%	No aplica	
Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo	2,17%	No aplica	No aplica	Instalación funcionando en tiempo ciclo
Optimización del chat arreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación del 100%de piezas verificadas por ultrasonidos. Ahorro del 90%en chat arreo por pruebas destructivas
Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo	5,00%	-2,00%	-3,00%	
Resto acciones	1,61%	-6,22%	2,24%	
TOTAL	8,60%	-10,50%	3,10%	

■ Valor estimado. Medida todavía no implantada

Tabla 5.2: Análisis de resultados en cada una de las fábricas respecto a las medidas adoptadas en los respectivos proyectos

5.2. Valoración económica

5.2 Valoración económica

En la tabla 5.3 se presenta el coste del proyecto, desglosado en los ocho proyectos de mejora enfocada que se han ejecutado y en las actividades propias en la realización del *Workshop*.

PROYECTO	CONCEPTO	COSTE
Aplicación de masilla en panel de portón	Material diverso (apoyos fibroflex, ventosas,...)	360 €
Eliminación de reboses de masilla	Mano de obra apoyo mantenimiento	1.500 €
	Estanterías trilógic	800 €
	Boquillas de 1,4 mm	30 €
	Pistolas con aguja de corte en boquilla	400 €
Optimización del cambio de herramientas (Docking)	Filtros agua	1.240 €
Calibre para contenedor de armazón	Nuevo calibre	2.250 €
Atascos en la guía de alimentación del disparador de tornillos	Nuevas guías en carril de alimentación	50 €
Reducción de tiempo abierto. Optimización de tiempos ciclo	-----	-----
Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo	Incremento personal cualificado de C (formación)	275.655 €
Optimización del chatarreo producido por pruebas destructivas de control de puntos de soldadura	Nuevo PC	1.000 €
Mejora de la disponibilidad desde el punto de vista organizativo		
ACTIVIDAD PROPIA DEL WORKSHOP	Papel para registro de incidencias (5 €/hoja y 3 hojas por instalación y día)	2.550 €
	Coste dedicación estudiante (*)	3.000 €
	COSTE TOTAL	288.835 €

(*) Se han dedicado un total de 600 horas, con una retribución de 6 €/h. Están dedicadas las horas dedicadas tanto al análisis diario de incidencias en la instalación como la ejecución de los proyectos de resolución de problemas.

(**) No está incluido el coste de mano de obra de los operarios de la instalación ni de mantenedores eléctricos o mecánicos. Sólo el trabajo realizado por contratistas de apoyo a Mantenimiento.

(***) 16% IVA incluido en todos los costes.

Tabla 5.3: Coste del proyecto

Por su parte, el beneficio económico conseguido con la realización del proyecto para la mejora de la disponibilidad es el que se muestra en la figura 5.5:

Por tanto, si efectuamos el balance entre los costes y los beneficios reportados, tenemos que con la realización del proyecto de mejora de disponibilidad el beneficio conseguido asciende a 905.520,97 €.

5.2. Valoración económica

Mejora disponibilidad de instalaciones		15,47%
Tiempo / día (con pausas)	1380 min	213,49 min / día

Incremento / Día		
Tiempo ciclo carrocería	1,48 min	143 port. / día

Tiempo fabricación Chapistería (mes abril)	2,68 h / carroc.	
--	------------------	--

$$2,68 \frac{h}{piezas} \cdot 143 \frac{piezas}{día} = 383,24 \frac{h}{día} \cdot 211 \frac{día}{año} = 80.863,64 \frac{h}{año}$$

Coste h / MOD	29,54 € / h
---------------	-------------



AHORRO En 6 meses **1.194.355,97 €**
 En 1 año **2.388.711,93 €**

Figura 5.5: Beneficio conseguido con el proyecto

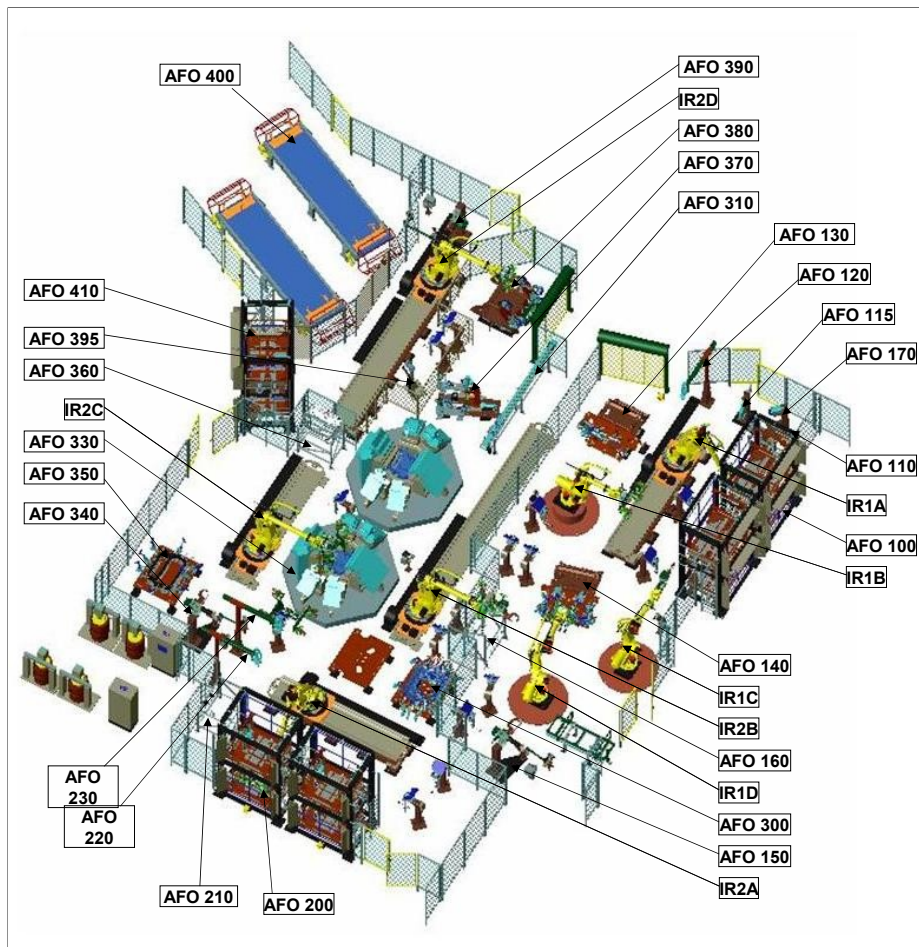
Bibliografía

- [1] Documentación proporcionada por Volkswagen Navarra S.A.
- [2] “Lean Management. La gestión competitiva por excelencia”. Lluís Cuatrecasas. Profit Editorial. 2010
- [3] “Materiales y procesos de fabricación”. E.P de Garmo, J.T. Black y R.A Kohser. Ed. Reverte 1994
- [4] Catálogo “Elastómeros. Planchas y perfiles FIBROFLEX y FIBROELAST” de Fibro
- [5] Catálogo “SikaMelt. Tecnología Hotmelt” de Sika
- [6] Catálogo “Precision Swirl” de Graco
- [7] Catálogo “Betamate” de Dow
- [8] Catálogo “Sika Power 4926” de Sika
- [9] “Resistance welding: fundamentals and applications”. Hongyan Zhang y Jacek Senkara. 2006

Apéndice A

Diagrama de Flujo del Proceso Productivo en la Instalación de Portón

VW 250 – POLO A05 - PORTÓN


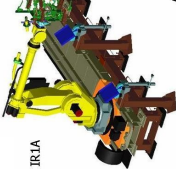


VW 250 – POLO A05 - PORTÓN

AFO

Despaleizado Ammazón

IR A: Descarga panel del contenedor


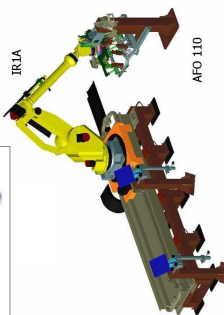
IRJA

AFO 100

AFO

Soldadura de pernos

IR A: Lleva panel a soldar tornillos

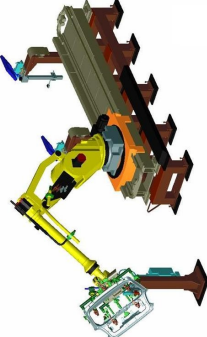
IRJA

AFO 110

AFO

Punzonado tox

IR A: Lleva panel a TOX y punzona - veces



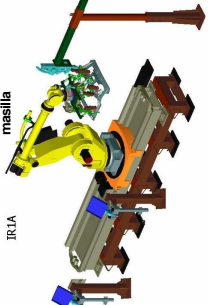
IRJA

AFO 115

AFO

Mástico

IR A: Lleva panel a Poste masilla y aplica masilla



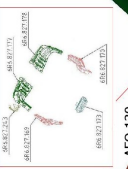
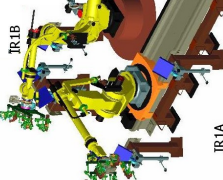
IRJA

AFO 120

AFO

Estación carga y soldadura

WA: carga refuerzos y guía cable
IR B: aplica - ptos de soldadura y coge refuerzos
IR A: coge refuerzos

IRIB

AFO 130

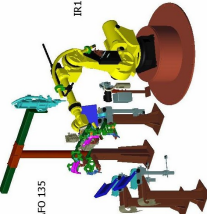
IRJA

WA1

AFO

Mástico

IR B: Lleva refuerzos a Poste Masilla y aplica masilla



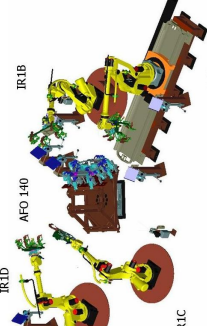
IRIB

AFO 135

AFO

Estación de soldadura

IR A o IR B: depositan refuerzos
IR C: - Ptos de soldadura
IR D: coge refuerzos



IRIB

AFO 140

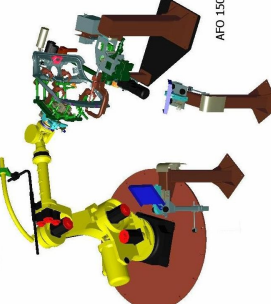
IRIC

IRIA

AFO

Pinza estática

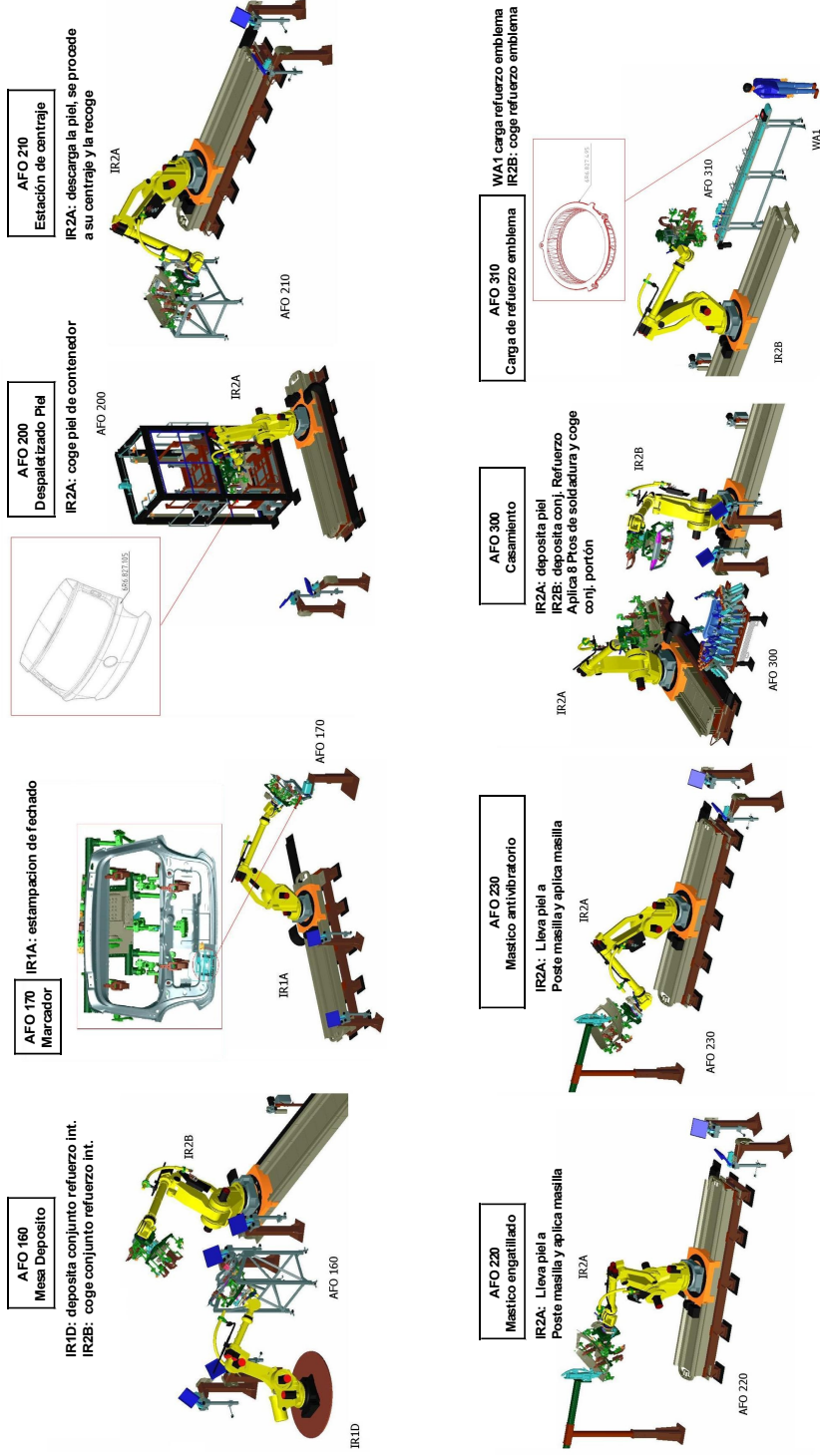
IR D: gira hacia pinza y aplicar - Ptos de soldadura



IRID

AFO 150

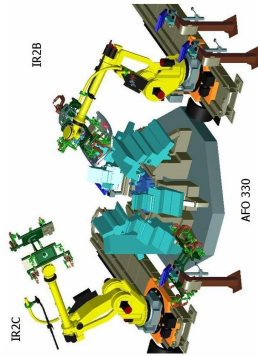
VW 250 – POLO A05 - PORTÓN



VW 250 – POLO A05 - PORTÓN

AFO 330
Engatillado

IR2B: descarga conj. portón para engatillado
IR2C: recoge conj. portón



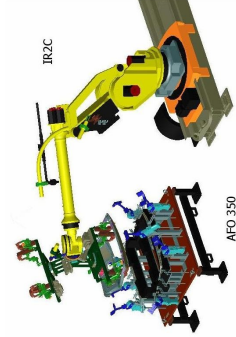
AFO 340
Pinza estática

IR2C: lleva conj. Portón a soldar 16 Ptos



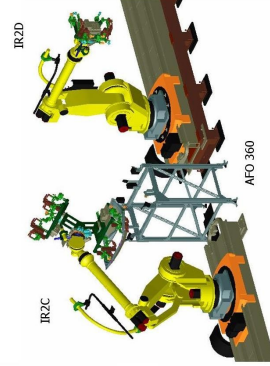
AFO 350
Cefillado

IR2C: deposita y recoge conj. portón



AFO 360
Mesa Deposito

IR2C: descarga conj. portón
IR2D: recoge conj. portón



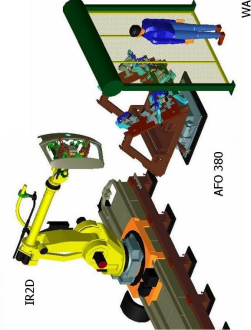
AFO 370
Engatillado/refuerzo emblema

IR2D: descarga conj. Portón
IR2B: descarga ref. emblema
IR2D: recoge conj. portón



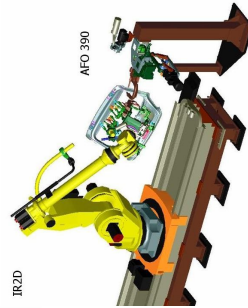
AFO 380
Estación de montaje de bisagras

IR2D: Deposita conjunto portón
WA1: carga bisagras y tornillos
IR2D: coge conjunto portón



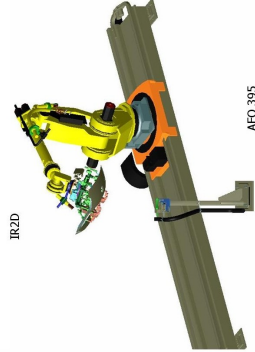
AFO 390
Pinza estática

IR2D: Lleva conjunto portón a soldar 4 Ptos



AFO 395
Limpieza de adhesivo

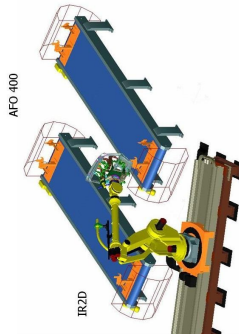
IR2D: Lleva conjunto portón a limpiar adhesivo



VW 250 – POLO A05 - PORTÓN

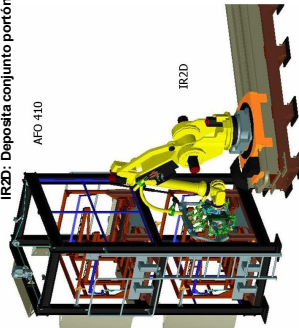
AFO 400
Cinta de salida

IRZD: Deposita conjunto portón



AFO 410
Paletizado automatico

IRZD: Deposita conjunto portón



Desarrollo del *Workshop*. Caso práctico

En este capítulo del apéndice, se recoge un ejemplo práctico del proceso a seguir en el desarrollo diario del *Workshop*. En concreto, se trata del análisis de las incidencias acontecidas en la producción del día 25 de marzo de 2010 para las dos instalaciones de portón, fábrica 1 y fábrica 2.

B.1 Registro de Incidencias

Recordemos una vez más que el día comienza con la recogida de datos anotados por los conductores de instalación de los papelógrafos situados a pie de instalación. Al tratarse de hojas de tamaño A0, esta recogida de información se materializa a través de la toma de una serie de fotografías a los partes.

A continuación se procede a analizar y clasificar la información obtenida. La atención se centra en localizar las cinco averías técnicas y los cinco fallos referentes a temas organizativos (calidad, logística y producción) que más veces se repiten (o los que más tiempo de parada suponen si la repetitividad no es significativa).

B.2 Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

Una vez se han seleccionado los fallos más repetitivos, se representan los top 5 en una serie de diagramas de Pareto y se procede a calcular la disponibilidad de la instalación obtenida en ese día.

Con la visualización de toda esta información, ya se está en condiciones de realizar la ronda de disponibilidad, en la cual se determinará la gravedad

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

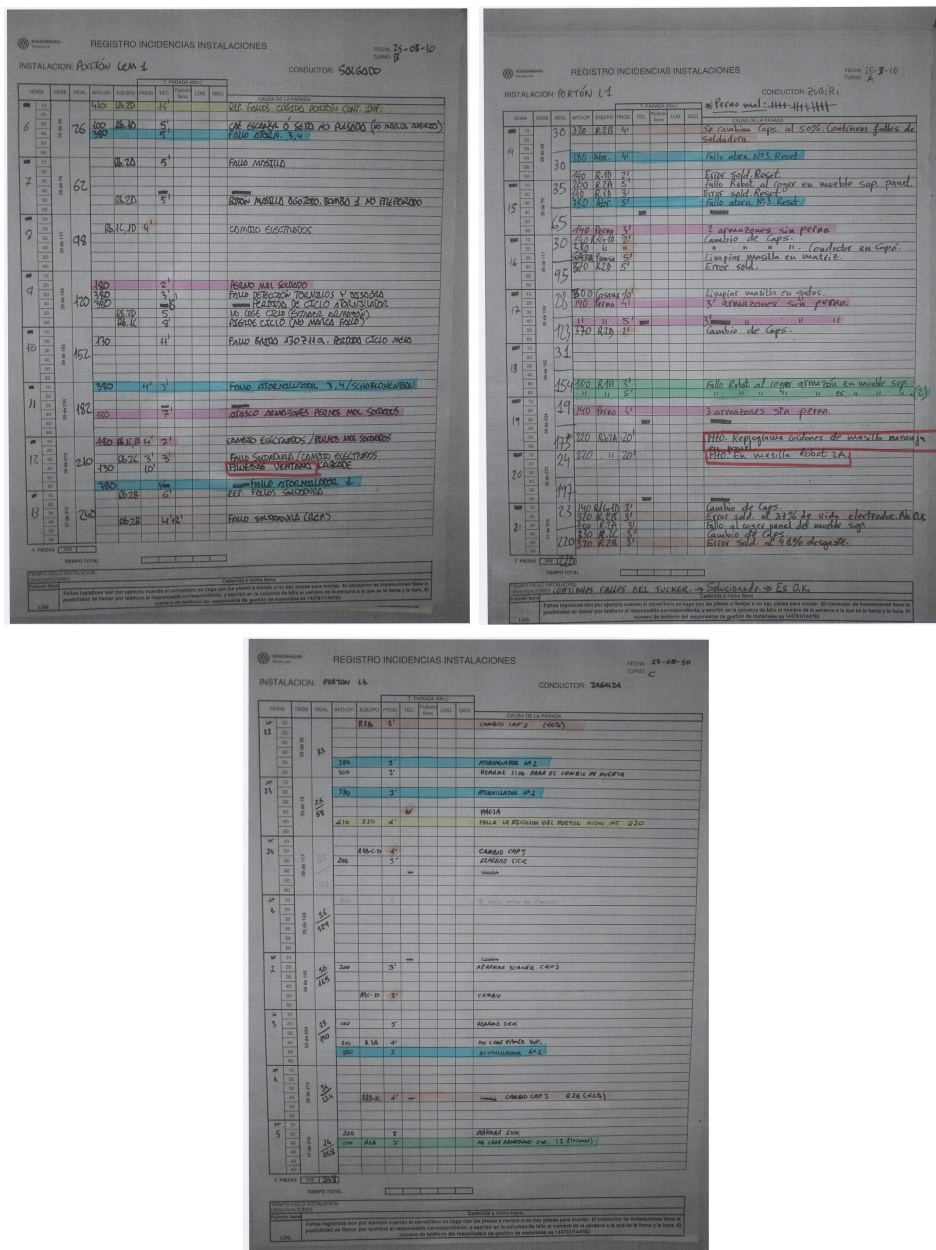


Figura B.1: Registro de incidencias de portón fábrica 1

de los problemas y, en consecuencia, la necesidad de implantación de medidas específicas para resolverlos.

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

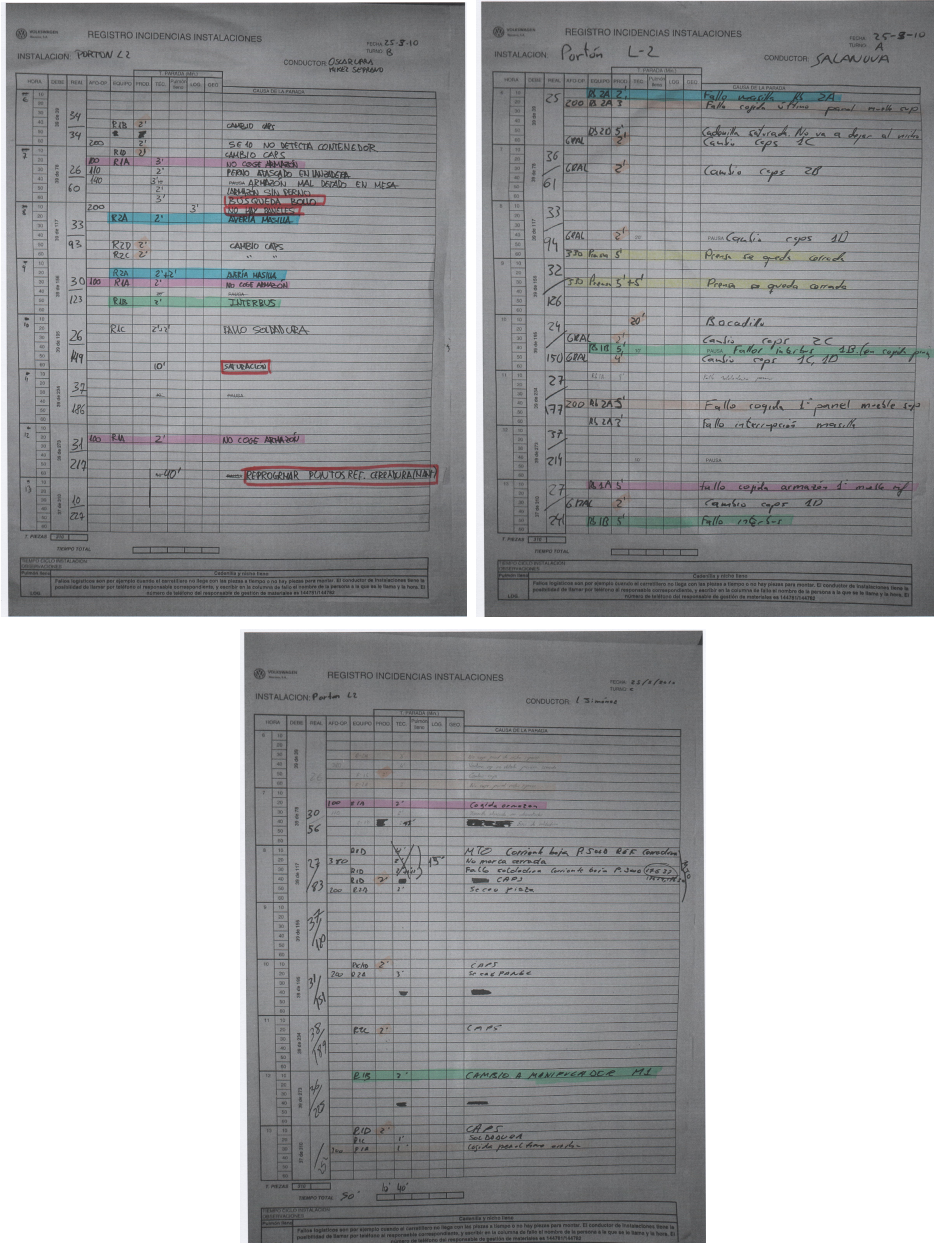


Figura B.2: Registro de incidencias de portón fábrica 2

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

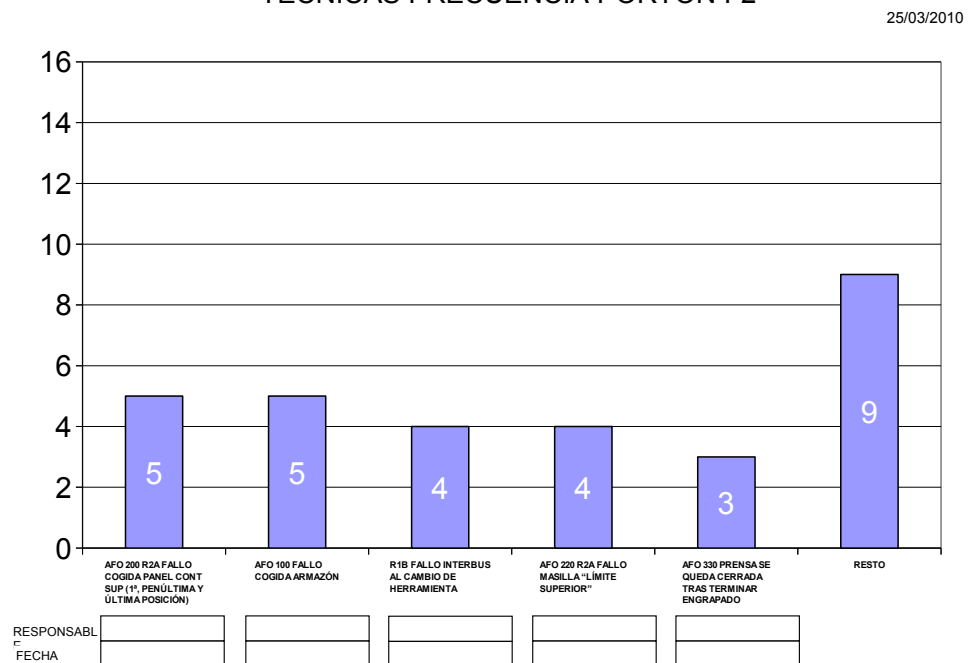
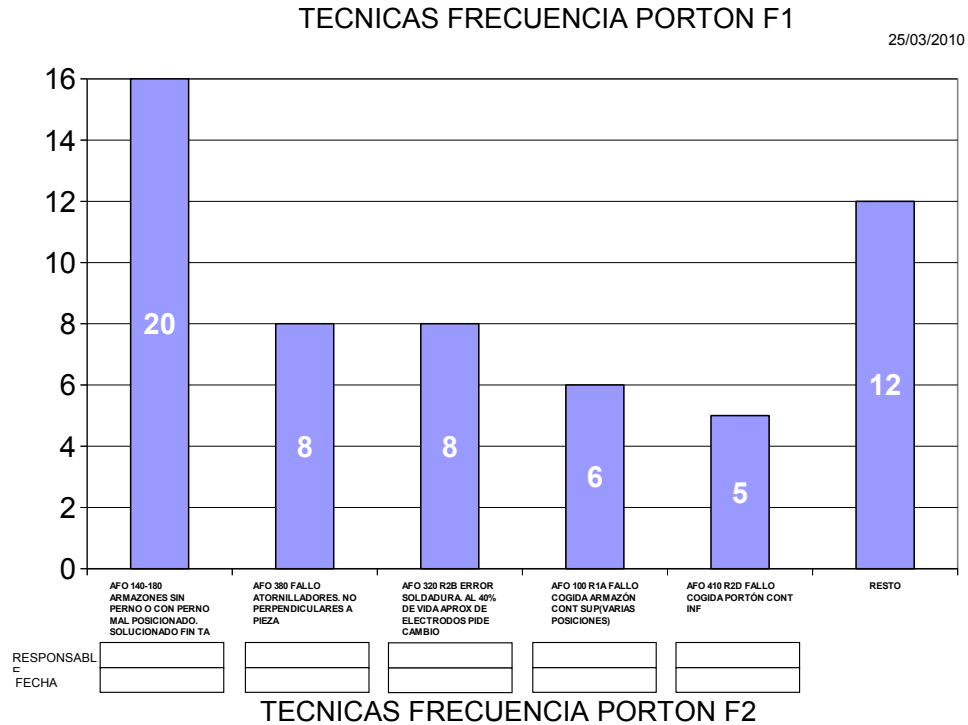


Figura B.3: Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas técnicas de portón fábrica 1

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

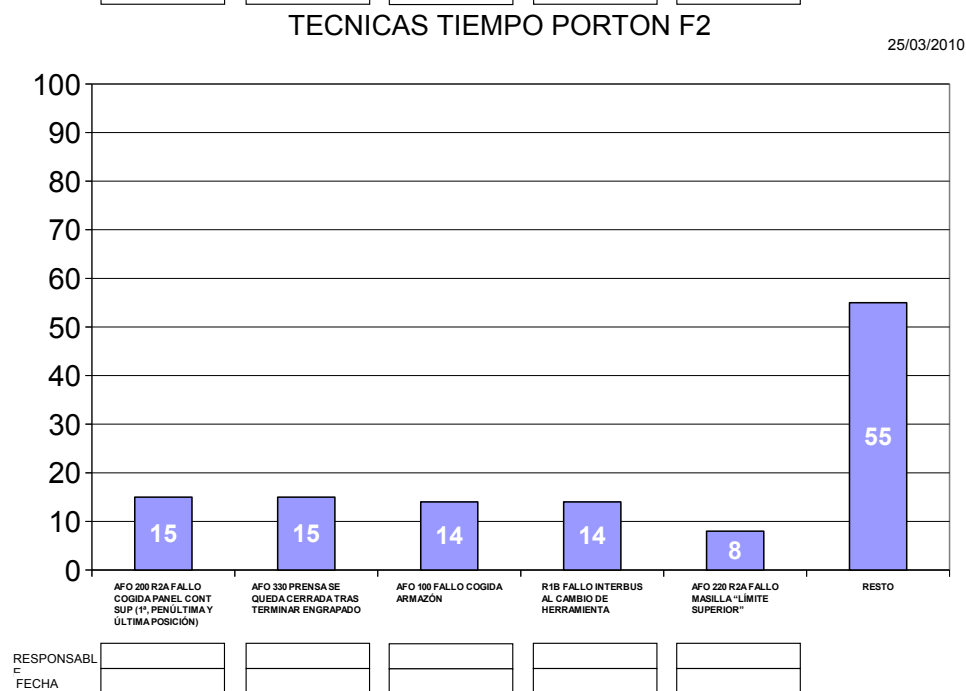
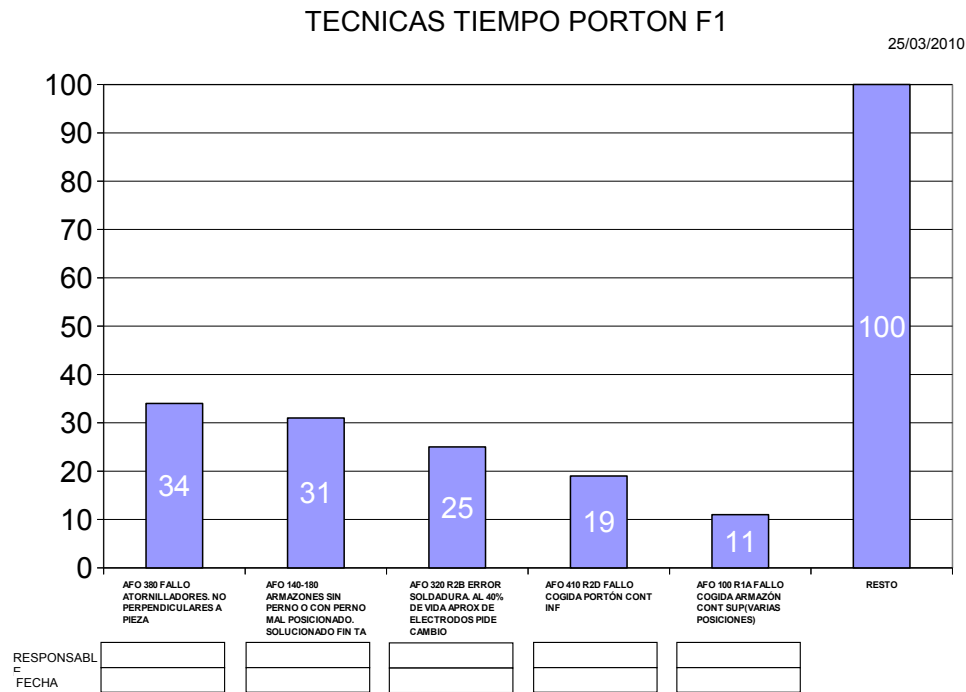


Figura B.4: Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas técnicas de portón fábrica 2

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

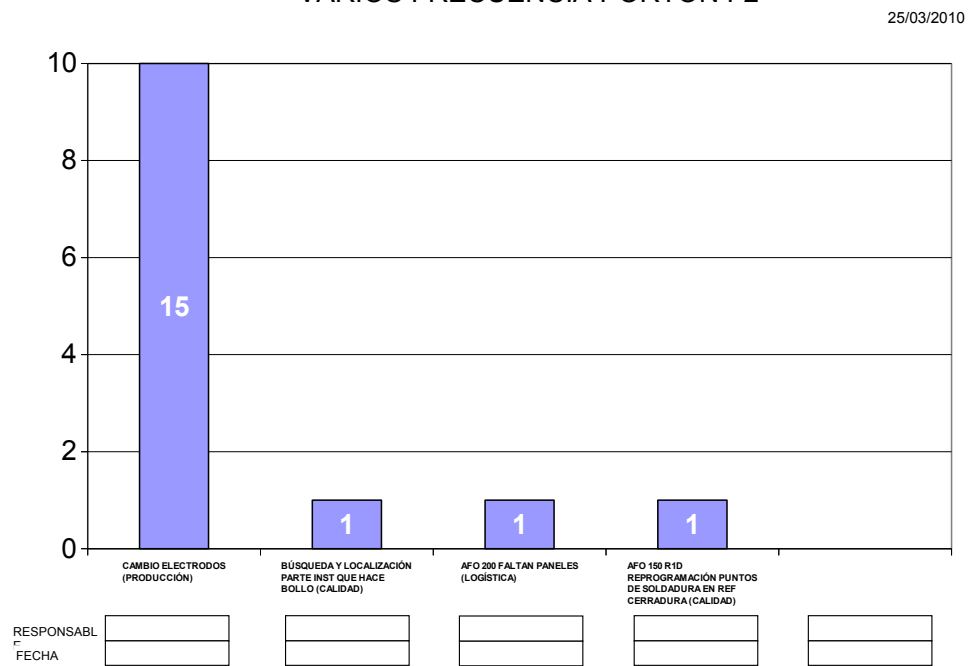
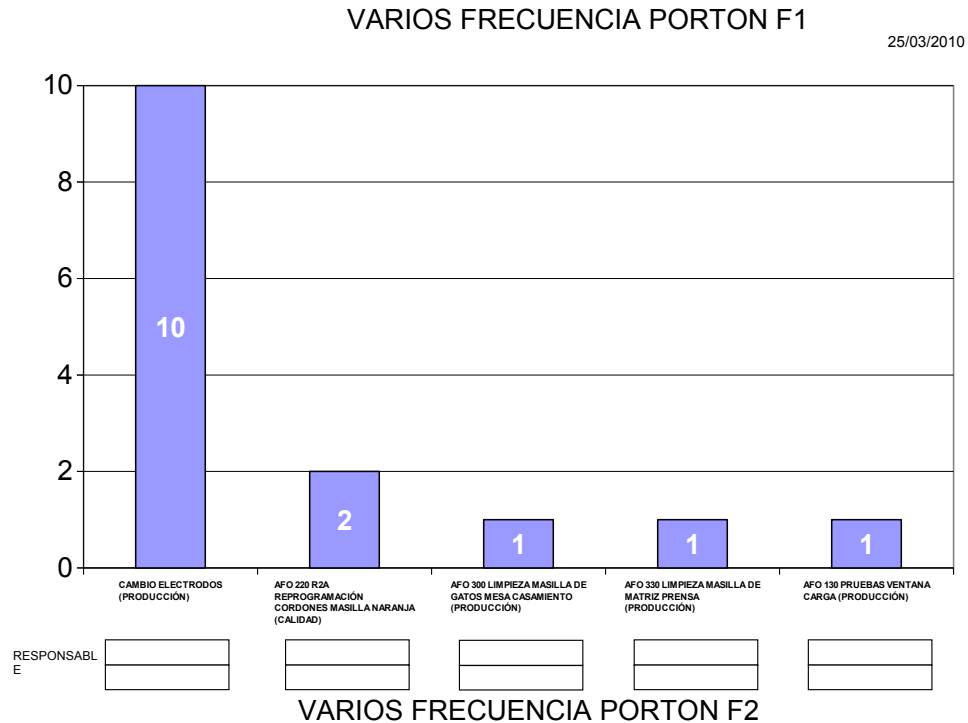


Figura B.5: Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas organizativas de portón fábrica 1

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

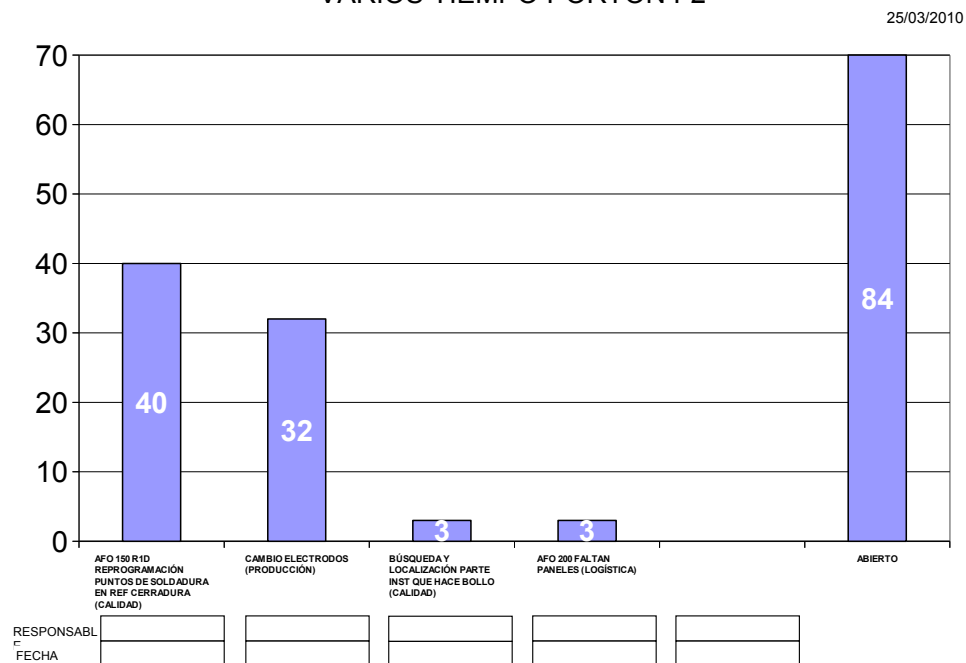
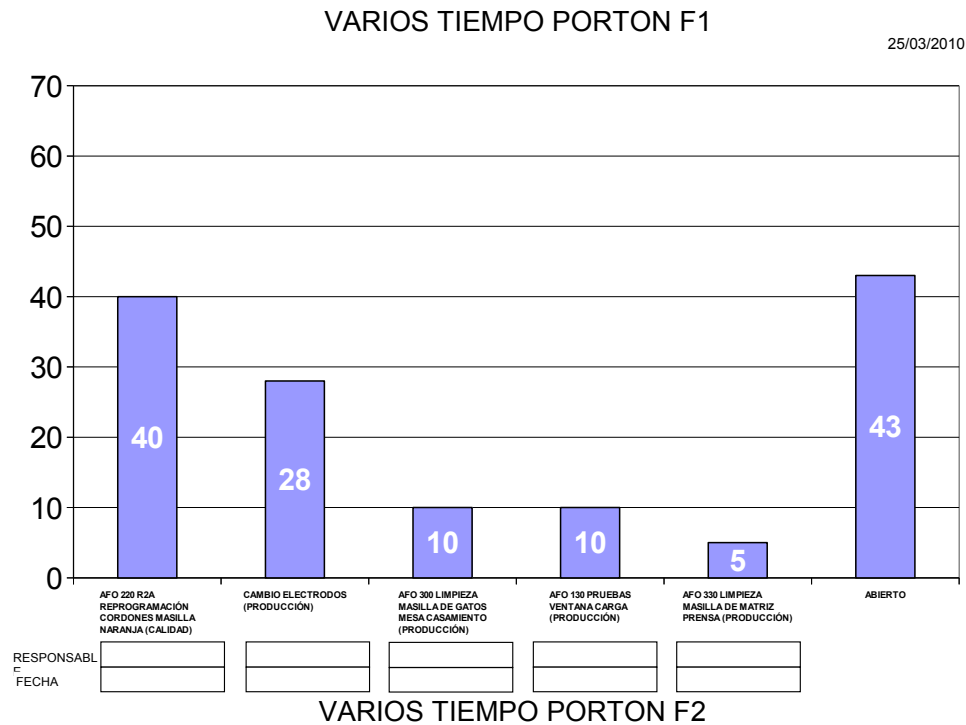


Figura B.6: Diagramas de Pareto para el top 5 de paradas organizativas de portón fábrica 2

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

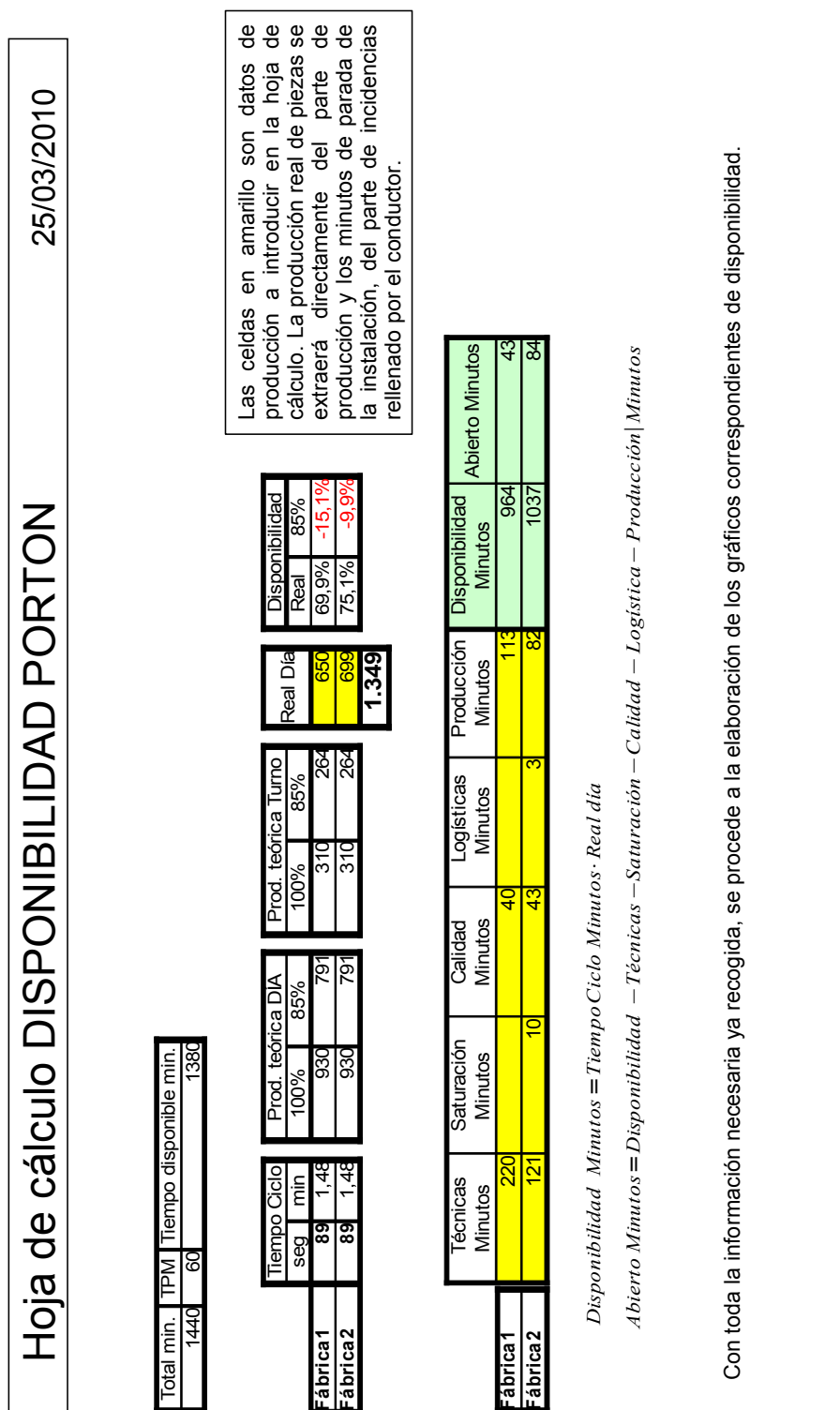


Figura B.7: Hoja de cálculo de la disponibilidad de portón. Parte 1

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

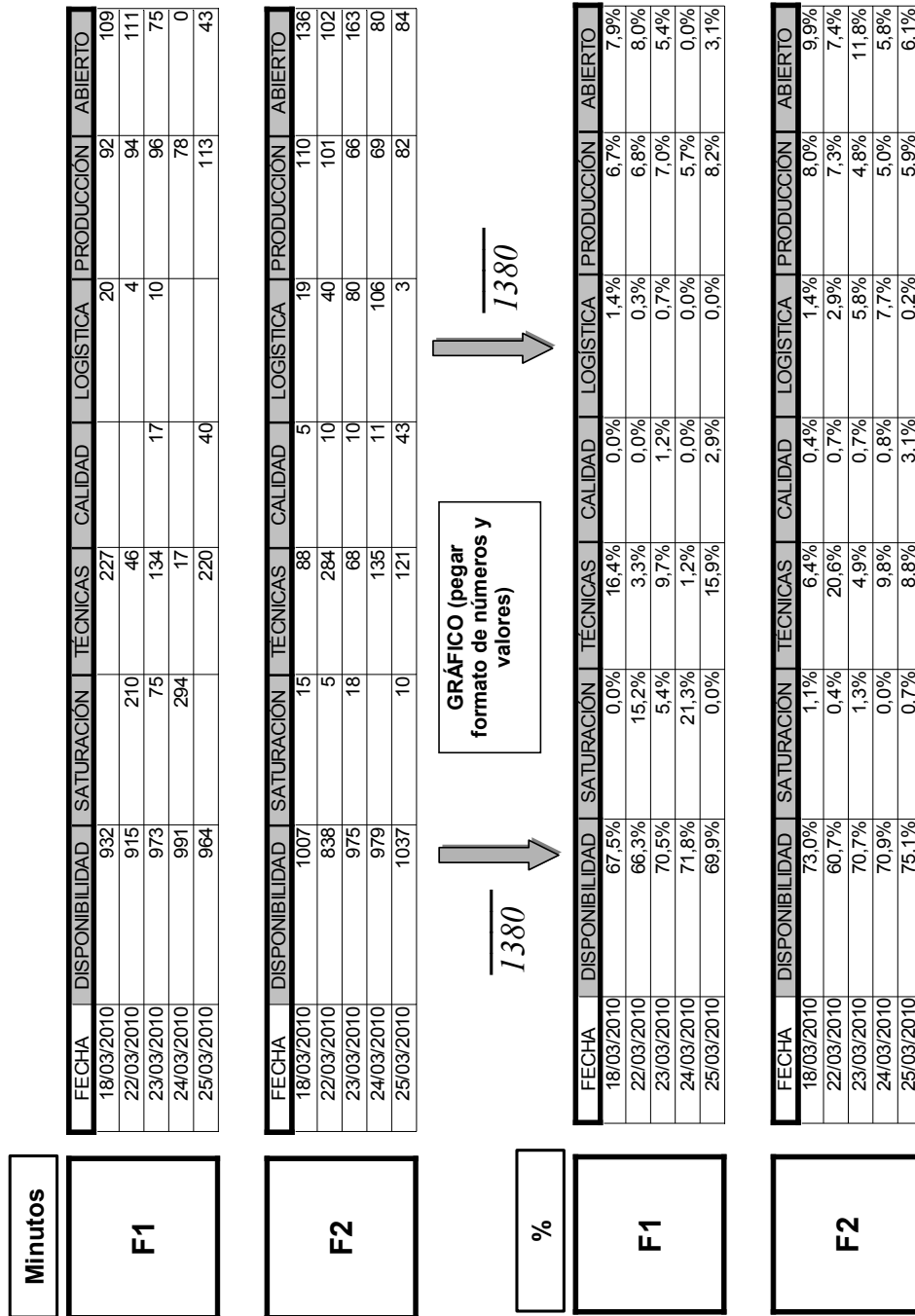


Figura B.8: Hoja de cálculo de la disponibilidad de portón. Parte 2

B.2. Diagramas de Pareto. Cálculo de Disponibilidad

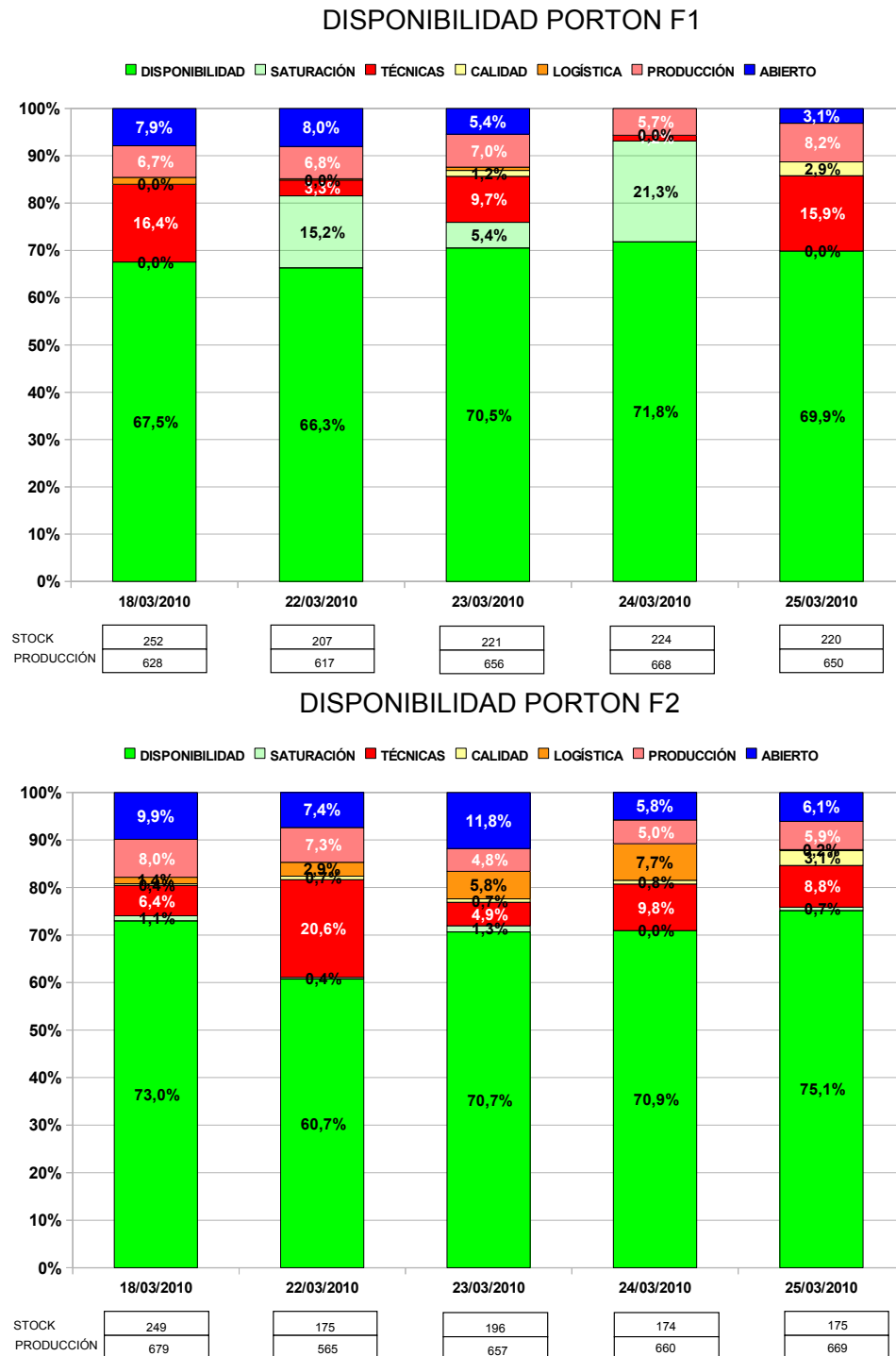


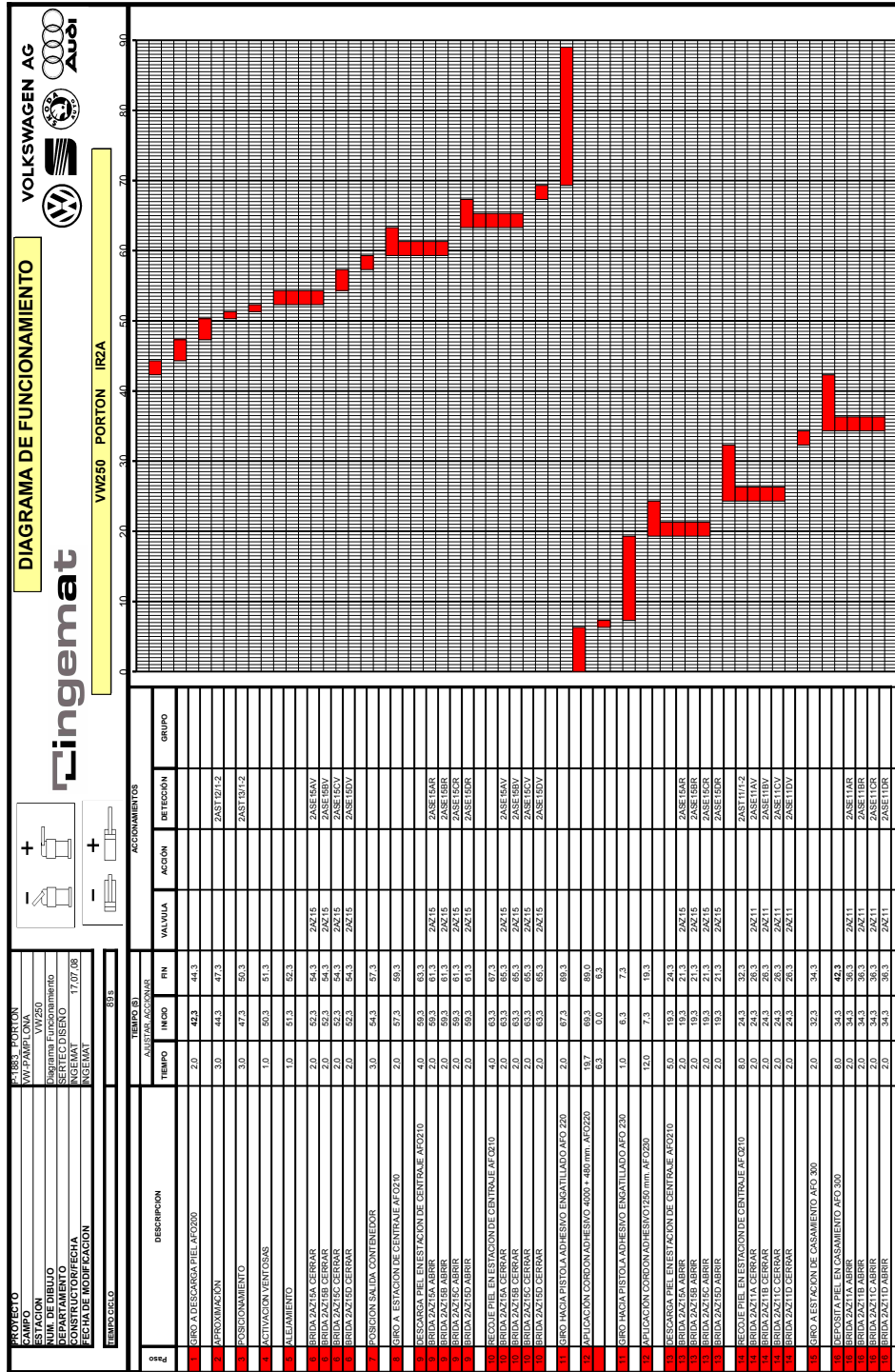
Figura B.9: Gráficos de disponibilidad de portón fábrica 1 y portón fábrica 2

Apéndice C

Aplicación de Masilla en Panel de Portón. Proyecto 4.3.1

C.1 Diagrama de Funcionamiento del Robot R2A

C.1. Diagrama de Funcionamiento del Robot R2A



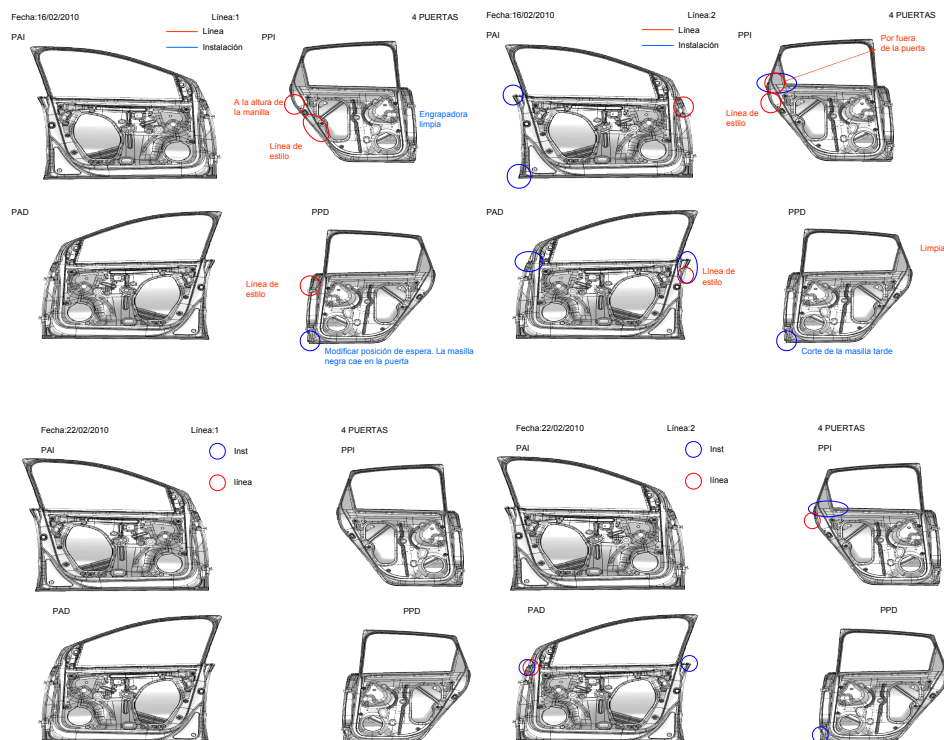
C.2. Sistema RPS en Revestimiento de Portón

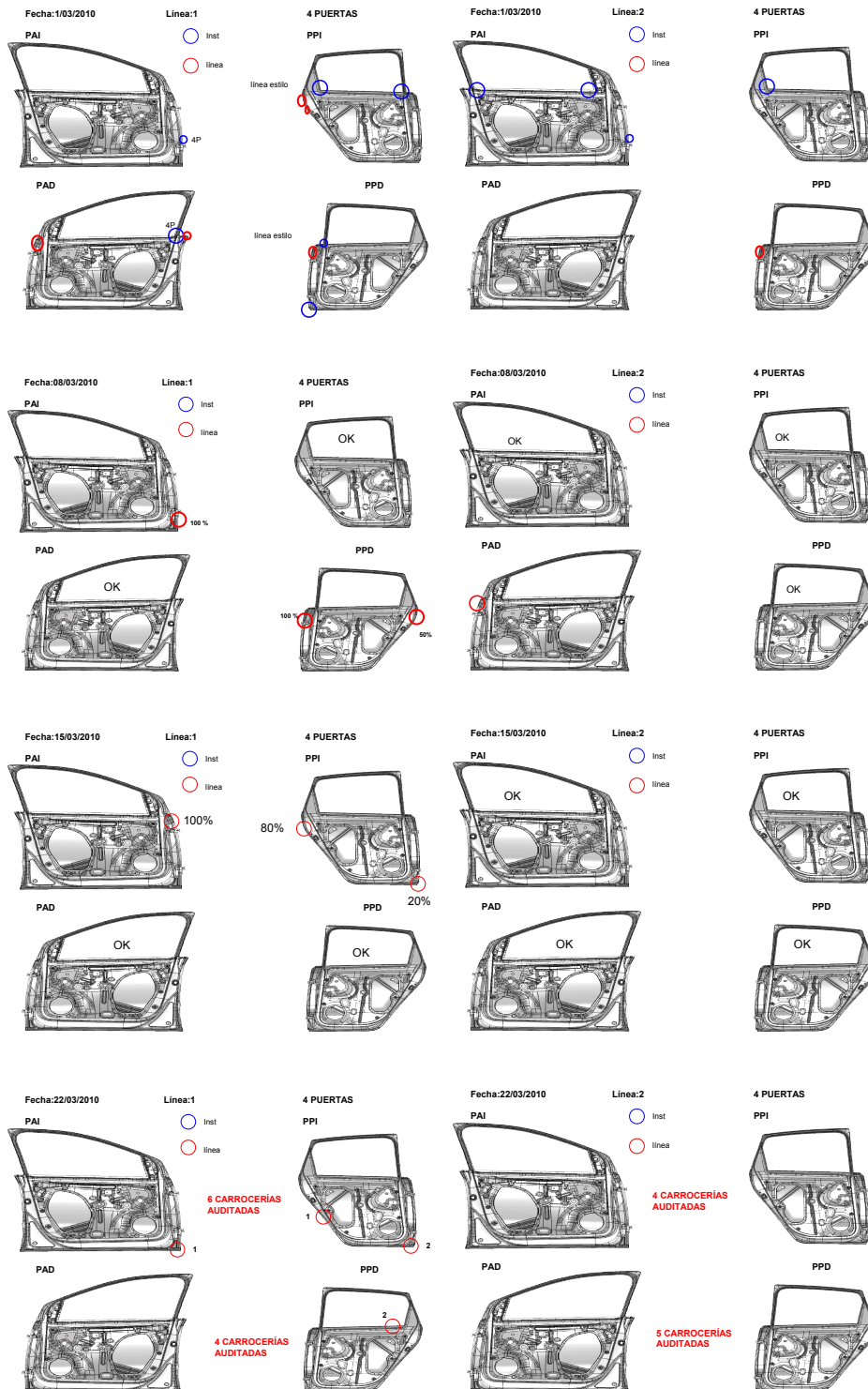
C.2 Sistema RPS en Revestimiento de Portón

Typ/ Type: VW 250		RPS-Maßblatt/ RPS Dimensions Sheet							
Funktionsbeschreibung/ Discription of function:		Skizze mit Koordinatenkreuz/ Draft with coordinate system:		Es ist darauf zu achten, dass die RPS-Aufnahmen nicht mit Schweißpunkten kollidieren					
Zu beachten: Vorabinformation									
-Änderungen nur über Herrn Schellin P1K/A bzw. den zuständigen Zsb. Planer -alle RPS-Löcher / -Flächen müssen netzparallel sein -die Freigängigkeit der RPS-Aufnahmen ist durch die FE zu gewährleisten		Besprechungen: 21.11.07							
Tabellenangaben nur bis Erstellung der Teilzeichnung verbindlich Specifications in table are only binding till part drawing is generated									
RPS	F-Pl.	Globale Koordinaten Global coordinates			Aufnahmeort / Bemerkung Mounting type/ note		Toleranzen		
		x/a	y/b	z/c			x/a	y/b	z/c
1 Hz	-	-541,5	915,0		Loch $\varnothing 15,0^{+0,2}$		-	0,0	0,0
2 Hz	-	541,5	915,0		Langloch $10,5^{+0,2} \times 15,8^{+0,5}$		-	$\pm 1,0$	0,0
3 Fx	-	-335,7	1029,2		Konturkante		0,0	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
4 Fx	-	626,0	745,0		Fläche $20^{+1} \times 20^{+1}$		0,0	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
5 Fx	-	335,7	1029,2		Konturkante		0,0	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
6 fz	2608,1	-335,7	-		Fläche $20^{+1} \times 20^{+1}$		$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,2$
7 fz	2608,1	335,7	-		Fläche $20^{+1} \times 20^{+1}$		$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,2$
8 fx	-	335,7	772,3		Fläche $10^{+1} \times 20^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
9 fx	-	-335,7	772,3		Fläche $10^{+1} \times 20^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
10 fx	-	400,0	395,5		Fläche $20^{+1} \times 40^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
11 fx	-	-400,0	395,5		Fläche $20^{+1} \times 40^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
12 fx	-	0,0	397,0		Fläche $20^{+1} \times 40^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
13 fx	-	-626,0	745,0		Fläche $20^{+1} \times 20^{+1}$		$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Genehmigt durch Fachstelle		Quelle / Datum:				Einarbeitung in TZ:		Termin:	
Org. Einheit	Name	Ges.	Org. Einheit	Name	Ges.	EN05 vom 19.10.07	s=0,75		
PP-F1						Benennung/ Title: Heckklappe aussen			
PP-F2						Teil-Nr./ Part No.: 6R6.827.105.A			
Planung						Abz./Desp.: P1K/A			
PM-Z						Name: A. Schellin			
						Tel.: 89494			
						Datum/Date: 22.11.07			
						Version:			
						Blatt/Sheet:			

Eliminación de Reboses de Masilla. Proyecto 4.3.2

En este capítulo del apéndice se van a presentar los resultados de las auditorías realizadas a puertas anteriores y posteriores (modelo cuatro puertas) tanto de fábrica 1 como de fábrica 2 para controlar los reboses de masilla. Recordemos que en el momento de realización del proyecto es sobre estas piezas sobre las que se hace un mayor hincapié. La metodología implantada en estas instalaciones, corregida y mejorada, servirá de base para el resto de elementos móviles.





Apéndice E

Reducción de Tiempo Abierto. Optimización de Teimpos Ciclo. Proyecto 4.3.6

E.1 Catálogo de Medidas

E.2 Matriz de Control de Mejoras de Tiempo Ci-
clo Portón

E.2. Matriz de Control de Mejoras de Tiempo Ciclo Portón

Catálogo de medidas WS Optimización tiempo ciclo - Taller Chapa Pamplona - Proyecto: EM - (Semana 12 / 2010)

Nº Medida	Nº Carga trabajo	AFO ROBOT	PROBLEMA	MEDIDA	Fecha de realización	Plazo realización	Responsable	Departamento	Comentarios
WSEM KW12 - 1	Reinuerzo cerradura	ventana AFO 130 Rb. 1A, F1-F2	Tiempo de espera por ventana cerrada al esperar al último ciclo de robot de cogida de refuerzo cerradura en mesa giratoria	Colocar soporte tipo para Refuerzo Cerradura independizando ciclo de mesa giratoria (No necesita esperar a que Rb. 1A recoja refuerzo de la mesa). Se consigue un mayor tiempo de ventana abierta y reducción de tiempo ciclo robot.	en curso	16.07.2010	Navarro	Procesos Chapa	
WSEM KW12 - 3	Markator	R1A, AFO 115 -F2	Tiempo excesivo de operación de marcado de pieza	Igualar tiempo de marcado de Portón Fabrica 2 con Portón Fabrica 1 (F1 mas rápido)	Introducido	Introducido	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 4	Punzonado	R1A-F2	El robot 1A de fábrica dos hace un recorrido mas largo al ir a punzonar y lo hace distinto que en la fabrica 1, costando mas tiempo.	Cambiar el orden de punzonado en Portón Fabrica 2 (Punzonar en dirección al Markator)	Introducido	Introducido	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 7	Soldadura	R2D-F1	Saturación del tiempo ciclo del robot 2D por el número de puntos de soldadura que realiza. E influencia en menor tiempo de ventana abierta atomillador.	Transferir un punto de soldadura (o dos, comprobando tiempos) de Rb. 2D a Rb. 2C de Fabrica 2. Lateral Doble Lupa: P17664 P17668 TRIPLE CHAPA Lateral Izquierdo Lupa: P17667 TRIPLE CHAPA P17663	en curso	16.07.2010	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 8	Mesa Volteadora	R2A AFO 210 -F1	Retraso del ciclo del robot 2A-F1 debido al posicionamiento de la mesa volteadora fuera de la zona de cogida (después de salida de mesa centradora)	Bajar soportes de panel (20 cms aproximadamente) en mesa volteadora y modificar travesaño inferior de la zona de caga del robot. Reprogramar Rb. 2A con nuevas medidas evitando maniobras.	en curso	16.07.2010	Navarro	Procesos Chapa	
WSEM KW12 - 10	Mesa Volteadora	R2A AFO 210 -F2	Cierre de bridas del robot 2A en fabrica 2 en el punto "0" a robot parado a la salida de la mesa centradora alargando el tiempo de ciclo. (en la fabrica 1 realiza el cierre de bridas sin parada).	Reprogramar Rb. 2A para solapar la apertura de bridas en dejada panel en AFO 210 (Mesa Volteadora) con las del manipulador vacío para recogida de panel en la misma AFO	Introducido	Introducido	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 11	Cogida Panel	Rb. 2A AFO 200 -F1	Rb. 2a excesivo tiempo al coger paneles superiores de ambos contenedores.	Reprogramar inicio de búsqueda para que sea coincidente con fin de búsqueda en distancia y posición.	en curso	26.04.2010	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 13	Markator	Rb. 1A AFO 115 -F1, F2	Markator no abre garra después de marcar hasta que el punzón no llega a punto cero.	En el momento que el Markator retire el punzón, activar señal para apertura de garra y que Rb. 1A continúe ciclo.	Introducido	Introducido	Quiñones	Mimbo, Chapa	
WSEM KW12 - 14	Soldadura	Rb. 2C - F1	Rb. 2C de Fabrica 1 es 8 segundos mas lento que su gemelo en Fabrica 2.	Igualar reprogramando los puntos de soldadura del Rb. 2C de Fabrica 1 a los del Rb. 2C de Fabrica 2	en curso	26.04.2010	Quiñones	Mimbo, Chapa	

E.2. Matriz de Control de Mejoras de Tiempo Ciclo Portón

WSE-EM KW12 -16		Rb. 1B - F2	Excesivo tiempo de espera de refuerzo en mesa Rb. 1B - F2. Retraso en salida de cilindros centradores amasador	Limpieza cilindros centradores	en curso	26.04.2010	Quifones	Mtmt. Chappa	
WSE-EM KW12 -17		Rb. 2A - F2	Retraso robot por trayectoria con exceso de desplazamiento en la aplicación de masilla negra robot 2A-F2.	Corregir trayectoria y posicionamiento.	ampliado	Introducido	Quifones	Mtmt. Chappa	
WSE-EM KW12 -18	Mesa giratoria	AFO 130 -F2	El grupo de refuerzo bisagra y pasacables cierra después de girar mesa	Programar cierre de bridas simultaneo al giro de la mesa	en curso	26.04.2010	Quifones	Mtmt. Chappa	
WSE-EM KW12 -19		Rb. 1B - F1	El robot 1B no inicia ciclo hasta que la mesa no está posicionada	Programar arranque de ciclo de robot 1B simultaneo al giro de mesa	en curso	26.04.2010	Quifones	Mtmt. Chappa	
WSE-EM KW12 -12	Ventanas de carga	AFO 130, 380 - F1, F2	Excesivo recorrido de apertura y cierre en ventanas de carga.		en curso				
WSE-EM KW12 -2	Aplicación Masilla	Rb. 1A F1+F2	Tiempo de espera por ventana cerrada al esperar al último ciclo de robot de cogida de refuerzo cerradura en mesa giratoria	Passar aplicacion de cordón de masilla naranja de Refuerzo Amortiguador de Rb. 1A a Rb. 1B	desestimada		Navarro/Quifones	Procesos/Mtmt.	Por haberse de hecho con aumento de esperas robot 1A
WSE-EM KW12 -9	Docking	R1B-F2	R1B-F2 pierde tiempo cuando coge la pizza y espera a que cierre la tapa del docking	Reprogramar para que la tapa del docking baje mientras el Rb. 1B comienza el ciclo. (Fabrica 2 igual que Fabrica 1)	desestimada		Quifones	Mtmt. Chappa	El estandar no lo permite
WSE-EM KW12 -6	Home	R1A AFO 100 -R2A AFO 200 F1+F2	La posición de espera a la recogida del contenido de la pizza hace en una posición intermedia entre ambas contenedores, lo cual provoca un derroche de desplazamiento.	Establecer un Punto Cero (Home) para cada Folge 1 - Contenedor Superior; Folge 2 - Contenedor inferior). Consultar "Estandar Volkswagler"	desestimada		Quifones	Mtmt. Chappa	El estandar no lo permite
WSE-EM KW12 -9	Home	R2A F1+F2	Cierre de bridas del robot 2A en ambas fabricas en el punto "0" al robot parado a la salida de la preengrapadora y entrada al contenedor alargando el tiempo de ciclo.	Posibilidad de analizar las consultas que realiza el robot en Punto Cero para disminuir tiempo de espera.	desestimada		Quifones	Mtmt. Chappa	
WSE-EM KW12 -15	Soldadura	Rb. 2C - F1	Rb. 2C de Fabrica 1 es 8 segundos mas lento que su gemelo en Fabrica 2.	Estudiar la influencia de la distinta posición de la pizza de soldadura entre Fabrica 1 y Fabrica 2.	desestimada		Navarro	Procesos. Chappa	Desestimada por que las líneas no son simétricas

E.2. Matriz de Control de Mejoras de Tiempo Ciclo Portón

**Matriz control mejoras tiempos ciclo portón
WS Optimización tiempo ciclo - Taller Chapa Pamplona - Proyecto: EM - (Semana 12 / 2010)**

		TIEMPO CICLO PLANIFICADO = 89 SEGUNDOS																			
		1A		1B		1C		1D		2A		2B		2C		2D		AFO 130		AFO 380	
		F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Nº Medida	Nº Carga Trabajo	MEDIDA																			
WS-EM KW12-1	Reforzo cerradura	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	AFO ROBOT	TIEMPO CICLO																			
	ventana Rb. 1A F1+F2	Tiempo de espera por ventana cerrada al esperar al último ciclo de robot de cogida de refuerzo cerradura en mesa giratoria de tiempo ciclo robot																			
WS-EM KW12-3	Markator	PRBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	R1A AFO 115 F2	Tiempo excesivo de operación de marcado de pieza																			
WS-EM KW12-4	Punzonado	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	R1A-F2	El robot 1A de fábrica dos hace un recorrido más largo al ir a punzonar y lo hace distinto que en la fábrica 1, costando más tiempo.																			
WS-EM KW12-7	Soldadura	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	R2D-F1	Saturación del tiempo ciclo del robot 2D por el número de puntos de soldadura que realiza. E influencia en menor tiempo de ventana abierta automatizado.																			
WS-EM KW12-8	Mesa Voleadora	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	R2A AFO 210 -F1	Retraso del ciclo del robot 2A F1 debido al posicionamiento de la mesa centradora fuera del recorrido hacia la preengrapadora (después de salida de mesa centradora)																			
WS-EM KW12-10	Mesa Voleadora	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	R2A AFO 210 -F2	Apertura de bridas del robot 2A en fábrica de la mesa centradora alargando el tiempo de ciclo. (en la fábrica 1 realiza el cierre de bridas sin paradas).																			
WS-EM KW12-11	Cogida Panel	PROBLEMA																			
	tema	TIEMPO CICLO																			
	Rb. 2A AFO 200 -F1	Rb. 2a excesivo tiempo al coger paneles superiores de ambos contenedores.																			
		MEDIDA																			
		PRBLEMA																			
		TIEMPO CICLO																			
		TIEMPO CICLO																			
		-2,0																			
		-2,0																			
		-0,5																			
		5,0 5,0 -5,0 -5,0																			
		-1,5																			
		-1,0																			
		-2,0																			

Optimización del Chatarreo producido por Pruebas Destructivas de Control de Puntos de Soldadura. Proyecto 4.3.8

A modo de ejemplo cualitativo, se muestra a continuación un estudio comparativo de las señales obtenidas mediante la técnica de ultrasonidos para distintos tipos de puntos donde se observa cómo la calidad de la soldadura está directamente relacionada con la forma de la secuencia de ecos (número, amplitud, posición, atenuación).

Con el fin de comparar mejor las diferentes señales, se tomará como señal de referencia la correspondiente a un punto óptimo, en el cual el proceso de soldadura se ha producido con éxito. Esta señal se caracteriza por:

- *Atenuación relativamente alta:*
Hay una buena penetración en la soldadura que al producirse hace que el tamaño del grano en esta zona sea más grueso de lo que correspondería a una zona no soldada, y por tanto lleva asociado el correspondiente incremento de la atenuación. La caída que se produce entre el primer y segundo eco de fondo es aproximadamente de un 20,0%, y se presentan pequeños ecos de cola.
- *Separación entre ecos sucesivos:*
Será algo menor a la suma de espesores de las chapas que componen la unión.
- *Ausencia de ecos intermedios o de defectos que superen el nivel de ruido:*
Se trata por tanto de una señal limpia.

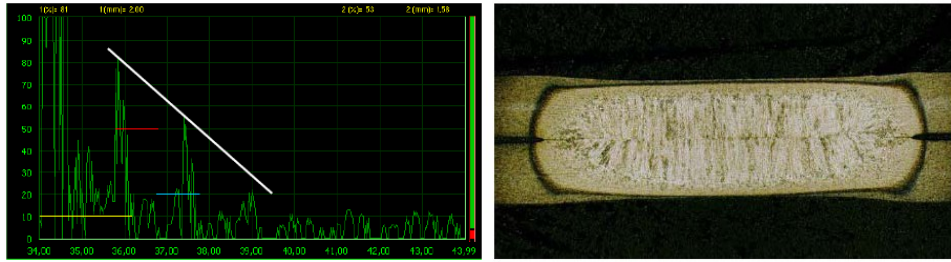


Figura F.1: Punto óptimo

Los defectos más habituales que podemos encontrar en un punto de soldadura son los siguientes:

Punto quemado

Son aquellos en los que se produce la fusión del material y por tanto la correspondiente soldadura. Presentan una resistencia a la rotura adecuada, pero no pueden considerarse como puntos buenos, y se caracterizan por:

- *Atenuación excesivamente alta:*
El tamaño del grano en la zona soldada es demasiado grueso y por tanto la energía reflejada en la pared posterior es mínima, dando lugar a un reducido número de ecos.
- *Separación entre ecos sucesivos:*
Será menor que en el caso del punto bien soldado, pues se ha producido una excesiva penetración, y una reducción del espesor de la soldadura.
- *Ausencia de ecos intermedios o de defectos que superen el nivel de ruido:*
Aunque no existen ecos de ruido, la señal no es tan limpia como en el caso anterior, ya que los ecos alcanzan menos altura y están más próximos.

Puntos pequeños

Como su propio nombre indica, son aquellos cuyo diámetro es menor que el diámetro nominal exigido, y por tanto aunque la penetración sea la adecuada presentan menor resistencia a la rotura. Se caracterizan por:

- *Igual atenuación que un punto bueno:*
Pequeños ecos de cola.

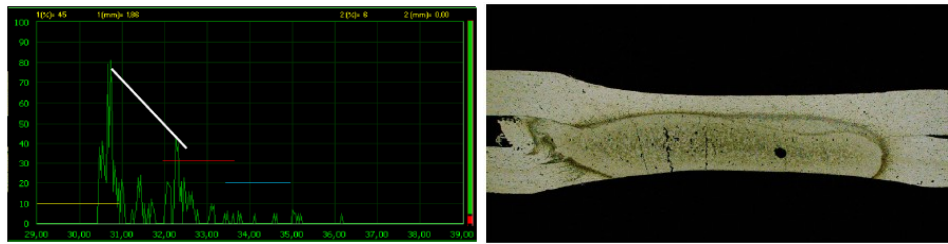


Figura F.2: Punto quemado

- *Separación entre ecos principales sucesivos:*
Igual que sucede para un punto bueno será algo menor que la suma de los espesores de las chapas soldadas.
- *Aparición de ecos intermedios o de defectos que superan el nivel de ruido:*
Al ser el diámetro del punto menor que el diámetro nominal de la sonda, una parte del haz ultrasónico se refleja en la pared posterior de la primera chapa, y otra parte pasa a la segunda chapa para reflejarse en la pared de fondo de la soldadura. Estos ecos intermedios (de defecto) que se presentan tienen una forma característica denominada “Sombreo de Napoleón”. La altura de los ecos intermedios puede dar una idea de las dimensiones del punto, y por tanto del grado de dispersión respecto al diámetro nominal.

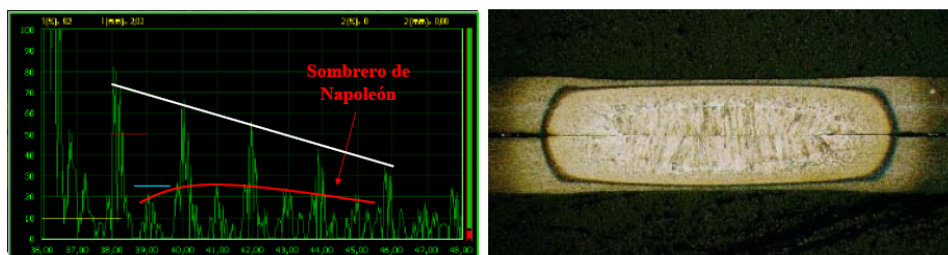


Figura F.3: Punto pequeño

Puntos pegados

Es uno de los defectos más difíciles de detectar ya que se ha producido una unión entre las chapas, aunque el material no ha llegado a fundir y por tanto no se ha producido la soldadura como tal, considerándose entonces que más que soldados están pegados. Se caracterizan por:

- *Poca atenuación:*
No hay una buena penetración en la soldadura y por tanto el tamaño del grano en esta zona es fino. La atenuación es pequeña. Presenta asimismo grandes ecos de cola.
- *Separación entre ecos principales sucesivos:*
Menor que la suma de espesores de las chapas que forman la unión, y por tanto del mismo orden que en el punto bueno.
- *Pueden presentarse ecos intermedios.*

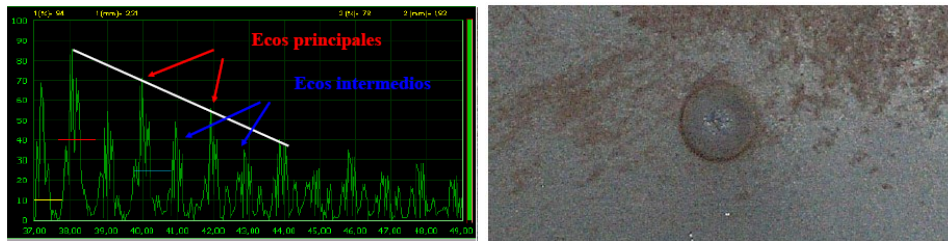


Figura F.4: Punto pegado

Puntos sueltos

No se ha producido la soldadura, simplemente se ha deformado la chapa. Se caracterizan por:

- *Poca atenuación:*
Aparece un gran número de ecos principales con muy poca atenuación, ya que al no haber soldadura no hay transformación de material.
- *Separación entre ecos principales sucesivos:*
Menor que el espesor de la chapa sobre la que se mide, debido a la deformación producida por los electrodos. Al no haber unión hay un espacio entre las chapas, por lo que el haz ultrasónico se refleja en la pared posterior de la primera chapa.
- *No se presentan ecos intermedios.*

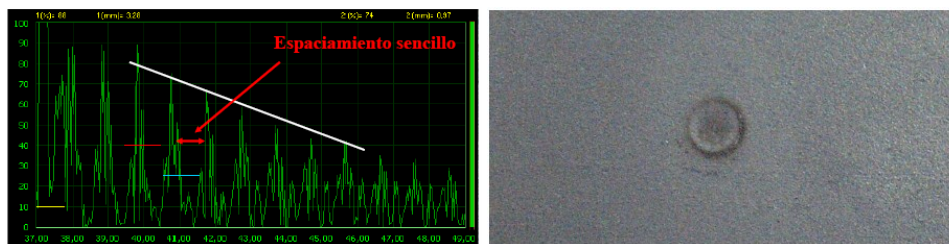


Figura F.5: Punto suelto

Apéndice G

Disponibilidad Semanal de Portón F1 y Portón F2

A continuación se muestran los datos semanales de disponibilidad obtenidos durante el periodo de realización de este proyecto, estos es, desde la semana 46 del mes de Noviembre de 2009 hasta la semana 12 de Marzo de 2010.

XXXII

PORTÓN F1

FECHA	DISPONIBILIDAD	SATURACIÓN	TÉCNICAS	CALIDAD	LOGÍSTICA	PRODUCCIÓN	ABIERTO	PRODUCCIÓN REAL	
								IST(L-V)	IST (FIN DE SEMANA)
KW 46	65,5%	5,2%	16,1%	1,0%	0,0%	3,1%	9,1%	3271	3718
KW 47	68,3%	3,9%	15,8%	2,1%	1,0%	2,8%	6,1%	3567	4562
KW 48	68,2%	6,3%	14,2%	0,5%	0,8%	3,2%	6,8%	3366	4112
KW 49	56,9%	18,6%	9,2%	0,9%	1,8%	3,4%	9,2%	3022	3699
KW 50	70,1%	1,9%	15,7%	1,9%	0,3%	4,2%	5,9%	2872	3675
KW 51	77,3%	1,5%	9,4%	1,1%	0,0%	3,0%	7,7%	3191	4103
KW 52	72,8%	2,8%	9,1%	3,4%	0,2%	3,6%	8,1%	1897	1939
KW 1	75,6%	7,1%	10,2%	0,0%	0,7%	3,1%	3,3%	1445	1918
KW 2	65,9%	10,2%	12,1%	0,2%	1,7%	3,9%	6,0%	3013	3819
KW 3	70,3%	7,0%	9,4%	0,0%	3,1%	5,7%	4,5%	3238	3960
KW 4	69,9%	10,5%	8,8%	0,0%	0,8%	5,9%	4,1%	3114	4039
KW 5	68,7%	10,5%	14,2%	0,9%	0,8%	3,8%	1,0%	3181	3720
KW 6	65,7%	13,3%	13,1%	1,0%	0,6%	4,0%	2,3%	3009	3657
KW 7	71,8%	7,0%	11,4%	1,8%	2,0%	3,8%	2,2%	3187	3875
KW 8	74,0%	2,0%	13,8%	2,8%	1,0%	4,0%	2,4%	3439	3672
KW 9	76,9%	5,3%	6,0%	1,0%	2,0%	5,0%	3,8%	3423	3939
KW 10	73,3%	4,9%	10,5%	2,6%	1,0%	5,6%	2,1%	3215	3482
KW 11	71,2%	3,0%	6,8%	0,0%	1,0%	7,0%	5,0%	2801	3313
KW 12	72,8%	8,9%	6,0%	0,0%	0,0%	6,0%	6,3%	3158	3628

Figura G.1: Disponibilidad portón fábrica 1

PORTÓN F2

FECHA	DISPONIBILIDAD	SATURACIÓN	TÉCNICAS	CALIDAD	LOGÍSTICA	PRODUCCIÓN	ABIERTO	PRODUCCIÓN REAL	
								IST(L-V)	IST (FIN DE SEMANA)
KW 46	66,9%	0,0%	14,8%	3,2%	0,0%	5,0%	10,1%	3124	3447
KW 47	69,3%	0,0%	16,1%	1,8%	1,1%	3,3%	8,4%	3283	3769
KW 48	65,4%	0,4%	19,6%	2,1%	0,8%	2,1%	9,6%	3047	3822
KW 49	66,3%	1,2%	20,8%	2,9%	1,0%	3,1%	4,7%	2796	3955
KW 50	64,7%	2,0%	18,3%	5,7%	1,2%	3,8%	4,3%	2823	4164
KW 51	69,7%	6,5%	12,2%	1,8%	0,0%	5,5%	4,3%	3152	3910
KW 52	68,8%	3,4%	19,7%	0,0%	1,2%	4,0%	2,9%	1884	1928
KW 1	64,8%	11,0%	12,0%	1,2%	1,0%	6,8%	3,2%	1621	2342
KW 2	68,2%	11,5%	8,4%	0,0%	1,7%	4,7%	5,5%	3181	3974
KW 3	66,9%	2,0%	16,2%	1,4%	2,6%	5,8%	5,1%	3189	4281
KW 4	67,3%	10,5%	10,7%	0,0%	0,0%	6,8%	4,7%	3114	3748
KW 5	68,0%	6,0%	11,8%	1,1%	1,1%	5,0%	7,0%	3162	4070
KW 6	73,0%	3,4%	10,3%	0,8%	1,3%	4,8%	6,4%	3395	3746
KW 7	72,7%	3,0%	11,1%	2,1%	1,0%	4,0%	6,1%	3378	3678
KW 8	71,8%	2,5%	9,0%	1,8%	0,9%	5,1%	8,9%	3291	4145
KW 9	76,7%	3,0%	7,5%	0,8%	0,9%	5,3%	5,8%	3495	3909
KW 10	75,2%	8,2%	5,0%	2,0%	0,5%	5,0%	4,1%	3240	3788
KW 11	74,9%	6,0%	5,9%	0,0%	0,8%	7,0%	5,4%	2668	3180
KW 12	76,3%	6,0%	7,5%	0,6%	1,0%	4,3%	4,3%	3206	3721

Figura G.2: Disponibilidad portón fábrica 2

