

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Estudio de una posible automatización de una línea del sector automovilístico



Grado en Ingeniería
en Tecnologías Industriales

Trabajo Fin de Grado

Ariane Andueza Pacheco
Fernando Hernández López
Pamplona, 27 de Junio de 2017



Resumen:

El presente proyecto parte de la necesidad básicamente de aumentar la producción y reducir los costes de una línea de montaje del sector del automóvil. En esta línea, concretamente se fabrica uno de los componentes del tubo de escape de los automóviles.

Se trata del momento adecuado para plantear esta posible automatización, ya que en el curso del año actual se ha comenzado a producir tres referencias para la nueva plataforma del grupo Volkswagen, MQBA0, por la cual se busca la reusabilidad de los componentes de un automóvil en diferentes modelos. Lo cual reduce el número total de referencias diferentes a producir.

Así pues, para justificar la posible viabilidad del proyecto se hará un análisis comparativo (entre datos actuales y futuras estimaciones) en lo referente a layout, estudio de tiempos, producción y demanda, costes. Además, se señalarán posibles variaciones o cambios en la línea.

Abstract:

The present project is based basically on the need of increasing production and reducing the cost of an assembly line in the automotive industry. The line produces one of the components of the automotive exhaust pipe.

The company has raise this possible automation of the line, due to the start of the production of the new references belonging to the platform MQB in the current year. The aim of this platform is to assure the reuse of the different component of a car. This reduces the total number of different references to produce.

So, to justify the feasibility of the project its necessary doing a comparative analysis (between current and future estimates) about layout, times, production and demand, costs... In addition, the changes shall be named.

Palabras clave:

- Automatización
- Robot
- Takt time
- Eficiencia

ÍNDICE DE GENERAL

MEMORIA.....	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. <i>Objetivos</i>	4
1.2. <i>Alcance</i>	4
1.3. <i>Autor</i>	4
1.4. <i>Emplazamiento</i>	5
1.5. <i>Descripción y justificación del proyecto</i>	5
1.6. <i>Vocabulario o términos utilizados</i>	6
1.6.1. <i>Plataformas automovilísticas</i>	6
1.6.2. <i>Nomenclatura</i>	7
2. LA EMPRESA.....	9
2.1. <i>El grupo Faurecia</i>	10
2.1.1. <i>Introducción</i>	10
2.1.2. <i>Breve historia</i>	10
2.1.3. <i>Líneas de producción</i>	11
2.1.4. <i>Cifras y estadísticas</i>	13
2.1.5. <i>Clientes</i>	13
2.1.6. <i>Misión del grupo Faurecia</i>	15
2.2. <i>El grupo Faurecia en Orkoien</i>	15
2.2.1. <i>Contexto: Faurecia en España</i>	15
2.2.2. <i>Producción y clientes</i>	16
2.2.3. <i>La planta y sus instalaciones</i>	17
3. EL PRODUCTO.....	19
3.1. <i>Introducción</i>	20
3.2. <i>Función</i>	20
3.3. <i>Parte caliente o Hot End</i>	21
3.3.1. <i>Hot End (para motor diésel)</i>	21
3.3.2. <i>Hot End (para motor gasolina)</i>	23
3.4. <i>Parte fría o Cold End</i>	24
3.5. <i>El proceso productivo</i>	26
3.6. <i>Las marmitas delanteras</i>	26
4. SITUACIÓN INICIAL	29
4.1. <i>Introducción</i>	30
4.2. <i>Layout (distribución en planta)</i>	30
4.2.1. <i>Introducción</i>	30
4.2.2. <i>Descripción general</i>	31
4.2.3. <i>Distribución actual</i>	32
4.2.4. <i>Descripción de la maquinaria</i>	34
4.3. <i>Diagrama de flujo</i>	41

4.3.1. Componentes	41
4.3.2. Operaciones del proceso productivo.....	42
4.4. Demanda y producción	44
4.4.1. <i>Introducción</i>	44
4.4.2. <i>Demanda de producto</i>	44
4.4.3. <i>Producción de la línea</i>	47
4.4.4. <i>Ajuste de la producción con la demanda</i>	49
4.5. Estudio de tiempos: Metodología general.....	50
4.5.1. <i>Introducción</i>	50
4.5.2. <i>Cálculo del Takt Time</i>	50
4.5.3. <i>Metodología seguida para la toma de tiempos</i>	51
4.5.4. <i>Plantillas</i>	52
4.5.5. <i>Cálculo del contenido de trabajo y otros</i>	56
4.5.6. <i>Diagrama de Yamazumi</i>	56
4.5.7. <i>Cálculo de indicadores</i>	57
4.6. Estudio de tiempos: Datos experimentales	58
4.6.1. <i>Introducción explicativa</i>	58
4.6.2. <i>Cálculo del Takt Time</i>	59
4.6.3. <i>Cronometraje</i>	60
4.6.4. <i>Análisis de los resultados obtenidos en el cronometraje</i>	64
4.6.5. <i>Cálculo del contenido de trabajo</i>	64
4.6.6. <i>Diagrama de Yamazumi o tiempo-ciclo</i>	67
4.6.7. <i>Indicadores: TRS</i>	68
5. ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN	71
5.1. Propuesta	72
5.2. Consideraciones iniciales	72
5.3. Implementación de robot o cobot.....	73
5.4. Requisitos.....	74
6. SITUACIÓN FUTURA	77
6.1. Introducción	78
6.2. Layout (distribución en planta)	78
6.2.1. <i>Introducción</i>	78
6.2.2. <i>Descripción general</i>	79
6.2.3. <i>Distribución con la industrialización</i>	81
6.2.4. <i>Descripción de la maquinaria</i>	83
6.3. Diagrama de flujo.....	86
6.3.1. <i>Componentes</i>	86
6.3.2. <i>Operaciones del proceso productivo</i>	86
6.4. Demanda y producción	88
6.4.1. <i>Introducción</i>	88
6.4.2. <i>Demanda de producto</i>	89
6.4.3. <i>Producción de la línea</i>	92
6.4.4. <i>Ajuste de la producción con la demanda</i>	93
6.5. Estudio de tiempos: Metodología utilizada	94

6.6. Estudio de tiempos: Datos experimentales	94
6.6.1. <i>Introducción explicativa</i>	94
6.6.2. <i>Takt Time</i>	95
6.6.3. <i>Cronometraje</i>	95
6.6.4. <i>Análisis de resultados obtenidos</i>	98
6.6.5. <i>Cálculo del contenido de trabajo</i>	98
6.6.6. <i>Diagrama Tiempo Ciclo</i>	99
6.6.7. <i>Indicadores</i>	100
7. ESTUDIO APROXIMADO DE COSTES.....	101
7.1. <i>Introducción</i>	102
7.2. <i>Inversión</i>	102
7.3. <i>Ingresos</i>	103
7.3.1. <i>Ahorros</i>	103
7.3.2. <i>Gastos suplementarios</i>	104
7.4. <i>Recuperación de la inversión</i>	104
8. COMPARATIVA SITUACIÓN INICIAL Y FUTURA. CONCLUSIÓN	105
8.1. <i>Layout</i>	106
8.2. <i>Diagrama de flujo</i>	107
8.3. <i>Demanda y producción</i>	108
8.4. <i>Tiempos</i>	108
8.5. <i>Costes</i>	109
8.6. <i>Conclusiones</i>	109
9. BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS.....	113
10. Anexos	114
10.1. <i>Anexos generales</i>	114
10.2. <i>Anexos referentes a la situación inicial</i>	115
10.3. <i>Anexos referentes a la situación futura (línea automatizada)</i>	143

ÍNDICE DE IMÁGENES

1. INTRODUCCIÓN

Imagen 1.1 Emplazamiento de Orkoien (imagen izquierda). Vista aérea de Faurecia (Imagen derecha) ...	5
Imagen 1.2 Plataforma MQB.....	7
Imagen 1.3. Tabla e imágenes con los diferentes modelos de marmitas de las plataformas PQ26 y MQB..	8

2. LA EMPRESA

Imagen 2.1 Logo actual de Faurecia.....	10
Imagen 2.2 Divisiones de producción del Grupo Faurecia.....	11
Imagen 2.3 Gráfico de sectores que muestra el porcentaje de ventas según la división de productos. ...	12
Imagen 2.4 Tabla con datos generales de las tres divisiones de productos del Grupo Faurecia	12
Imagen 2.5 Datos generales del grupo Faurecia recogidos en el año 2015	13
Imagen 2.6 Porcentaje de ventas del Grupo ordenado por nacionalidad y marcas de automóvil	14
Imagen 2.7 Modelos de automóvil equipados con componentes producidas por Faurecia.....	14
Imagen 2.8 Pirámide de valores del grupo Faurecia.....	15
Imagen 2.9 Sistema de escape completo	16
Imagen 2.10 Superficie de los diferentes espacios de la parcela de Faurecia Orkoien extraída de su correspondiente célula parcelaria.....	18
Imagen 2.11 Espacios en la planta de Faurecia Orkoien.....	18

3. EL PRODUCTO

Imagen 3.1 Sistema completo de escape	20
Imagen 3.2 "Hot End" para motores diésel	21
Imagen 3.3 Colector	22
Imagen 3.4 Ladrillo (Derecha). Catalizador fabricado en Faurecia Orkoien (Izquierda).....	22
Imagen 3.5 "Hot End" para motores gasolina.....	23
Imagen 3.6 "Cold End"	25
Imagen 3.7 Silentblock.....	26
Imagen 3.8 Función de las marmitas delanteras	27

4. SITUACIÓN INICIAL

Imagen 4.1 Layout general de la planta. Línea 270 señalada	30
Imagen 4.2 Layout inicial de la línea	31
Imagen 4.3 Línea en la situación inicial con posibles vías de evacuación señaladas.....	32
Imagen 4.4 Línea en situación inicial con maquinaria y otros elementos señalados	33
Imagen 4.5 Reglas a seguir en el diseño de la distribución inicial de la línea.....	34
Imagen 4.6 Vista diagonal y frontal de una cédula de la V-Cell.....	35
Imagen 4.7 Soldadura tubo interior-tapa interior	35
Imagen 4.8 Conjunto final obtenido en la V-Cell	35

Imagen 4.10.a Imagen de la agrafadora y pestañadora	36
Imagen 4.10.b Introdutora	36
Imagen 4.11 Ejemplo de agrafado	37
Imagen 4.12 Pestañado.....	37
Imagen 4.13 Conjunto final obtenido en la agrafadora, pestañadora e introdutora	37
Imagen 4.14 Inyectora de E-Glass.....	38
Imagen 4.15 Calibradora vertical.....	39
Imagen 4.16 Tubo tras calibrado (izquierda). Tubo interior y tapa exterior (derecha).....	39
Imagen 4.17 Cerradaora	40
Imagen 4.18 Conjunto extraído de cerradora.....	40
Imagen 4.19 Fugómetro.....	41
Imagen 4.20 Diagrama de flujo general para los modelos MQB de la línea 270.....	43
Imagen 4.21 Gráfica de la demanda de marmitas PQ26	45
Imagen 4.22 Evolución de la producción de los diferentes modelos entre los años 2014 y 2016	48
Imagen 4.23 Comparación entre los volúmenes de demanda estimados y la producción real.....	49
Imagen 4.24 Ejemplo de Hoja de Medida de Tiempo Ciclo. (Los apuntes no corresponden con tareas de la línea 270).....	52
Imagen 4.25 Ejemplo de Tabla de Combinación de Tareas. (Los apuntes no corresponden con tareas de la línea 270).....	53
Imagen 4.26 Ejemplo de Esquema de Tareas Estándar. (Los apuntes no corresponden con tareas de la línea 270).....	55
Imagen 4.27 Ejemplo de Diagrama Yamazumi	57
Imagen 4.28 Flujo de trabajo del Operario 1 en fase 1.....	61
Imagen 4.29 Flujo de trabajo del Operario 2 en fase 2.....	62
Imagen 4.30 Flujo de trabajo del Operario 1 en fase 2.....	62
Imagen 4.31 Flujo de trabajo del operario 2 en fase 2	63
Imagen 4.32 Flujo de trabajo de operario 3 fase 2	63
Imagen 4.33 Diagrama Tiempo ciclo de fase 1 en situación inicial.....	67
Imagen 4.34 Diagrama Tiempo ciclo de la fase 2 en situación inicial.....	68
Imagen 4.35 Evolución del NO TRS de la línea a lo largo del mes de mayo de 2017	69
Imagen 4.36 Evolución del TRS de la línea a lo largo del mes de mayo de 2017.....	70

6. SITUACIÓN FUTURA

Imagen 6.1 Situación de la línea tras la automatización.....	78
Imagen 6.2 Layout de la línea tras la industrialización	79
Imagen 6.3 Imagen ampliada de la línea con los robots.....	80
Imagen 6.4 Posición de las columnas de la estructura en la línea.....	81
Imagen 6.5 Zonas de carga y descarga de V-Cell	Error! Bookmark not defined.
Imagen 6.6 Zonas de descarga en el fugómetro	Error! Bookmark not defined.
Imagen 6.7 Modelo FANUC M-710ic/45M.....	Error! Bookmark not defined.
Imagen 6.8 Línea en situación inicial con maquinaria y otros elementos señalados	86
Imagen 6.9 Secuencia de operaciones sobre la distribución en planta.....	Error! Bookmark not defined.
Imagen 6.10 Proceso productivo tras la industrialización	Error! Bookmark not defined.
Imagen 6.11 Evolución de la demanda de producto entre los años 2017 y 2022	89
Imagen 6.12 Evolución de la producción en el primer semestre de 2017.....	93
Imagen 6.13 Secuencia de tareas realizadas por el operario tras industrializar la línea.....	96

Imagen 6.14 Secuencia de tareas realizadas por el operario tras industrializar la línea.....	97
Imagen 6.15 Secuencia de tareas realizadas por el robot 2 tras industrializar la línea.....	97
Imagen 6.16 Diagrama Tiempo Ciclo de la línea 270 tras la industrialización.....	99

8. COMPARATIVA SITUACIÓN INICIAL Y FUTURA. CONCLUSIÓN

Imagen 8.1 Layout inicial y futura.....	106
------------------------------------------------	-----

MEMORIA

Estudio de una posible automatización de una línea del sector automovilístico

Autor: Ariane Andueza Pacheco

Emplazamiento: Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L, (Orkoien)

Emplazamiento: Carretera de Echauri, 13, Orkoien (Navarra)

Proyecto: Trabajo de Fin de Grado de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Fecha: año 2017

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

Mediante el presente proyecto se pretende estudiar la viabilidad de la industrialización de una línea de montaje del sector del automóvil. Esta línea se encuentra situada en la planta Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L. en Orkoien, se concretamente la línea 270 de la planta. En dicha línea se produce uno de los componentes del sistema de escape, las marmitas delanteras, se ofrece una descripción más detallada en apartados sucesivos.

Los motivos por los cuales se decide industrializar se encuentran en apartados posteriores (“1.5. Descripción y justificación del proyecto”).

1.2. Alcance

El proyecto parte de una serie de necesidades que se pretenden alcanzar mediante la automatización de la línea. Y, mediante la documentación aquí presentada, se espera justificar la necesidad dicha industrialización.

Para ello, será necesario realizar un estudio de la situación de la línea evaluando todos los aspectos que resultan interesantes, es decir, se evaluarán tiempos, demandas, producción, distribución de la línea, flujos de trabajo...entre otros. Con estos datos actuales, se tendrá un estudio de la línea en la situación previa a la posible industrialización.

Planteadas la industrialización, deberán estudiarse las mejoras y/o cambios necesarios en la línea para el proyecto. Así como estimar todos aquellos aspectos estudiados en la situación inicial (tiempo, demandas, producción estimadas) para así poder aceptar o rechazar la viabilidad del proyecto.

Se plantearán los elementos que serían necesarios en la industrialización. Sin embargo, la propia automatización (programación del robot, comunicación entre ellos, entre máquinas y robot...) es externalizada. Al igual que su montaje y ajuste. Por tanto, Faurecia Orkoien se encarga de plantear la viabilidad del presente proyecto y los requisitos necesarios.

1.3. Autor

Como autor/a del presente proyecto figura Ariane Andueza Pacheco, con DNI 73135546P, estudiante de Ingeniería en Tecnologías Industriales en la Universidad Pública de Navarra. El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) es realizado en la empresa Faurecia Orkoien, como ingeniera no titulada.

Como tutor del TFG pueden encontrarse a dos figuras. Por un lado, como tutor de la UPNA, Fernando Hernández, profesor asociado del departamento de Gestión de Empresas. Por otro, como tutor en la empresa Francisco Javier Castilla, ingeniero perteneciente al Departamento de Ingeniería de Manufactura de Faurecia.

1.4. Emplazamiento

El proyecto es desarrollado como parte de las prácticas curriculares del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales en la fábrica Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L. Se encuentra emplazada en el municipio de Orkoien (Navarra), concretamente al este del mismo. Municipio, que pertenece a la Mancomunidad de Pamplona.

La dirección exacta de la planta es Carretera de Echauri, nº 13, Orkoien (Navarra), CP 31160.

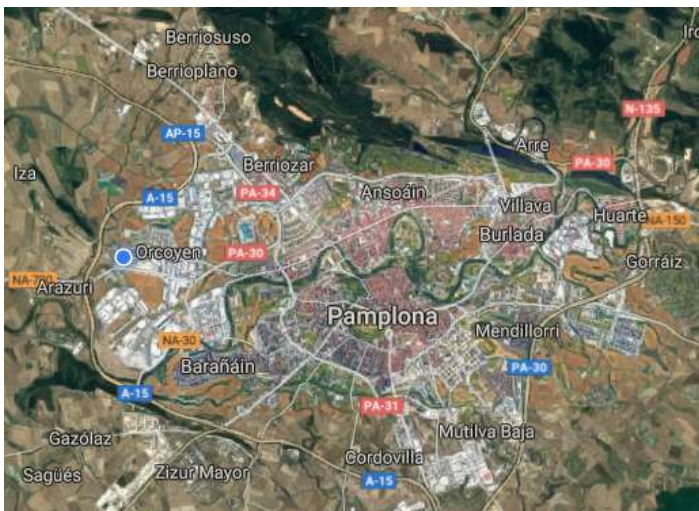


Imagen 1.1 Emplazamiento de Orkoien (imagen izquierda). Vista aérea de Faurecia (Imagen derecha)

1.5. Descripción y justificación del proyecto

Actualmente, en la línea 270 (línea que se pretende automatizar), se fabrican marmitas delanteras, que son uno de los componentes del tubo de escape. Como es lógico suponer, el diseño de la marmita no es único, sino que existen distintas variantes (en función de su geometría, dimensiones, parámetros de funcionamiento o de fabricación...).

Cada modelo de automóvil puede tener una marmita diferente. Estas variaciones dependerán del modelo de coche en donde se va a implantar y la casa comercial a la que pertenece el modelo. Incluso pueden existir diferencias en el mismo modelo de automóvil, dependiendo, por ejemplo, de si su motor es diésel o gasolina o de su cilindrada. En la actualidad se producen seis referencias distintas de marmitas, y, de manera ocasional (como piezas para repuestos), otras 4 referencias más.

El planteamiento de una posible automatización de la línea surge con la creación de la plataforma conocida como MQB (del alemán Modularer Querbaukasten, que viene a significar "bloque de construcción transversal modular") por parte del grupo Volkswagen. Esta plataforma agrupa a los

vehículos del segmento B, C y D con tracción integral o delantera y motor delantero transversal. El objetivo de la misma es asegurar la reusabilidad de los diferentes componentes del grupo independientemente de marca o segmento del modelo al que están destinados. De esta manera se simplifica el proceso productivo al eliminar (o al menos, reducir) las variaciones entre componentes, lo que permite aprovechar la misma maquinaria en la producción de piezas para diferentes modelos.

Al comenzar a fabricar este año en la línea las marmitas pertenecientes a la plataforma MQB hace que se simplifique el proceso productivo. Actualmente se fabrican tres modelos de la plataforma PQ26 y, con la automatización se producirían otras tres referencias (MQB). Los modelos pertenecientes a soportes previos (PQ 26), de llevar a cabo la industrialización se seguirán fabricando en manual, puesto que su vida de producción termina en junio de este año y su producción pasará a ser ocasional como componentes de repuestos.

Al ser una de las bases del proyecto MQB la reusabilidad de sus componentes, las marmitas esta plataforma poseerán diferencias mínimas, o que facilita su automatización.

El objetivo final de este proyecto es obtener una reducción de costos y un aumento de la productividad respecto a la situación inicial. El aumento de la productividad no será debido a una disminución del tiempo ciclo si no que será deberá a un menor número de errores debidos a calidad (piezas defectuosas o paros por averías). Además, en la actualidad, de manera manual, en la línea se trabaja con tres trabajadores por turno, lo que suponen nueve trabajadores (ya que la línea trabaja de manera continua todo el día, dividiendo el tiempo en tres turnos). Tras la industrialización se pretende que la línea funcione con un solo operario, por lo que en total solo serían necesarios tres operarios. Supone la reducción de seis operarios en la línea por día.

Por tanto, el punto de partida del proyecto es el planteamiento de una posible industrialización de la línea 270. Para aprobarla o rechazarla, se realizará análisis de la situación actual y la estimada en un futuro. Con los datos en ambas situaciones poder realizar una comparación y así observar las variaciones en los resultados. Además, la línea, para adaptarse a la automatización de la misma sufrirá cambios.

1.6. Vocabulario o términos utilizados

1.6.1. Plataformas automovilísticas

Previo al desarrollar el proyecto, se procede a realizar una breve definición acerca del término "plataforma" de un automóvil, puesto que es un vocablo utilizado con frecuencia en el presente proyecto.

Se denomina plataforma a la base de la carrocería del automóvil que incluye los puntos de fijación de la suspensión, de la caja de dirección y de los soportes del motor. Puesto que se trata del componente más caro de un automóvil (o de los más caros), su desarrollo está dirigido a alcanzar una cierta homogenización del conjunto, de manera que sea posible usar esta componente para varios modelos de automóvil.



Imagen 1.2 Plataforma MQB

Los modelos de marmitas que se han fabricado en la línea 270, han formado parte de varias plataformas del grupo Volkswagen: en primer lugar, a la PQ24, más tarde a la PQ26 y finalmente, la MQB (con la que se plantea la automatizar la línea).

La característica principal de la plataforma MQB es que pretende garantizar la reusabilidad de los componentes (independientemente del modelo y segmento del automóvil) dentro del grupo Volkswagen, lo que permite simplificar el proceso productivo.

El nombre de la plataforma proviene del alemán "Modularer Querbaukasten", que en español significa "bloque de construcción transversal modular". Este soporte se emplea en modelos de vehículos pertenecientes a los modelos B, C y D con motor delantero transversal y tracción delantera o integral.

Se espera que con el paso del tiempo esta plataforma sustituya a las anteriores. Basándose la producción de la línea en las componentes de la plataforma MQB y, de manera esporádica se fabricasen componentes pertenecientes a las plataformas anteriores (PQ26 y PQ24), para recambios.

1.6.2. Nomenclatura

El producto fabricado en la línea 270 son marmitas delanteras. Que, como ya se ha dicho es una de las componentes del tubo de escape (concretamente de la parte fría), encargada de reducir el nivel sonoro generado por la expulsión de los gases de combustión.

La fabricación de esta componente no es única, sino que existen diferentes modelos (con referencias distintas en cada caso). Puesto que la automatización de la línea es debido a la introducción de nuevas referencias pertenecientes a la plataforma MQB (tres nuevas referencias), la recopilación de datos en la situación presente y futura, así como su posterior comparación serán respecto a alguna de estas referencias (modelos del MQB). No obstante, en caso de no disponer de algún dato necesario en la referencia MQB (o que los mismos no fuesen fiables), se tomará la información disponible de otras

referencias, concretamente de la plataforma PQ26 (plataforma automovilística anterior a la MQB implantada en la línea).

A continuación, se ofrece una tabla con las diferentes maneras de citar la gama de marmitas delanteras fabricadas en la línea. Se ofrece el nombre que recibe interno por parte Faurecia, el del cliente y la referencia de motor:

PLATAFORMA	REFERENCIA CLIENTE (VW)	REFERENCIA FAURECIA	REFERENCIA MOTOR
MQB	2Q0 253 211J	1980574X	MQB27 CE 1.0 TSI
	2Q0 253 211L	2004888X	MQB27 CE 1.0 MPI
	2Q0 253 211Q	2110670X	MQB27 CE 1.5 TSI
PQ26	6C0 253 211 N	1765922X	PQ26 CE 1.0 MPI
	6C0 253 211	1444013X	PQ26 CE 1.2 TSI
	6C0 253 411	1537941X	PQ26 CE 1.4 TSI

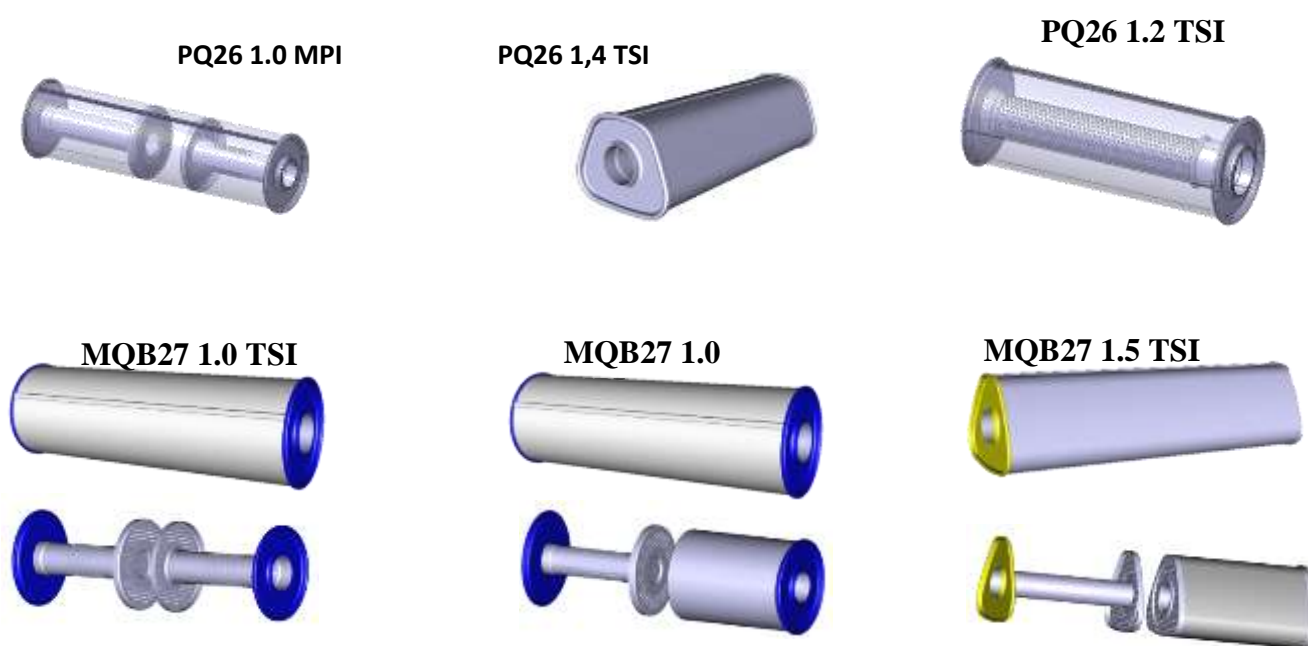


Imagen 1.3. Tabla e imágenes con los diferentes modelos de marmitas de las plataformas PQ26 y MQB

De manera que cualquiera de las tres formas anteriores de citar un modelo de marmitas delanteras sería correcto y son equivalentes entre sí (términos de una misma fila). Sin embargo, se procurará llamar al componente por la denominación del motor por una mayor simplicidad.

2.LA EMPRESA

2.1. El grupo Faurecia

2.1.1. Introducción

Faurecia es una multinacional francesa perteneciente al sector de Bienes y Consumo, más concretamente al sector del automóvil. Se dedica a la producción y distribución de partes/componentes de automóvil.



Imagen 2.1 Logo actual de Faurecia

Su sede se encuentra en Nanterre (Francia) y su accionista mayoritario es el grupo PSA Peugeot-Citroën (empresa francesa y perteneciente al sector automovilístico también). Como Presidente Ejecutivo del Grupo (Chief Executive Officer, CEO) se encuentra Yann Delabrière.

Faurecia posee tres líneas de producción: 'Faurecia Asientos de Automóvil', 'Faurecia Sistemas Interior' y por último 'Faurecia Tecnologías de Control de Emisiones'. Hasta hace unos años tenía una cuarta división dedicada al diseño y fabricación de exteriores, pero fue vendida.

2.1.2. Breve historia

El grupo Faurecia nace en 1.997 tras la adquisición de la compañía Bertand Faure por parte de Ecia (ambas empresas dedicadas al sector automovilístico).

Tres años más tarde, en 2.000, el grupo Faurecia incorpora la compañía Sommer Allibert (originada tras la fusión en los años 70 de dos empresas del sector textil y del plástico). Sommer Allibert poseía las plantas de Lignotock, cuyos principales clientes eran Ford y Volkswagen. Por tanto, tras la adquisición de Sommer Allibert por parte de Faurecia, estas marcas automovilísticas pasaron a ser clientes de Faurecia. Además, las 10 plantas de Sommer Allibert en España, pasaron a formar parte de las plantas del grupo.

En el año 2010, Faurecia adquiere las empresas Emcom (dedicada a los sistemas de escape) y Plastal (especialista en exteriores), pasando así sus centros a formar parte de los del grupo. Esta adquisición resulta importante para las instalaciones de Orkoien, puesto que en aquel momento la planta de Orkoien pertenecía a la compañía Emcom. Es entonces cuando pasa a llamarse Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L. (nombre actual de la fábrica). En el momento de adquirir Emcom por el grupo Faurecia, en Orkoien ya se fabricaban entonces sistemas de escape.

El grupo, de manera simultánea a la adquisición de diferentes compañías ha ido evolucionando y creciendo desde sus inicios hasta la actualidad. En el presente posee 330 centros repartidos a lo largo de 34 países diferentes y cuenta con una plantilla de 103.000 empleados. Además, dispone de 30 centros de investigación y desarrollo (I+D)

Sólo en España la plantilla de trabajadores es de 5.000 personas distribuidas en 17 centros de producción y 3 centros de investigación I+D (uno de los cuales está situado en las instalaciones de Orkoien).

2.1.3. Líneas de producción

El grupo Faurecia cuenta con tres líneas de producción. A continuación, se expone brevemente a qué se dedica cada una de ellas:

- ❖ **Asientos de automóvil ("Automotive Seating")**: producción de diversas componentes como cubiertas, espumas, estructuras y mecanismos de ajuste manual o eléctrico. Ofrece tanto subconjuntos aislados como asientos completos
- ❖ **Sistemas de interior ("Interior System")**: módulos y paneles de puertas, módulos acústicos, salpicaderos, consolas centrales y diversas soluciones decorativas.
- ❖ **Tecnologías de control de las Emisiones ("Emissions Control System")**: sistemas de escape completos, componentes de control de la contaminación (catalizadores, filtros de partículas...), así como control del ruido (silenciadores). Las instalaciones de Orkoien están dedicadas a esta división de productos.



Interior Systems



Automotive Seating



Emissions Control Technologies

Imagen 2.2 Divisiones de producción del Grupo Faurecia

Las tres divisiones cuentan con centros de investigación y desarrollo (comúnmente conocidos como centros de I+D) donde se procura desarrollar nuevos productos o mejorar los ya existentes.

En la siguiente gráfica se observa el porcentaje que supone la venta de producto en cada una de las tres subdivisiones a la compañía:

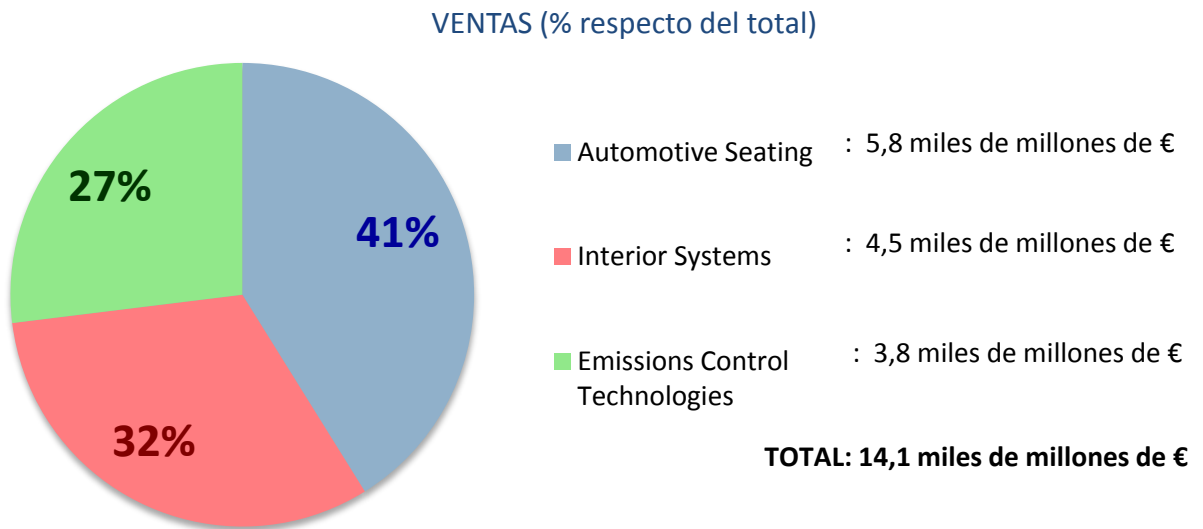


Imagen 2.3 Gráfico de sectores que muestra el porcentaje de ventas según la división de productos.

Puede observarse que la subdivisión que más ventas reporta al grupo es la de Asientos, siendo esta la sección con más empleados trabajando en ella. La cifra asciende a 37.400 empleados frente a 33.600 en Interiores y 21.000 en Sistemas de Control de las Emisiones. Sin embargo, se trata de la división con menos plantas de producción; concretamente 74 centros, frente a 78 para Sistemas de Interior y 77 para Control de las Emisiones.

En la siguiente tabla se recogen los datos que se acaban de comentar:

	Interior System	Automotive Seating	Emissions Control Technologies
Ventas (miles de millones de €)	4,5	5,8	3,8
Empleados	33.600	37.400	21.200
Centros de producción	78	74	77

Imagen 2.4 Tabla con datos generales de las tres divisiones de productos del Grupo Faurecia

2.1.4. Cifras y estadísticas

El grupo cuenta con 330 plantas y 30 centros de investigación I+D repartidos a lo largo de 34 países. Su plantilla de trabajadores es de 103.000, de los cuales unos 6.000 son ingenieros. Con estos recursos en 2015 alcanzaron 20,7 millones de euros en ventas.



Imagen 2.5 Datos generales del grupo Faurecia recogidos en el año 2015

Respecto del volumen total de producción, la mitad de ella ha sido producida en Europa (54%). En este continente se encuentra más de la mitad del número total de plantas de producción (143 de las 330) y en ellas trabajan un total de 57.900 empleados.

Otras cifras conocidas son las presentadas a continuación:

- ❖ Líder mundial en venta de mecanismos y estructuras de asientos. Así como en las otras dos divisiones (Sistemas Interiores y Tecnologías de Control de Emisiones).
- ❖ Terceros en la venta de asientos completos
- ❖ Séptimo proveedor mundial de partes de automóvil.
- ❖ Uno de cada tres coches ha sido equipado por el grupo Faurecia

2.1.5. Clientes

La compañía cuenta con una amplia cartera de clientes. Sus clientes principales son el Grupo Volkswagen (que engloba marcas como: Volkswagen, SEAT, Audi o Škoda, entre otros), Ford, Renault-Nissan y el grupo PSA Peugeot-Citroën. Estas cuatro compañías constituyen el 65% de las ventas.

Otros clientes son BMW, Renault-Nissan, Fiat-Chrysler, Hyundai o FIAT.

De todos ellos, el cliente que más beneficios supone para Faurecia es el grupo Volkswagen con algo más de un 20% respecto del total.

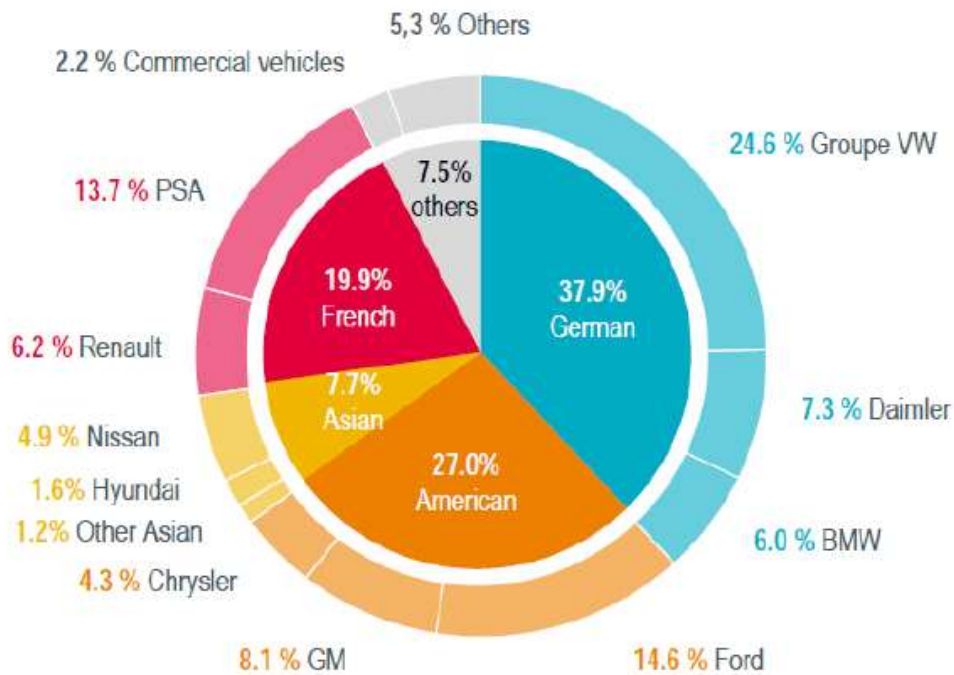


Imagen 2.6 Porcentaje de ventas del Grupo ordenado por nacionalidad y marcas de automóvil

Algunos modelos de automóvil equipados con componentes producidos en Faurecia son Renault Mégane, Alfa Romeo Giulia, Audi A4, Ford Galaxy, Hyundai Ioniq, Jeep Renegade Mini o Volkswagen Polo.



Imagen 2.7 Modelos de automóvil equipados con componentes producidas por Faurecia

2.1.6. Misión del grupo Faurecia

El cometido de Faurecia es la de desarrollar soluciones innovadoras tanto en sus procesos de producción como en los productos obtenidos. Se busca que la producción de componentes de automóvil sea la combinación de diferentes factores como: seguridad, fiabilidad, estilo, comodidad, eficiencia y respeto al medio ambiente. Los valores del grupo Faurecia vienen definidos en la siguiente pirámide:



Imagen 2.8 Pirámide de valores del grupo Faurecia

Las instalaciones situadas en Orkoien pertenecen a la tercera división del grupo (Tecnologías de Control de las Emisiones). Además, cuenta con uno de los tres centros de investigación I+D emplazados en el país (dedicado a la misma división de productos a la que dedica la planta su producción).

De esta imagen puede extraerse la siguiente conclusión: a partir de la base de es una cultura compartida por todos los integrantes del grupo Faurecia (nivel 1), con el soporte de unos principios organizacionales descentralizados junto con sistemas operativos pragmáticos y el desarrollo eficaz de las personas (nivel 2), se obtiene el objetivo buscado que es la creación de valor (cúspide o nivel 3).

2.2. El grupo Faurecia en Orkoien

2.2.1. Contexto: Faurecia en España

En la actualidad, la plantilla de empleados en el país es de 4.000 trabajadores repartidos entre las diferentes plantas. Cabe destacar la existencia de una fuerte presencia masculina puesto que el 81% de estos trabajadores son hombres frente a un 19% de mujeres.

Estos empleados operan en alguna de las 17 plantas de producción y 3 centros de I+D repartidos a lo largo de España. De estas 17 plantas, 7 están dedicadas a Sistemas Interiores, 4 de Asientos y 6 a Tecnologías de Control de las Emisiones (dos de las cuales son pequeñas fábricas JIT).

En el año 2015 se alcanzaron unos ingresos de explotación de 1.608 millones de euros en España. Alguno de los clientes de Faurecia Automotive España (con sede en Rivas, Comunidad Autónoma de Madrid) son Ford, Volkswagen, SEAT, Peugeot, Citroën, Mercedes-Benz o Nissan.

Las instalaciones situadas en Orkoien pertenecen a la tercera división del grupo (Tecnologías de Control de las Emisiones). Además, cuenta con uno de los tres centros de investigación I+D emplazados en el país (dedicado a la misma división de productos a la que dedica la planta su producción).

2.2.2. Producción y clientes

Como ya se ha dicho, la planta de Faurecia en Orkoien pertenece a la división de Tecnologías de Control de las Emisiones (Emissions Control Technologies). De ahí nombre de la fábrica: 'Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L. (Orkoien)'.
La planta se dedica a la producción de los diferentes componentes de un tubo de escape, así como de su ensamblaje para acabar obteniendo los subconjuntos finales.

Concretamente los productos fabricados en la planta son:

- ❖ Subconjuntos: caliente (Hot End) y frío (Cold End)
- ❖ Catalizadores
- ❖ DPF (filtro de partículas para motores diésel)
- ❖ Sistema completo de escape.

Como aclaración, decir que estas componentes se describen en mayor profundidad en el apartado denominado "3. El producto".



Imagen 2.9 Sistema de escape completo

Alguno de los clientes de Faurecia Orkoien, en particular, son: Volkswagen, Seat, Audi, Nissan, Ford, Skoda, Toyota o Tenneco Automotive.

2.2.3. La planta y sus instalaciones

Las instalaciones de Faurecia en Orkoien, se encuentran en la carretera de Echauri, nº 13, en el municipio de Orkoien (Navarra) con CP 31160.

Se trata de una parcela de 27.086,21m² (según su cédula parcelaria). Esta parcela se organiza en espacios dedicados a diferentes actividades, como son: la planta de producción, las oficinas, los almacenes, el centro técnico, entre otras, junto con la superficie exterior de la parcela.

Ya se ha comentado anteriormente, que en Orkoien se encuentra uno de los tres **centros de investigación I+D** instalados en España, siendo este además el único del país dedicado a la división de Control de las Emisiones. Se trata de un edificio emplazado dentro de la parcela de las instalaciones, pero independiente del resto. Se encuentra en la parte trasera, tras la zona de aparcamiento. Se trata de un espacio de 1.001,70m², dedicado a la investigación y desarrollo de nuevos productos de la división de Tecnologías de Control de las Emisiones. Dispone, además de todos los equipos necesarios para llevar a cabo pruebas de calidad e ingeniería.

Por otro lado, se encuentra la **nave de producción**, se trata de una estructura metálica de chapa que ocupa un espacio de suelo de 7.004,00m² y una altura de 7m. En ella es donde se desarrollan las diferentes actividades relacionadas directamente con la producción de los conjuntos y diferentes componentes de los sistemas de escape. La planta se encuentra organizada en diferentes líneas, en cada una de las cuales se desarrolla una actividad obteniendo así un producto final (acabado o no). Estas líneas se encuentran separadas por pasillos que permitan el paso de carretillas, trenes u operarios de a pie. Además de la zona de producción, la nave dispone de un área de Mantenimiento y de reparación de componentes defectuosas.

Las diferentes líneas de trabajo de la nave de producción se organizan en torno a UAP (Unidades Autónomas de Producción), y, a su vez estas se subdividen en GAP's (Grupos Autónomos de Producción), de acuerdo con el tipo de actividades que se llevan a cabo o del producto que se obtiene en ellas.

En los alrededores de la planta de producción (anexo a ella) se encuentran otras áreas de trabajo como son las oficinas, la zona de mantenimiento, los almacenes y otros espacios (vestuarios, servicio médico, comedor, áreas para fumadores...)

Las **oficinas** se organizan en dos espacios. Por un lado, las oficinas de los Departamentos de UAP, Logística e Ingeniería de Manufactura se encuentran al mismo nivel que la nave de producción y con acceso directo a ella. Las oficinas del resto de departamentos se sitúan en la fachada del edificio.

Por otro lado, la zona de **mantenimiento** se encuentra junto a las Oficinas de Ingeniería.

Faurecia cuenta con varios **almacenes** separados unos de otros, el de materias primas, donde se reciben materiales y otros componentes necesarios para la producción. Y, por otro lado, el de expediciones donde se almacenan productos terminados listos para ser entregados al cliente. Faurecia también cuenta con un almacén de residuos y productos químicos, así como un almacén de recambios.

Otros espacios, la planta dispone de un servicio de médico y enfermería para todos sus trabajadores. Así como áreas de descanso (comedor y zonas habilitadas para fumadores), vestuarios...

La superficie disponible para cada área según la correspondiente cédula parcelaria de la nave son los presentados a continuación:

SUPERFICIES (m ²)		USO, DESTINO O CULTIVO
Principal	Común	
7.004,00		NAVE INDUSTRIAL
4.195,20		ALMACEN INDUSTRIA
682,30		OFICINAS
210,50		PORCHE
7.198,60		PAVIMENTO
1.001,70		LABORATORIO
277,40		OFICINAS
2.500,90		PAVIMENTO
2.107,80		JARDINERIA

Imagen 2.10 Superficie de los diferentes espacios de la parcela de Faurecia Orkoien extraída de su correspondiente célula parcelaria

En la siguiente imagen se muestran las diferentes áreas de Faurecia Orkoien:

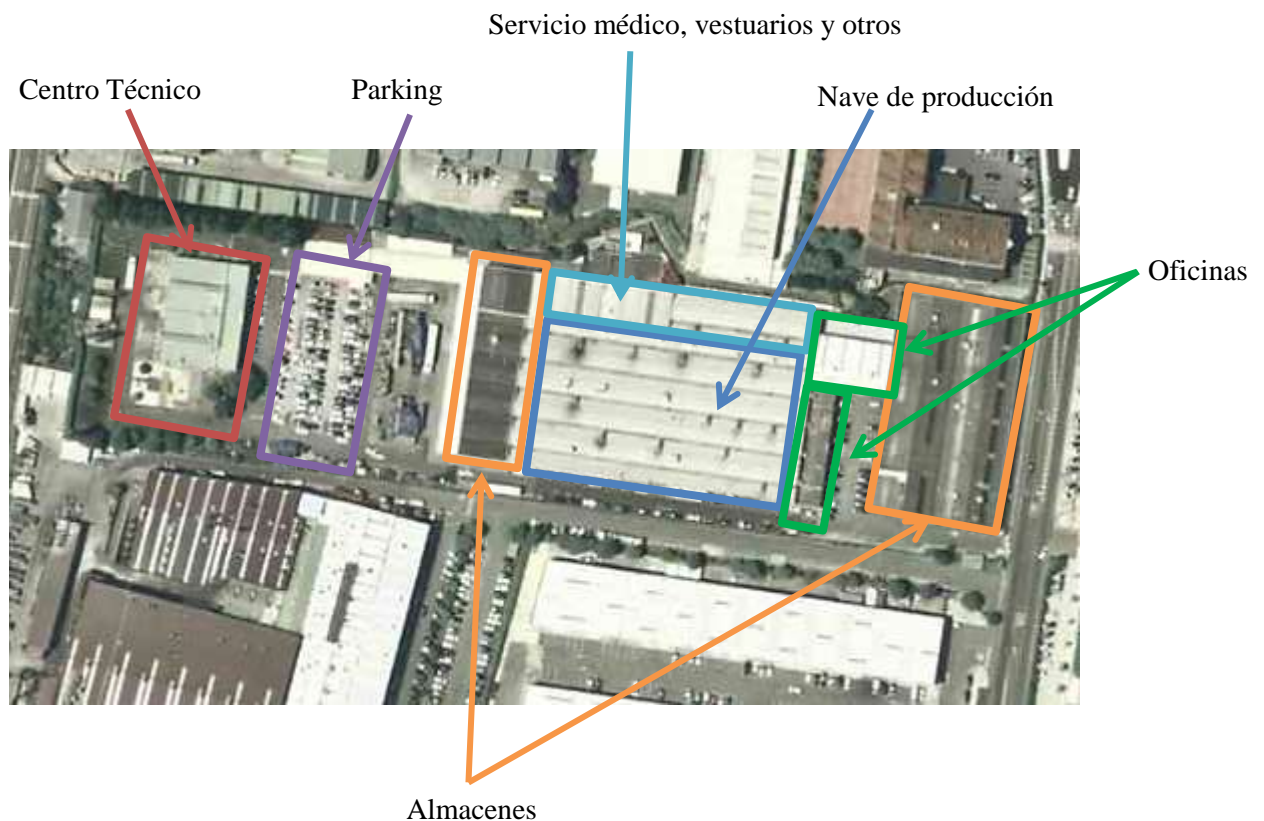


Imagen 2.11 Espacios en la planta de Faurecia Orkoien

3.EL PRODUCTO

3.1. Introducción

Como ya se ha dicho en apartados anteriores, en las instalaciones de Orkoien se desarrollan Tecnologías de Control de Emisiones (sistemas de escape). Se trata de un conjunto que se encuentra situado en la parte inferior del automóvil, siendo alguna de sus piezas visibles desde abajo del vehículo y consta de dos subconjuntos: la parte fría ("Cold End") y la caliente ("Hot End").

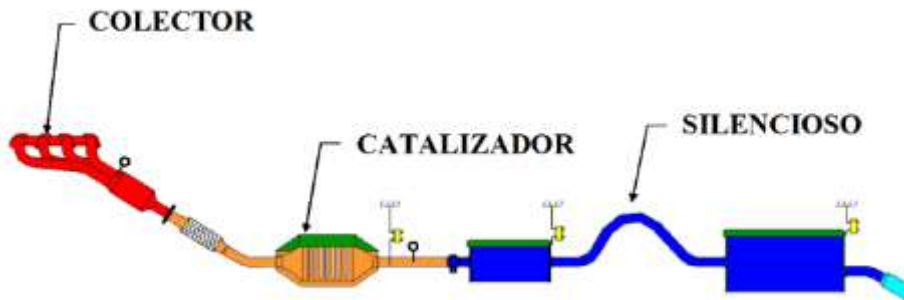


Imagen 3.1 Sistema completo de escape

A continuación, se procede a exponer tanto la función del sistema de escape completo como los subconjuntos que lo conforman. Debe tenerse en cuenta que el tubo de escape implementado en cada automóvil dependerá del motor del automóvil. Además, la geometría de este conjunto, también dependerá del espacio disponible en el bajo de cada modelo de coche.

3.2. Función

Las funciones de un sistema de escape son las siguientes:

- ❖ Evacuar los gases procedentes de la combustión, también conocidos como gases de escape asegurando el cumplimiento de la normativa vigente (Euro6), de acuerdo a la emisión de NO_x, HC, CO, partículas en suspensión... Esta expulsión de gases al ambiente debe realizarse de manera segura.
- ❖ Reducir los ruidos y vibraciones producidos por los gases en el motor durante el proceso de combustión. Además de reducir la velocidad, temperatura y presión de estos mismos gases
- ❖ Reducir las emisiones contaminantes, temperatura y su velocidad en el momento de ser emitidos a la atmósfera.

Los centros I+D dedicados a la división "Tecnologías de Control de las Emisiones" se ocupan de desarrollar tecnologías más limpias. Para ello, se procura controlar las emisiones más contaminantes y recuperar la energía producida por el motor.

Estos centros investigan en torno a tres áreas: en primer lugar, la reducción de peso del sistema de escape; en segundo lugar, un control de las emisiones contaminantes y límites acústicos (cumplimiento de la normativa vigente) y, en tercer lugar, recuperación de la energía (mejora del producto final ofrecido).

3.3. Parte caliente o Hot End

La parte caliente o Hot End, debe su nombre a las altas temperaturas alcanzadas en este subconjunto por los gases de combustión que salen del motor y circulan por él (unos 700°C). Este subconjunto se sitúa justo a la salida del motor.

Su función es la de controlar las emisiones que se expulsan a la atmósfera. Como se ha comentado, existen normativas que rigen los niveles admitidos de emisión de gases para automóviles. Por tanto, la función de las diferentes componentes que conforman este subconjunto estarán dirigidas al control de las emisiones realizadas. Una segunda función de la parte caliente es la de recuperar la energía.

La parte caliente (o Hot End) posee diferencias según del motor del vehículo sea diésel o gasolina. A continuación, se muestra los componentes de la parte caliente en cada uno de los casos caso (motor diésel y para gasolina).

3.3.1. Hot End (para motor diésel)

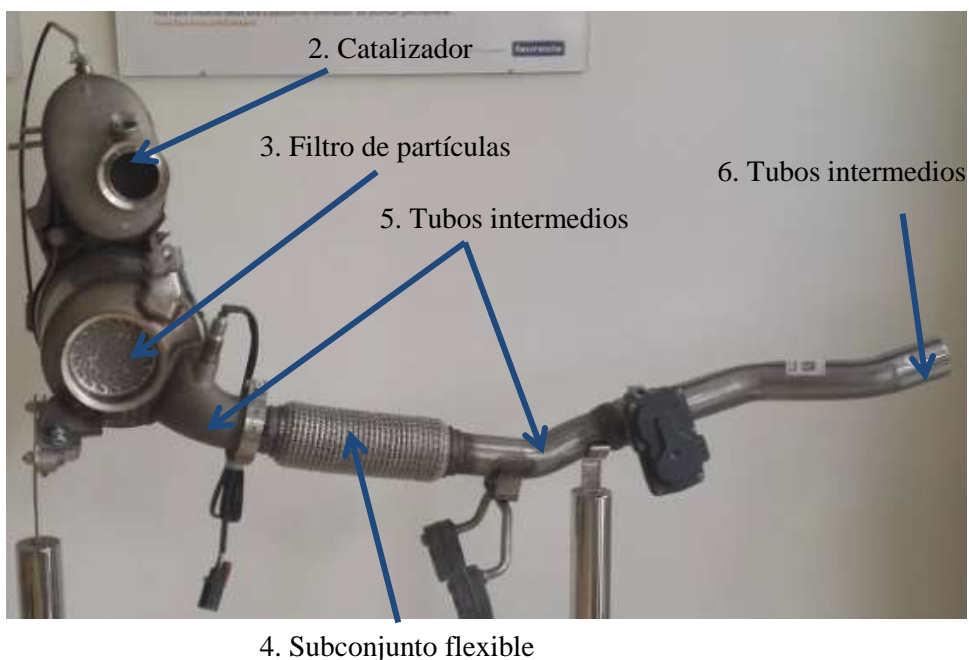


Imagen 3.2 "Hot End" para motores diésel

1. **Colector:** es el primer componente del tubo de escape. Se encarga de recoger los gases salientes de cada cilindro del motor y unirlos en un único flujo. Este componente no se fabrica en la planta de Orkoien.



Imagen 3.3 Colector

2. **Catalizador:** también conocido como PreCat. Su función es la de reducir la toxicidad y nocividad de los gases de combustión generados durante la combustión en el motor, es por ello que se trata de una pieza esencial en el proceso. Al disminuir el nivel contaminante de los gases expulsados al aire se cumple con los requisitos de la normativa vigente.

En condiciones ideales, los compuestos generados por la combustión serían vapor de agua y CO₂. Sin embargo, no se trata de una situación ideal, puesto que la combustión no se realiza con oxígeno puro, sino que se inyecta aire, donde, el componente mayoritario es nitrógeno (78%). Es por ello que se generan otros residuos como óxidos de nitrógeno, monóxidos de carbono (CO), hidrocarburos (HC) o compuestos volátiles (COV).

El catalizador lo componen tres partes: el monolito o ladrillo, la manta y la envolvente. El monolito o ladrillo se trata de la pieza más cara (ronda los 200-400 euros, dependiendo del modelo) y es debido a que en su interior posee metales preciosos como platino o rodio. Su estructura de celdillas en su interior obteniendo así una gran área de intercambio.

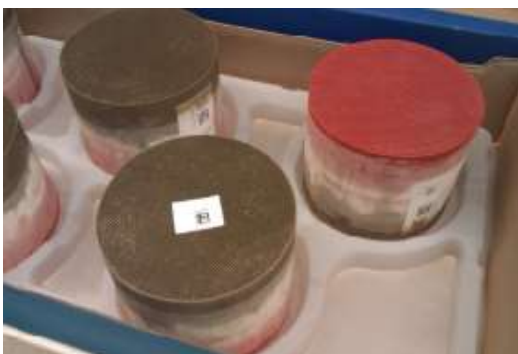


Imagen 3.4 Ladrillo (Derecha). Catalizador fabricado en Faurecia Orkoien (Izquierda)

3. **Filtro de partículas:** este componente se encuentra únicamente en el subconjunto caliente para motores diésel puesto que sus cadenas de hidrocarburos son más largas y pesadas que los de gasolina.

Las partículas emitidas son otra de las fuentes de contaminación que deben ser controladas. Este filtro únicamente retiene las partículas sólidas generadas en la combustión y evita su evacuación a la atmósfera.

4. Subconjunto flexible: pieza recubierta de una malla metálica de protección térmica. Da flexibilidad al conjunto y evita daños debidos a vibraciones u otro tipo de esfuerzos.
5. Tubos intermedios: unen el filtro de partículas con el subconjunto flexible y este último con el tubo de cola.
6. Tubos de salida: une el final de la parte caliente con el comienzo de la parte fría.

3.3.2. Hot End (para motor gasolina)

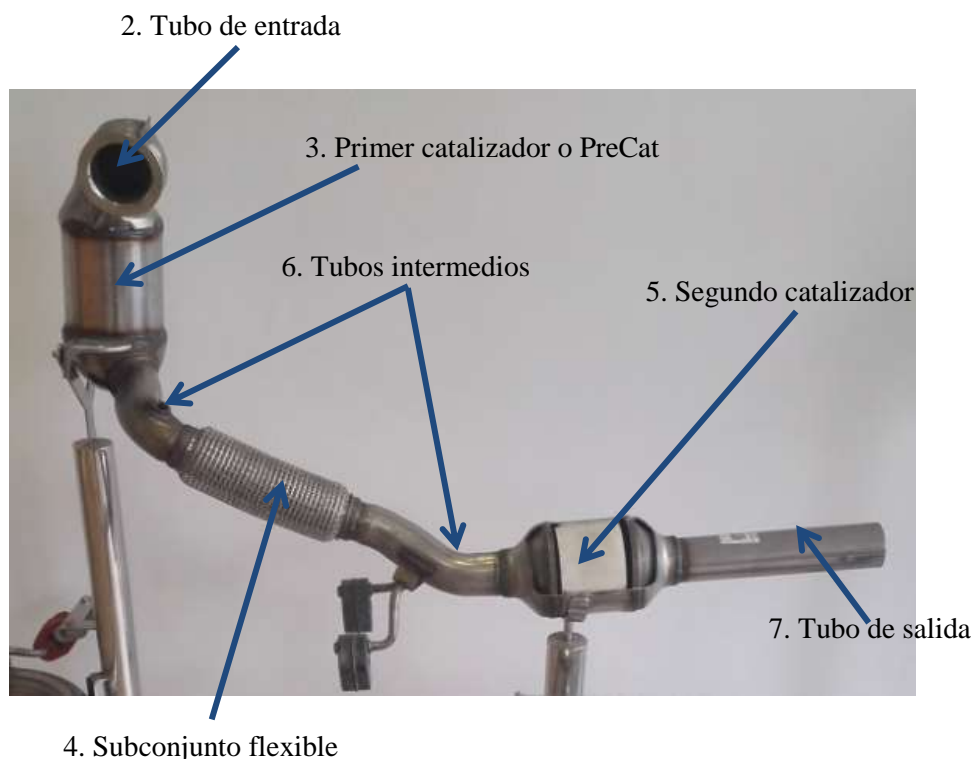


Imagen 3.5 "Hot End" para motores gasolina

1. Colector: componente que recoge los gases provenientes del motor (de cada cilindro del mismo) y los une en uno solo. Este componente no se fabrica en Orkoien.
2. Tubo de entrada: une el colector con el catalizador (el primero de los dos que hay).

3. **Catalizador:** (o PreCat) es igual al que poseían los Hot End para motores diésel. Su función es la de reducir el efecto nocivo de los gases que se van a expulsar finalmente al medio ambiente. Estos gases se han generado durante la combustión, algunos son: CO, HC, COV o NOx.

Al igual que en los motores diésel se compone de envolvente, manta y ladrillo. Este último componente, es el que disminuye el nivel de nocividad de los gases de combustión, y al poseer en su interior metales precisos, encarece el precio de este producto.

4. **Subconjunto flexible:** debido a su estructura proporciona flexibilidad al conjunto de forma que es capaz de disminuir las vibraciones que actúan sobre el Hot End. Además, está recubierto por un mallado de protección térmica.
5. **Segundo catalizador:** en los Hot End para motores de gasolina, se encuentra un segundo catalizador cuya función es exactamente la misma al primero (PreCat). Este segundo catalizador también se conoce como UFC (Underfloor Catalyst) y puede apreciarse en los bajos del vehículo. Este componente no está presente en todos los modelos (podrán tener uno o dos dependiendo de la cilindrada del motor).
6. **Tubos intermedios:** tubos que conectan los componentes que se acaban de describir. Concretamente interconectan el catalizador con el subconjunto flexible y este último con el segundo catalizador o UCF
7. **Tubo de salida:** al igual que el tubo de salida en Hot End para motores diésel, se trata del elemento que conecta el final del Hot End con el principio del Cold End.

3.4. Parte fría o Cold End

Este conjunto comprende desde la válvula de control (la cual atenúa las bajas frecuencias y optimiza la contrapresión) hasta el tubo de salida también conocido como de cola. Su nombre se debe a la reducción de la temperatura habida en los gases de combustión desde su salida del motor.

Se encuentra en el espacio disponible en los bajos del automóvil y es visible desde ahí. Para sujetarlo a la estructura del coche, se une al chasis mediante varillas y silentblocks.

Su función es la de reducir la velocidad, temperatura y presión de los gases que provienen de la parte caliente. De este modo, se consigue reducir el ruido producido por los mismos a su salida a la atmósfera, que es su función principal. Es por ello que además de parte fría o Cold End, también se lo conoce como "silencioso".

Este subconjunto es idéntico para motores diésel y gasolina, y a continuación se exponen sus diferentes componentes.

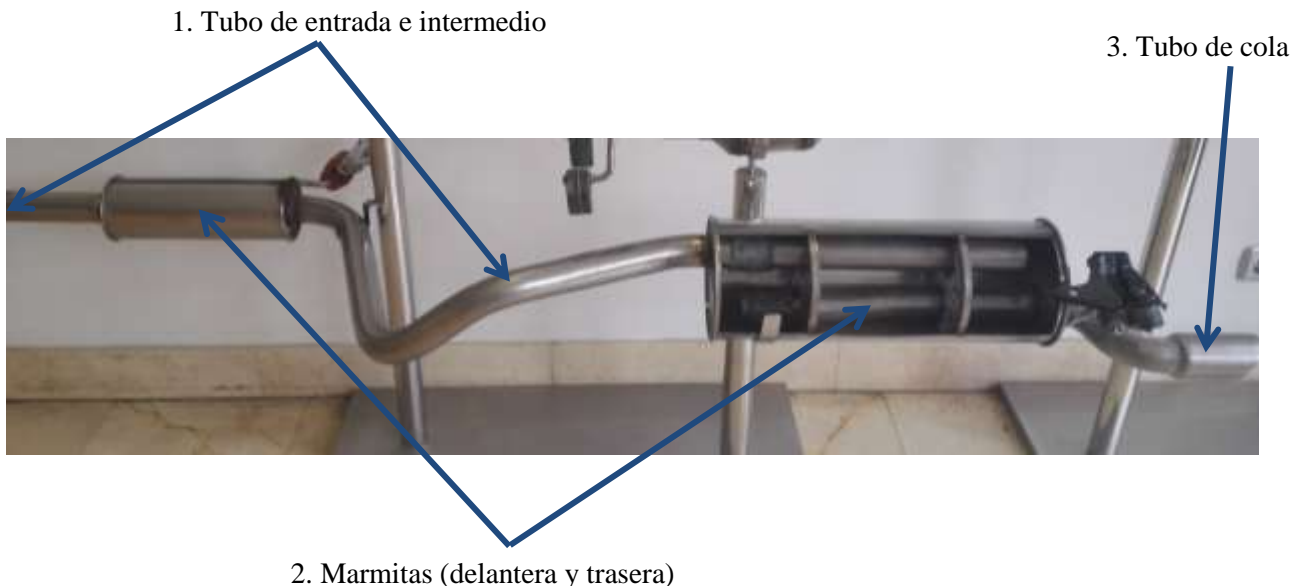


Imagen 3.6 "Cold End"

1. **Tubo de entrada e intermedio:** tubos que conecta la parte fría con la parte caliente y las dos marmitas, respectivamente. En el recorrido de estos gases a lo largo de la tubería, es cuando se produce la disminución en la velocidad y temperatura de los gases buscada.

En los tubos, debe estudiarse dos parámetros geométricos, la longitud de los mismos y su diámetro. Por un lado, el diámetro tiene un efecto directo sobre la contrapresión de los gases, así a mayor diámetro, menor presión, y, por tanto, menor resistencia a la salida de gases y potencia perdida. Sin embargo, a mayor diámetro, mayor cantidad de ruido. Por lo que debe buscarse un equilibrio.

Por otro lado, en cuanto a la longitud, lo ideal sería tener tubos de una longitud muy elevada de forma que la temperatura y velocidad de los gases se disminuya en gran medida desde la salida del motor hasta la salida a la atmósfera. Sin embargo, el espacio disponible para la instalación del tubo de escape en los bajos del coche es limitado y el recorrido de los tubos deberá amoldarse al espacio disponible (variable con cada modelo de automóvil).

2. **Marmitas:** también llamadas en inglés mufflers. Existen dos marmitas, la delantera (o anterior) y la trasera (o posterior), unidas a través de un tubo intermedio.

La función de este componente es reducir el ruido producido por los gases de combustión, es decir reducir el nivel de sonoridad hasta niveles permitidos. Para ello las marmitas atenúan una franja de frecuencias específicas.

Este es el componente fabricado en la línea de este Trabajo Fin de Grado.

3. **Tubo de salida:** también conocido como tubo de cola, es el elemento final del conjunto del tubo de escape. Encargado de expulsar al exterior los gases producidos durante la combustión, que han atravesado la parte caliente (reduciendo las emisiones nocivas) y la fría (reduciendo los

niveles de sonoridad). Este elemento sobresale por la parte inferior trasera del vehículo y es visible, es por ello que su acabado superficial es superior al resto del sistema de escape.

4. **Elementos de fijación:** consta de varillas y silentblocks. El conjunto Cold End queda sujeto al chasis del vehículo mediante varillas y silentblocks.

Estos componentes (los silentblocks) son elementos de cierta elasticidad para así transmitir los mínimos esfuerzos y/o vibraciones del chasis al sistema de escape, de modo que este último se encuentre lo más estable posible. Los silentblocks cuentan con unos agujeros, por donde se introducen las varillas, y son las varillas las que se sujetan por un lado al chasis del vehículo y por otro a su tubo de escape (concretamente a la parte fría del mismo).



Imagen 3.7 Silentblock

3.5. El proceso productivo

El proceso productivo de la planta es sencillo, cada línea se encarga de la fabricación de una de las componentes que conforman el sistema de escape, y, una vez se tienen todas las componentes, se ensamblan en un mismo conjunto mediante un proceso robotizado de soldadura.

Debe aclararse que los conjuntos fríos (Cold End) y caliente (Hot End), se entregan a cliente por separado. Además, en estos conjuntos, los tubos (tanto de entrada como salida e intermedios), así como soportes y silentblock no son fabricados en la planta si no que los proporciona un proveedor.

3.6. Las marmitas delanteras

La componente fabricada en la línea 270, que es la línea analizada en este Trabajo Fin de Grado, son marmitas delanteras (o front mufflers). Es por ello que a continuación se muestran las componentes que conforman dicha pieza para facilitar la comprensión de los sucesivos apartados al nombrar alguna de estas componentes.

En primer lugar, recordar que la función de la marmita es la de reducir el ruido producido por los gases de combustión. Debe reducir el nivel sonoro hasta límites permitidos atenuando una franja de frecuencias determinadas.

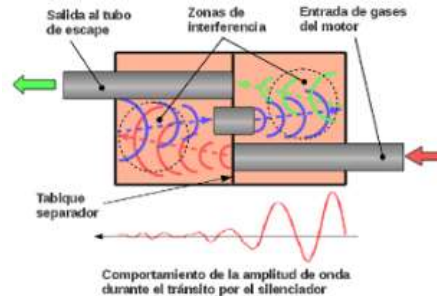
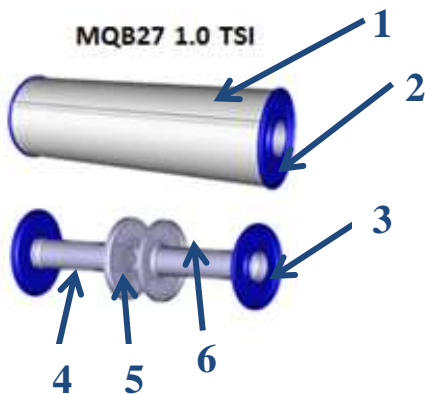


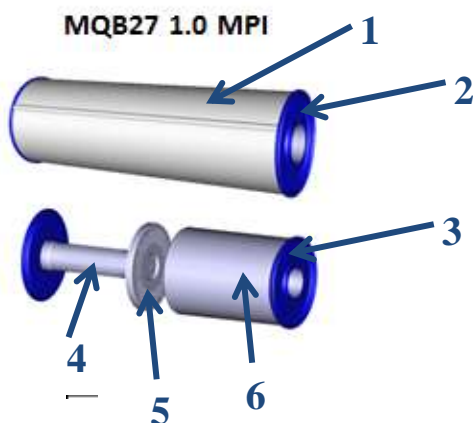
Imagen 3.8 Función de las marmitas delanteras

A continuación, se presentan los componentes que conforman los diferentes modelos de las marmitas delanteras para la plataforma MQB. En todos los modelos, a grandes rasgos, los componentes serán los mismos pudiendo variar su cantidad o su geometría.

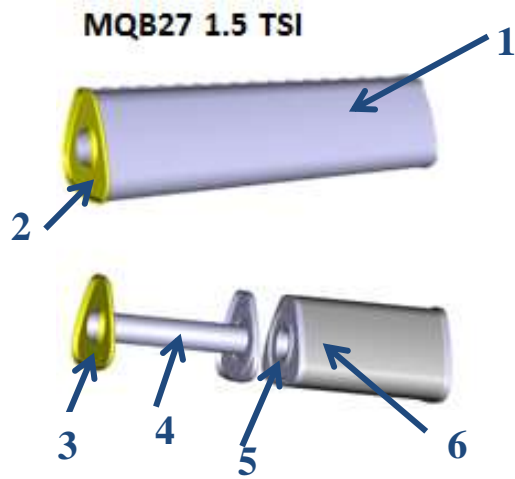
Modelos del MQB (las del PQ26 serán similares)



Número	Nombre	Cantidad
1	Envolvente	1
2	Tapa exterior	2
3	Tapa interior pasante	2
4	Tubo interior entrada	1
5	Tapa interior ciega	2
6	Tubo interior salida	1
7	Material acústico (E-Glass)	1



Número	Nombre	Cantidad
1	Envolvente exterior	1
2	Tapa exterior	2
3	Tapa interior pasante	2
4	Tubo interior entrada	1
5	Tapa interior ciega	2
6	Tubo interior salida	1
7	Material acústico (E-Glass)	1



Número	Nombre	Cantidad
1	Envoltorio exterior	1
2	Tapa exterior	2
3	Tapa interior pasante	2
4	Tubo interior entrada	1
5	Tapa interior ciega	2
6	Tubo interior salida	1
7	Material acústico (E-Glass)	1

4.SITUACIÓN INICIAL

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta un análisis de la situación actual de la línea donde el trabajo es realizado por operarios (sin automatizar). El análisis se procurará realizar respecto a la producción de modelos MQB, puesto que son los modelos cuya producción se quiere automatizar. No obstante, en caso de no poseer datos de interés con estos modelos, se hará uso de esos mismos datos, pero de modelos de la plataforma PQ26 (plataforma anterior).

4.2. Layout (distribución en planta)

4.2.1. Introducción

La distribución actual corresponde a una reorganización llevada a cabo en el año 2.014 en toda la planta. La línea que se va a analizar se encuentra en el lado este de la nave, como se aprecia en la siguiente imagen de la planta (recuadro rojo).

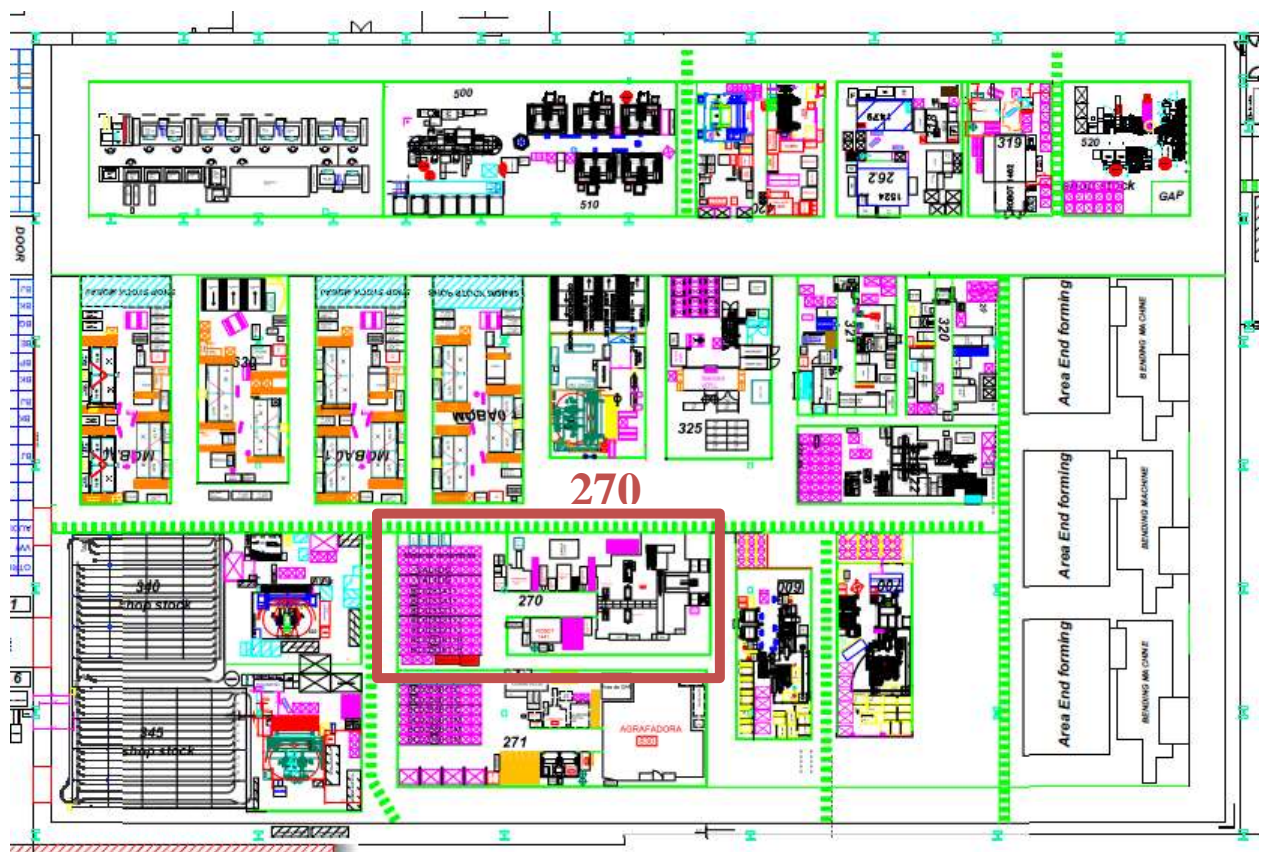


Imagen 4.1 Layout general de la planta. Línea 270 señalada

Como se observa, la línea se encuentra junto a la 271, su contigüidad es debida a la similitud tanto de los procesos productivos llevados a cabo en la línea como de los productos finales obtenidos. La diferencia reside en que mientras que en la línea 270 se producen marmitas delanteras, en la 271 se fabrican las traseras (proceso de fabricación similares en ambas líneas).

4.2.2. Descripción general

La línea ocupa un espacio de $17,5 \times 9,71 \text{ m}^2$, lo que supone una superficie total de suelo de 170 m^2 (aproximadamente), de los 7.000 m^2 de los que dispone la nave de producción.

Esta superficie de suelo ocupada engloba el espacio libre donde opera el trabajador, el espacio ocupado por la maquinaria, carros portantes de utillajes, así como contenedores y cajas de aprovisionamiento de materia prima. Debe disponerse además del espacio suficiente para realizar todas las tareas (cambios de referencia, de herramientas, tareas de limpieza, entre otras) de forma cómoda.

No incluye sin embargo el espacio ocupado por contenedores para productos terminados. Estos elementos son almacenados a la derecha de la planta (tal y como se ve en la imagen inferior).

El espacio de pasillo disponible para llevar a cabo la producción es de $7,35 \text{ m}$ de largo por $2,2 \text{ m}$ de ancho (superficie rectangular de $14,7 \text{ m}^2$).

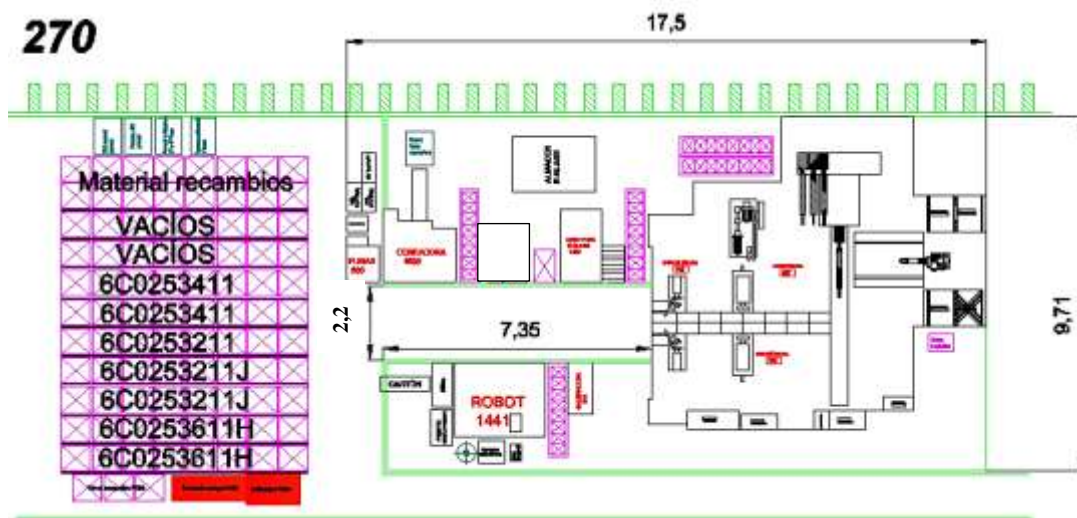


Imagen 4.2 Layout inicial de la línea

La distribución de la maquinaria es fija y los carros con componentes se colocan de forma que se adecúe al flujo de material necesario en cada caso.

Los contenedores de producto terminado se colocan entre la cerradora y fugómetro, puesto que esta máquina es la última del ciclo. Al colocar el contenedor en este lugar, el espacio de salida de la línea se reduce considerablemente. Sin embargo, sigue habiendo una salida espaciada entre la V-Cell y la agrafadora, necesaria por otra parte durante la jornada para actividades de aprovisionamiento o

simplemente necesidades del operario. En la imagen inferior se aprecian estas vías de evacuación señaladas con flechas.

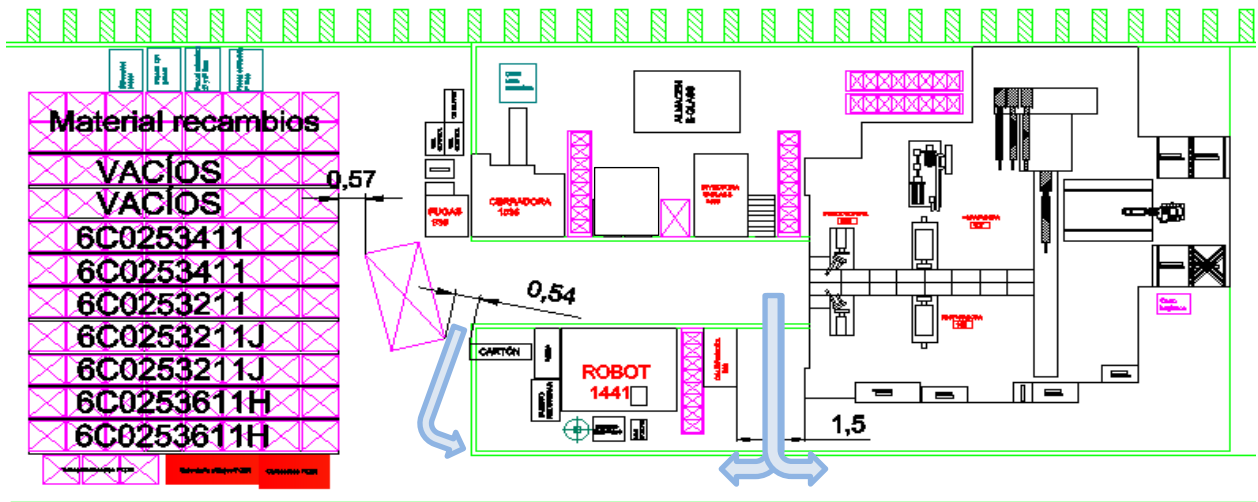


Imagen 4.3 Línea en la situación inicial con posibles vías de evacuación señaladas

4.2.3. Distribución actual

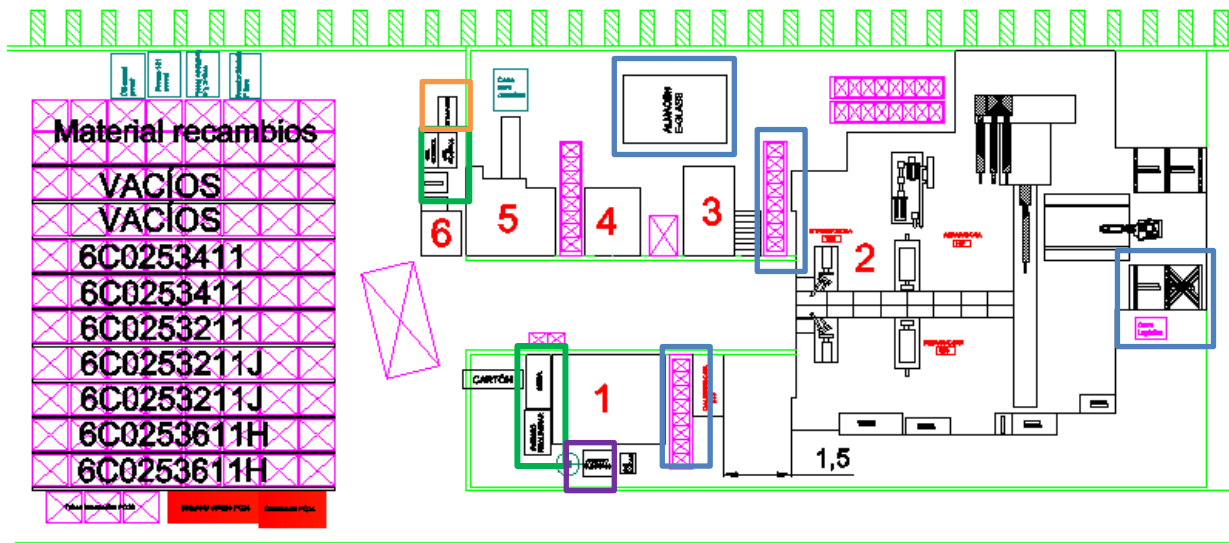
Actualmente, en la línea 270 están instaladas seis máquinas diferentes, que son las siguientes:

- ❖ Robot de soldadura o V-Cell (nº máquina 1441)
- ❖ Agrafadora, pestañadora e introductora (nº máquina de 107 a 109): se trata de tres operaciones diferentes llevadas a cabo por maquinaria distinta. Sin embargo, se encuentra protegido por el mismo vallado de seguridad, es por ello que se considerará como una única máquina.
- ❖ Inyectora de E-Glass (nº máquina 1466)
- ❖ Calibradora vertical (nº máquina 1445)
- ❖ Cerradora (nº máquina 1536)
- ❖ Fugómetro (nº máquina 930)

Junto a las máquinas, se encuentran los carros, contenedores o cajas de aprovisionamiento de materia prima. En la línea hay tres puntos con este tipo de elementos: junto a la V-Cell, en la trasera de la agrafadora y entre la calibradora e inyectora de E-Glass.

En los alrededores de la línea se encuentran otros elementos como son:

- ❖ Cajas con componentes iniciales o carros/contenedores de productos terminados
- ❖ Puestos de verificación (puesto de OK FIRST PART)
- ❖ Carros portantes de utillajes que no estén siendo usados.



LEYENDA

MAQUINARIA

1. V-cell
2. Agrafadora, pestañadora e introductora
3. Inyectora E-glass
4. Calibradora vertical
5. Cerradora
6. Fugómetro

CARROS CON MATERIA PRIMA CONTENEDORES PRODUCTO FINAL

PUESTO 1º PIEZA OK

CARROS CON UTILLAJES

ABASTECIMIENTO

PUESTO RECUPERAR

Imagen 4.4 Línea en situación inicial con maquinaria y otros elementos señalados

En el diseño e implantación de la línea, Faurecia trata seguir una serie de normas para mejorar la eficiencia de la línea y comodidad en el desarrollo del trabajo para el operario. A continuación, se explican algunas de estas reglas y el motivo de la distribución inicial de la línea

Como se ha podido observar en las sucesivas imágenes superiores de la línea 270, la distribución de la maquinaria es en forma de U. Las máquinas están ordenadas de tal manera que el operario sea capaz de, siguiendo el orden normal de tareas, realizar un circuito circular. En caso de que en la línea se trabaje con más de un operario (como es el caso de la línea 270 en la situación inicial) también el reparto de tareas debe ser tal que los trabajadores realicen ciclos circulares y así no estorbarse los unos u los otros ni tampoco tener desplazamientos elevados. Estos aspectos ya fueron estudiados en el momento en que se diseñó e implantó la línea por primera vez.

La máquina de mayor dimensión (con diferencia), es la que engloba a la agrafadora, pestañadora e introductora. Es por ello que esta se coloca al fondo de la distribución en U de la maquinaria y perpendicular al resto. Se consigue así un mayor aprovechamiento del espacio disponible, colocando el resto de maquinaria en sus laterales.

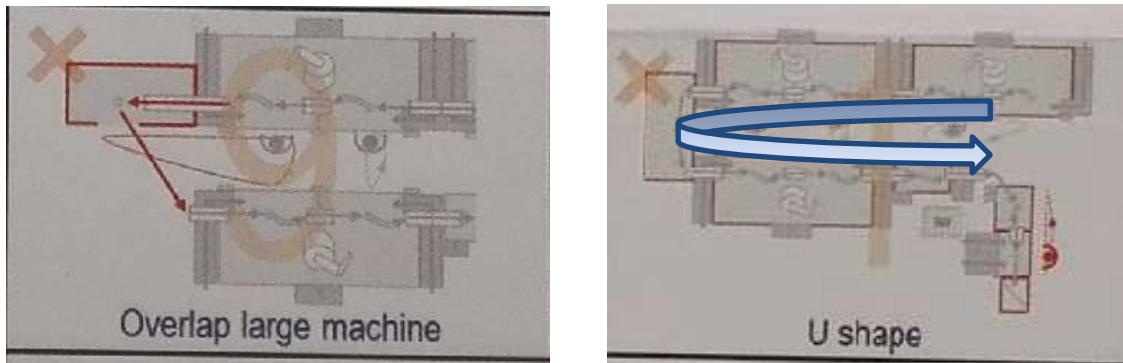


Imagen 4.5 Reglas a seguir en el diseño de la distribución inicial de la línea

4.2.4. Descripción de la maquinaria

En el subapartado anterior, se ha listado la maquinaria instalada en la línea, y a continuación se procede a realizar una descripción del funcionamiento de las mismas.

Primeramente, se debe aclarar que, para la producción de cada modelo, los parámetros de funcionamiento de la máquina son ajustados a la producción de cada modelo. Además, sobre cada máquina se aloja un utillaje acorde con el modelo.

1. V-Cell:

Se trata de un robot de soldadura encargado de unir la componente tapa interior (ciega y pasante) y tubo perforado interior (entrada y salida). Esta soldadura se realiza de manera automática, de manera que el operario únicamente carga (además de iniciar ciclo pulsando botonera), descarga de los conjuntos y realiza la verificación del estado de la soldadura.



Imagen 4.6 Vista diagonal y frontal de una cédula de la V-Cell

El robot de soldadura tiene la posibilidad de trabajar en dos zonas o células. Son dos células adyacentes (pero que funcionan de manera independiente ya que sus propias protecciones y botonera de accionamiento).

En cada célula de trabajo, los utillajes permiten la carga de dos conjuntos tapa interior (ciega y pasante)-tubo interior (entrada y salida). La descarga es automática, lo que permite al operario cargar primeramente y a continuación descargar (reduciendo así el tiempo de ciclo).

Se trata de un robot de soldadura de la marca Yaskawa. Concretamente del modelo UP6-XRC. Sus características generales son: seis ejes, capacidad de carga máxima 6kg y peso del propio robot 130kg, máximo alcance de 1,3763m. Realiza una unión de solape en ángulo entre la superficie tapa y tubo mediante una soldadura de tipo MIG/MAG.

Como se puede observar, el cordón de soldadura realizado por el robot, no es continuo a lo largo del diámetro. Los parámetros (longitud, profundidad, anchura... entre otros) para considerar el cordón de soldadura válido están ya establecidos.



Imagen 4.8 Soldadura tubo interior-tapa interior



Imagen 4.7 Conjunto final obtenido en la V-Cell

2. Agrafadora, pestañadora e introductora:

En realidad, se trata de tres máquinas diferentes, que realizan tareas distintas. La agrafadora y pestañadora son capaces de, a partir de planchas de chapa metálica se obtiene la envolvente exterior de la marmita. Finalmente, la introductora encaja los conjuntos tubo-tapa interior soldados en la V-Cell en el interior de la envolvente. Las tres son automáticas y se encuentran protegidas mediante un vallado.



Imagen 4.10.a Imagen de la agrafadora y pestañadora



Imagen 4.10.b Introductora

Para asegurar un funcionamiento continuo de estas máquinas debe asegurarse la alimentación de componentes desde dos puntos. Por un lado, las chapas necesarias para obtener la envolvente exterior se cargan desde la parte trasera de la línea. El segundo punto de carga, es desde el interior de la línea, cargan dos conjuntos tapa-tubo interior (diferentes) en los utillajes de la introductora. Así, mientras el aprovisionamiento de chapas en la trasera de la línea es una tarea realizada de manera frecuencial; introducir los conjuntos tapa interiores-tubo interior en la introductora se realiza en cada ciclo.

El subconjunto final, por otro lado, se descarga en una rampa situada bajo los utillajes de la introductora.

Las operaciones necesarias para partiendo de una plancha de metal, obtener el conjunto final son las siguientes. En primer lugar, un robot provisto de ventosas manipula la chapa desde el contenedor hasta una rampa. Esa rampa traslada la chapa hasta colocarla sobre el utillaje de la agrafadora.

En segundo lugar, se dobla la chapa para que adquiera la forma de la envolvente final, empujándola contra el utillaje, pero sin llegar a doblar los extremos (en la imagen izquierda 4.10.a pueden apreciarse diferentes geometrías de utillajes para la agrafadora). A continuación, se realiza el doblado de los extremos superponiendo uno sobre el otro y curvándolos sobre sí mismo, este es el proceso de agrafado, en el que se obtiene una cavidad prácticamente estanca.

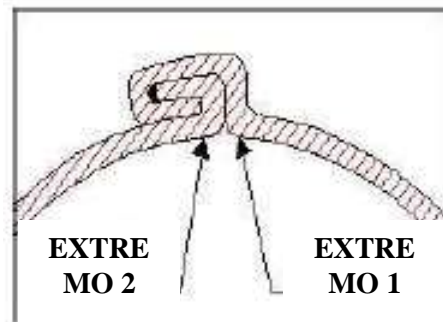


Imagen 4.11 Ejemplo de agrafado

En tercer lugar, se realiza el pestañado. En este proceso se doblan los extremos de la envolvente para obtener un reborde.



Imagen 4.12 Pestañado

Además, un operario debe cargar dos conjuntos tapa-tubo interior (diferentes entre sí), en los utillajes de la introductora y accionar la máquina. Al hacerlo, se inicia el proceso de introducir los conjuntos tapa-tubo interior en la envolvente de la marmita.

Finalmente, se recoge de una rampa el producto final obtenido en el ciclo anterior.



Imagen 4.13 Conjunto final obtenido en la agrafadora, pestañadora e introductora

3. Inyectora de E-Glass

En primer lugar, el E-Glass es un tipo de fibra de vidrio, concretamente es vidrio de aluminio-borosilicato con menos de un 1% en peso de óxidos alcalinos. La fibra de vidrio es un material formado por un gran número de filamentos (de diámetro minúsculo) poliméricos basados en dióxido de silicato (SiO_2). Este material se utiliza como material de absorción, reduciendo el nivel sonoro producido por los gases de combustión.

La máquina, cuenta con dos utillajes sobre los que se montan los conjuntos de envoltentes extraídas de la agrafadora. De manera que, mientras la inyectora introduce el E-Glass en el conjunto, el operario es capaz de descargar el conjunto del ciclo anterior (con el E-Glass ya inyectado).

Es decir, en el funcionamiento normal de la máquina el operario realizaría las operaciones que se enumeran a continuación. En primer lugar, cargaría un conjunto para ser inyectado la fibra de vidrio. Pulsaría 'Start', y al hacerlo e iniciar ciclo, el utillaje rota 180°, de manera que el conjunto que se acaba de cargar se posiciona sobre la inyectora; mientras que el conjunto del ciclo anterior queda accesible al operario para su descarga.



Imagen 4.14 Inyectora de E-Glass

La cantidad de E-Glass inyectado, es un parámetro que se controla a cada ciclo. Para ello, la máquina, mediante un sistema de pesas, compara el peso inicial de la marmita sin haber inyectado material y su peso durante el proceso de inyección. De modo que, cuando el peso se encuentra dentro de los límites tolerables el proceso finaliza. La cantidad real de E-Glass inyectado no es igual en todos los ciclos.

4. Calibradora vertical

La función de esta máquina es ensanchar los tubos interiores perforados. Esta máquina, sin embargo, no realiza una medida del diámetro del tubo y, en función de ello lo dilata en mayor o menor medida. Sino que la máquina dilata todos los tubos interiores perforados por igual (el diámetro final dependerá del modelo).



Imagen 4.15 Calibradora vertical

Antes de iniciar el calibrado, deben colocarse las tapas externas en los dos extremos de la marmita. De este modo, al dilatar el tubo interior este queda sujeto a la tapa exterior. Por otro lado, las tapas exteriores quedan apoyadas sobre las pestañas de la envolvente.

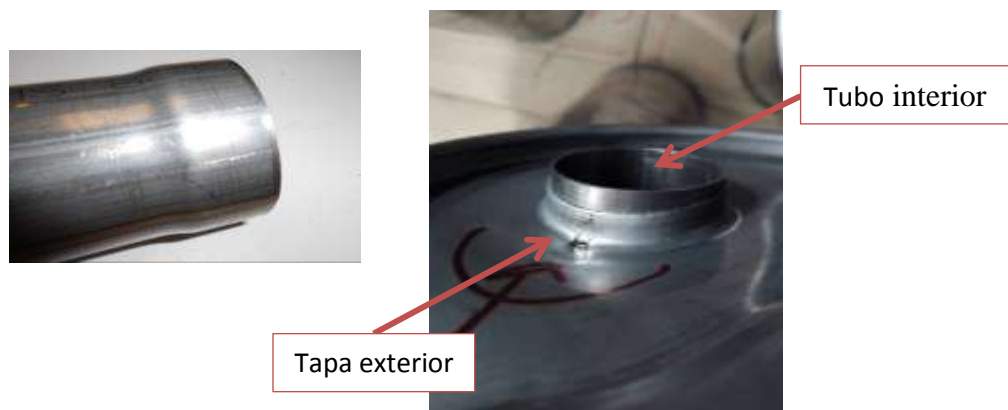


Imagen 4.16 Tubo tras calibrado (izquierda). Tubo interior y tapa exterior (derecha)

5. Cerradora

Esta máquina cierra las tapas exteriores sobre la envolvente que, hasta ahora, simplemente estaban apretadas a los tubos interiores (operación realizada por la calibradora). Para ello, la cerradora dispone de cuatro rodillos (uno en cada extremo longitudinal y diametral) que, al girar presionan las pestañas de la envolvente y las doblan sobre la pestaña de la agrafadora.



Imagen 4.17 Cerradora

La cerradora, crea unos bordes redondeados que une la envolvente y las tapas exteriores. Además, mediante este reborde el conjunto queda totalmente cerrado (evitar fugas). De esta manera, mediante los procesos de agrafado, calibrado y cerrado, se obtiene un conjunto perfectamente estanco. La cerradora también realiza el marcaje de la pieza, que es un método de identificación del producto.



Imagen 4.18 Conjunto extraído de cerradora. Borde realizado por la cerradora

6. Fugómetro

Finalmente, sobre cada marmitta se realiza un control de fugas, ya que como por su interior circularán los gases de combustión, debe asegurarse que estos lleguen al exterior y no se escapen por los diferentes conjuntos del sistema de escape permaneciendo así en el interior del vehículo.

El conjunto se ha procurado estancar mediante las operaciones de agrafado, calibrado y cerrado, sin embargo, esto debe comprobarse en cada ciclo. En esta simulación, se inyecta aire a una cierta presión (concretamente 300hPa, en el caso de modelos de MQB) y un dispositivo mide el flujo que llega a la salida. Puesto que el de la entrada es conocido, la resta entre uno y otro equivale a las fugas del conjunto, que deben ser inferiores a 15l/min en cualquiera de los tres modelos de MQB.



Imagen 4.19 Fugómetro

Finalmente, si el valor de fuga se encuentra dentro de los límites aceptables, el producto será entregado al cliente correspondiente. Por el contrario, si el valor de fugas es excesivo, se deberá apartar la pieza y analizar los motivos de este incidente. Esta pieza “no correcta” no podrá ser entregada a cliente.

4.3. Diagrama de flujo

4.3.1. Componentes

En el tercer capítulo acerca del producto, se ofrecen imágenes de los tres modelos de marmitas (plataformas MQB) fabricados en la línea con una tabla adyacente enumerando las componentes. A continuación, se vuelve a mencionar estos componentes.

Componentes:

- ❖ Tubo interior entrada
- ❖ Tapa interior ciega
- ❖ Tapa interior pasante
- ❖ Chapa rectangular que conforma la envolvente exterior
- ❖ Material acústico, E-Glass
- ❖ Tapas exteriores (dos, idénticas)

- ❖ Tubo interior salida

Así pues, en total se requieren 7 componentes distintos para obtener una marmita delantera.

4.3.2. Operaciones del proceso productivo

La empresa, dispone de un conjunto de documentación estandarizada donde queda recogido el proceso de fabricación de cada producto. Particularmente, el proceso de producción queda definido mediante las Hojas de Instrucciones y el Diagrama de Flujo.

En el diagrama de flujo se describe como una representación gráfica de la secuencia cronológica de operaciones necesaria para obtener el producto final partiendo de sus componentes iniciales.

Mientras que en las, la Hoja de Instrucciones se recogen las operaciones que debe realizar un operario desde que finaliza el ciclo de máquina hasta que el operario pulsa el 'Start' de la máquina.

A continuación, se describe el proceso productivo (independientemente del modelo), ya que la secuencia de operaciones es la misma.

OPERACIONES:

1. Soldadura:

Premontar sobre utillaje subconjuntos tapa pasante interior-tubo interior y tapa ciega-interior-tubo interior. Descargar los conjuntos soldados y verificar el estado de la soldadura, cargar los nuevos e iniciar máquina.

2. Introductora:

Montar conjuntos soldados en paso anterior sobre utillajes de introductora, teniendo en cuenta que, los conjuntos no son iguales y los utillajes por tanto, tampoco. Descargar el conjunto de envoltente agrafada con cuerpos interiores (subconjuntos tapas-tubo) del ciclo anterior de la bandeja de caída.

3. Inyectora de E-Glass:

Cargar conjunto sobre utillaje de inyectora. Al pulsar el Start de esta máquina, el utillaje gira, colocando el conjunto que se acaba de cargar sobre la inyectora y permitiendo al operario descargar el conjunto del ciclo anterior. Antes de descargar, el operario debe colocar las dos tapas exteriores (idénticas), para que así el material acústico (E-Glass) permanezca en el interior de la marmita.

4. Calibradora:

Cargar el conjunto final. Previamente descargado el conjunto del ciclo anterior.

5. Cerradora:

Carga y descarga de conjunto.

6. Fugómetro:

Carga y descarga de conjunto asegurando que el valor de fugas es aceptable (menor a 15l/min).

7. Packing:

El producto final terminado se acumula sobre contenedores, para su posterior traslado.

A continuación, se muestra un esquema simplificado (y genérico) del mismo:

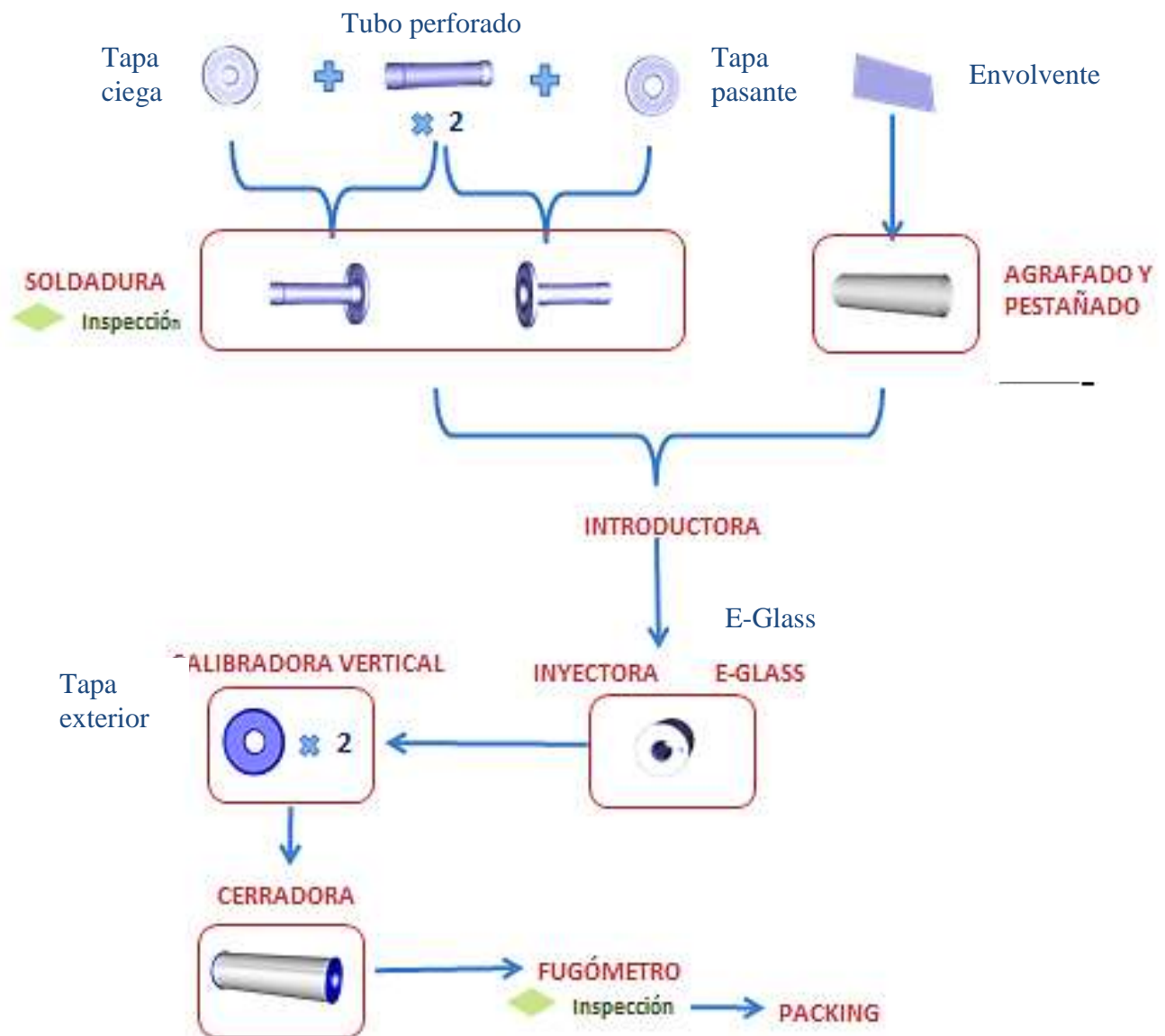


Imagen 4.20 Diagrama de flujo general para los modelos MQB de la línea 270

El reparto de tareas entre el número de operarios que trabajen en la línea, se encuentra en el apartado "4.5. Estudio de tiempos: Datos experimentales".

4.4. Demanda y producción

4.4.1. Introducción

Como ya se expuso en el primer capítulo introductorio, la fabricación de componentes para la plataforma MQB se inició en el año en curso. Previamente se fabricaban para plataformas anteriores, es decir PQ24 primeramente y PQ26 años más tarde. Debido a ello, los datos de demanda y producción de producto disponibles de la plataforma MQB son limitados.

Por tanto, los datos recogidos tanto de demanda como de producción del producto, así como un análisis comparativo de los mismos entre los años 2014 y 2016, de marmitas pertenecientes a la plataforma PQ26.

4.4.2. Demanda de producto

Como ya se ha dicho los datos presentados son de modelos del PQ26 desde el año 2014 (inicio de la producción de componentes de dicha plataforma) y hasta el 2016 (año anterior). Estos datos son estimaciones realizadas (en su momento) acerca del volumen de demanda de cliente.

La tabla de volúmenes de demanda recogidos son los siguientes la siguiente:

Designación	2014	2015	2016	TOTAL
PQ26 Petrol HE 1,0L MPI	78.174	109.065	125.395	312.634
1,0 MPI VW Navarra	66.218	66.218	76.133	208.569
1,0 MPI VW Uitenhagen	11.956	16.879	19.406	48.241
1,0 MPI SEAT	0	25.968	29.856	55.824
PQ26 Petrol HE 1,2L TSI	78.624	172.032	197.837	448.493
1,2 TSI VW Navarra	67.200	67.200	77.280	211.680
1,2 TSI VW Uitenhagen	11.424	16.128	18.547	46.099
1,2 TSI SEAT	0	88.704	102.010	190.714
PQ26 Petrol HE 1,4L TSI	5.085	6.840	7.706	19.631
1,4 TSI VW Navarra	4.320	4.320	4.867	13.507
1,4 TSI VW Uitenhagen	765	1.080	1.217	3.062
1,4 TSI SEAT	0	1.440	1.622	3.062
TOTALES	161.883	287.937	330.938	780.758

Los datos de la siguiente tabla, se recogen de manera visual mediante la siguiente gráfica de columnas:

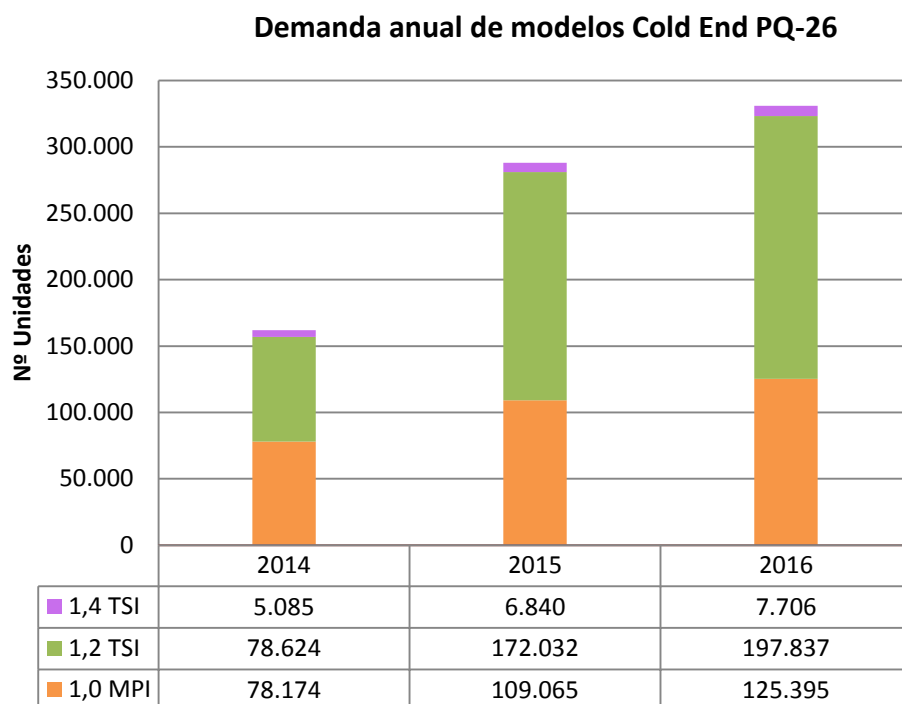


Imagen 4.21 Gráfica de la demanda de marmitas PQ26

En la tabla se recogen los volúmenes de demanda de los diferentes modelos producidos en la línea para la plataforma PQ26. Además, estos volúmenes de demanda se subdividen según la demanda se de la fábrica que las solicita.

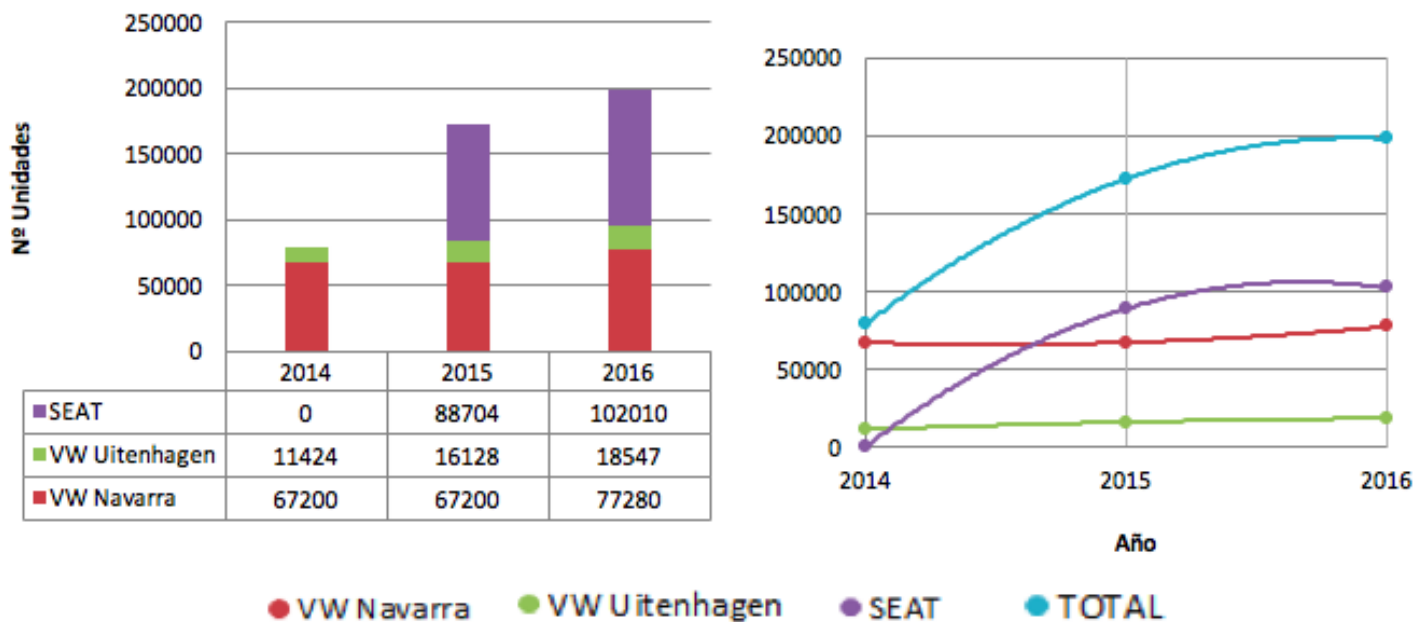
Puede verse que el volumen total de demanda de modelos para la plataforma PQ26 en los últimos tres años es de 780.758 marmitas delanteras. La evolución en la demanda desde su implantación (año 2014) hasta el año actual es creciente. Del año 2014 al 2015, la producción de marmitas prácticamente se duplicó; y de 2015 a 2016 aumentó un 15%. Así, desde su aparición hasta el año anterior, su demanda se duplicó (de 161.883 unidades a 330.938, la demanda se duplicó).

De la gráfica puede extraerse, que, de los tres modelos fabricados para la plataforma PQ26, el modelo más demandado es para los motores gasolina 1,2L TSI. Su crecimiento en los tres años de producción es el más acusado. Por otro lado, la demanda de marmitas para motores 1,4L TSI es mínima comparada con los otros dos modelos, a pesar de que su demanda desde 2014 hasta 2016 casi se duplica.

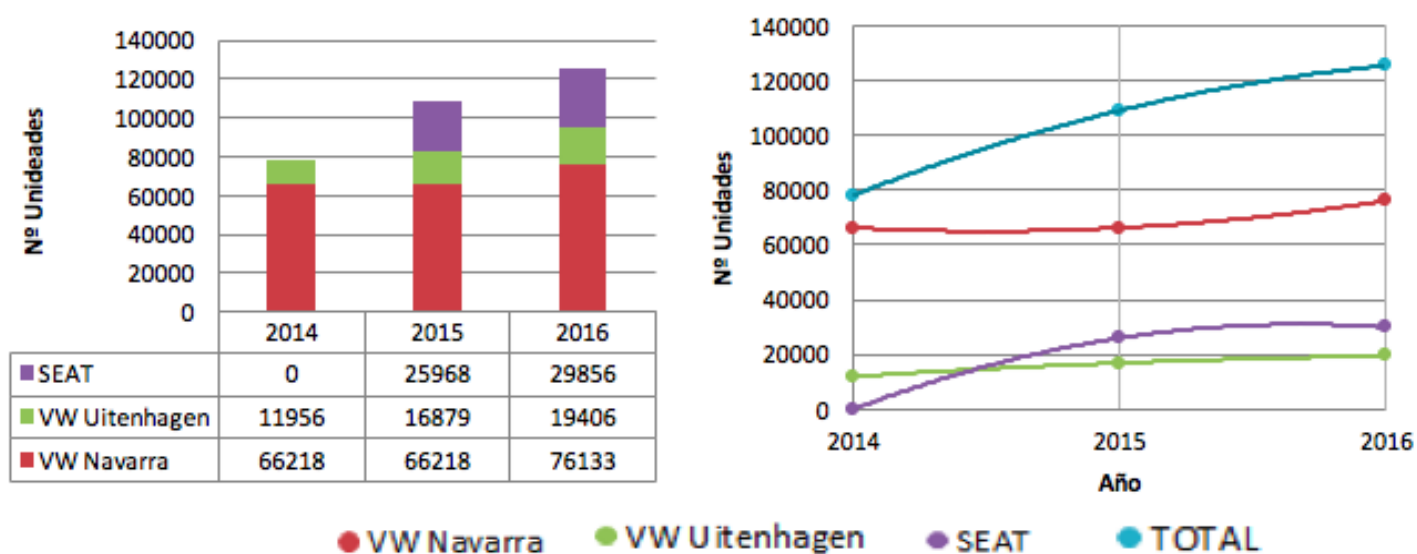
Los clientes de estos productos eran SEAT y dos fábricas de Volkswagen.

A continuación, se presenta la demanda de cada modelo de marmita por parte de estas tres fábricas a lo largo de los tres años. No se incluyen las tablas de datos puesto que estos ya fueron presentados en la primera tabla del apartado.

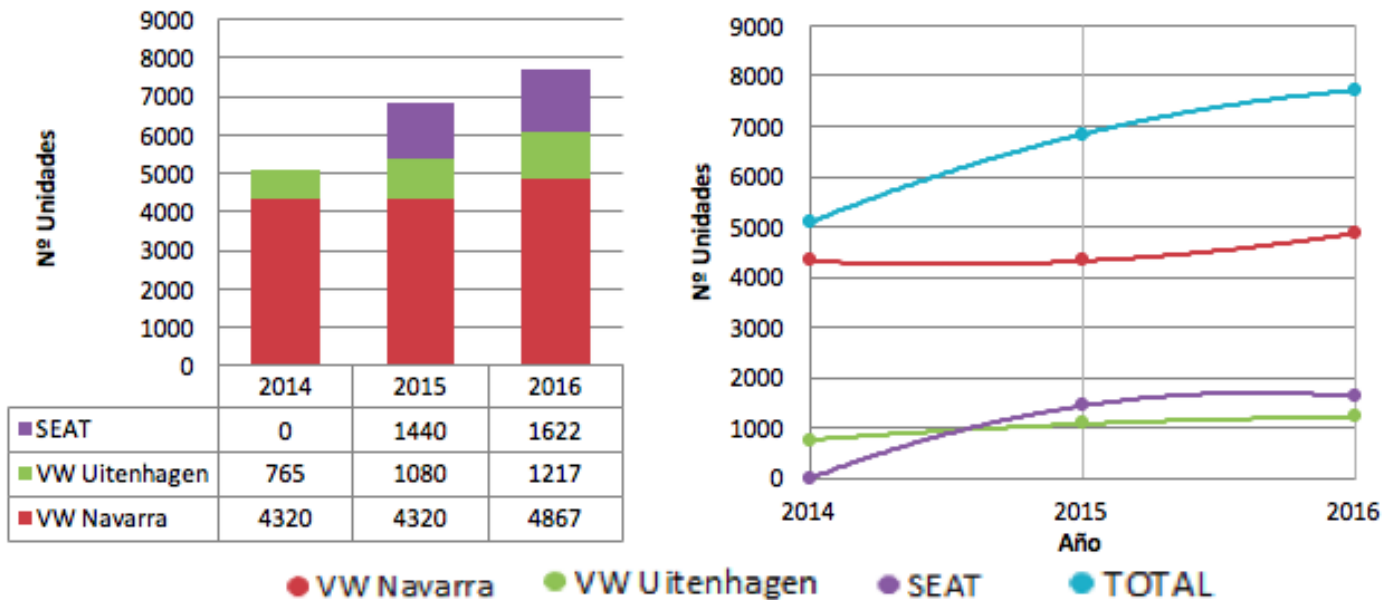
Demanda de motores 1,0 MPI:



Demanda de motores 1,2 TSI:



Demanda de motores 1,4TSI:



En total, se han fabricado entre el 2014 y el 2016 780.758 marmitas delanteras, de las cuales 312.634 eran para el 1,0 MPI; 448.493 para 1,2 TSI; y 19.631 para el 1,4 TSI. El volumen de demanda del 1,4 TSI ha sido considerablemente menor comparado con los otros dos modelos a pesar de ir aumentando su demanda a lo largo de los tres años.

En los tres modelos puede observarse una tendencia ascendente en las gráficas en la demanda total de producto, siendo la pendiente más acusada la habida en el modelo 1,2 TSI, donde partiendo en 2014 de 78.624 unidades se evolucionó en 2016 a 198.837 piezas. Por otro lado, y también en los tres modelos, la demanda por parte de una de las dos fábricas de Volkswagen (Volkswagen Uitenhagen) se mantiene prácticamente constante en los tres años.

4.4.3. Producción de la línea

A continuación, se analizan los volúmenes de producción habidos en la línea entre los años 2014 y 2016. Estos datos son recogidos al término de cada turno creando así registros semanales y mensuales de la producción. Se facilita así el proceso de análisis de datos en periodos largos de tiempos. En estos registros, sin embargo, no se diferencia el cliente del producto.

Los datos tabulados que se presentan a continuación son trimestrales, el registro mensual a lo largo de los tres años se encuentra en los Anexos.

	1,0L MPI	1,2L TSI	1,4L TSI	TOTALES
1º Trimestre 2014	6.164	7.700	758	14.622
2º Trimestre 2014	29.366	26.906	2.662	58.934
3º Trimestre 2014	18.272	20.887	666	39.825
4º Trimestre 2014	21.785	19.886	1.352	43.023
TOTAL 2014	75.587	75.379	5.438	156.404
1º Trimestre 2015	21.816	20.641	1.668	44.125
2º Trimestre 2015	25.942	34.985	1.334	62.261
3º Trimestre 2015	35.880	37.817	1.866	75.563
4º Trimestre 2015	18.726	36.895	779	56.400
TOTAL 2015	102.364	130.338	5.647	238.349
1º Trimestre 2016	26	41.677	4.114	45.817
2º Trimestre 2016	35.076	59.054	3.818	97.948
3º Trimestre 2016	15.353	51.121	2.675	69.149
4º Trimestre 2016	21.560	63.192	3.877	88.629
TOTAL 2016	72.015	215.044	14.484	301.543
TOTALES	249.966	420.761	25.569	696.296

De la tabla se extrae que en los tres años de producción evaluados se fabricaron 715.996 marmitas delanteras, de las cuales 249.966 eran del modelo 1,0L MPI; 420.761 del 1,2L TSI; y 25.569 del 1,4L TSI. Puede observarse que mientras en el modelo 1,2L TSI el crecimiento fue continuo mientras que el 1,0L MPI mantuvo una producción bastante constante a lo largo de los tres años.

Para poder ver la evolución en la producción en el intervalo entre 2014 y 2016 se ha elaborado el siguiente gráfico de columnas:

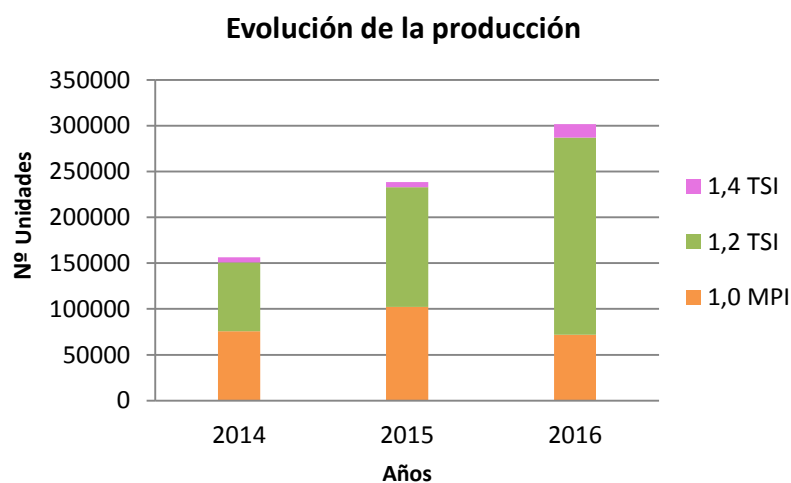


Imagen 4.22 Evolución de la producción de los diferentes modelos entre los años 2014 y 2016

Puede verse que la producción entre los años 2014 y 2016 de marmitas del PQ26 fue en aumento. Tiene lógica, puesto que, en 2014 (año en que se implantó en la línea dicha plataforma) se fabricaban modelos de la plataforma anterior (PQ24). Por tanto, en el citado año, la producción se repartía entre modelos de ambas plataformas siendo prioritario el del PQ24.

En los dos años siguientes, se prioriza la producción de modelos del PQ26 frente a los del PQ24, que queda relegados a fabricación para repuestos. Este hecho queda reflejado en la gráfica donde se aprecia que la producción entre 2015 y 2016 aumenta.

La producción de modelos 1,4L TSI es mínima en comparación con los otros modelos, sobre todo comparando con el modelo 1,2l TSI.

4.4.4. Ajuste de la producción con la demanda

En este apartado se va analizar el grado de adecuación entre las estimaciones de volúmenes de demanda realizados y la producción obtenida entre los años 2014 y 2016.

Los volúmenes de demanda y producción anteriormente presentados son:

Designación	2014		2015		2016		TOTALES	
	Producción	Demanda	Producción	Demanda	Producción	Demanda	Producción	Demanda
1,0L MPI	75.587	78.174	102.364	109.065	72.015	125.395	249.966	312.634
1,2L TSI	75.379	78.624	130.338	172.032	215.044	197.837	420.761	448.493
1,4L TSI	5.438	5.085	5.647	6.840	14.484	7.706	25.569	19.631
TOTALES	156.404	161.883	238.349	287.937	301.543	330.938	696.296	780.758

Gráficamente:

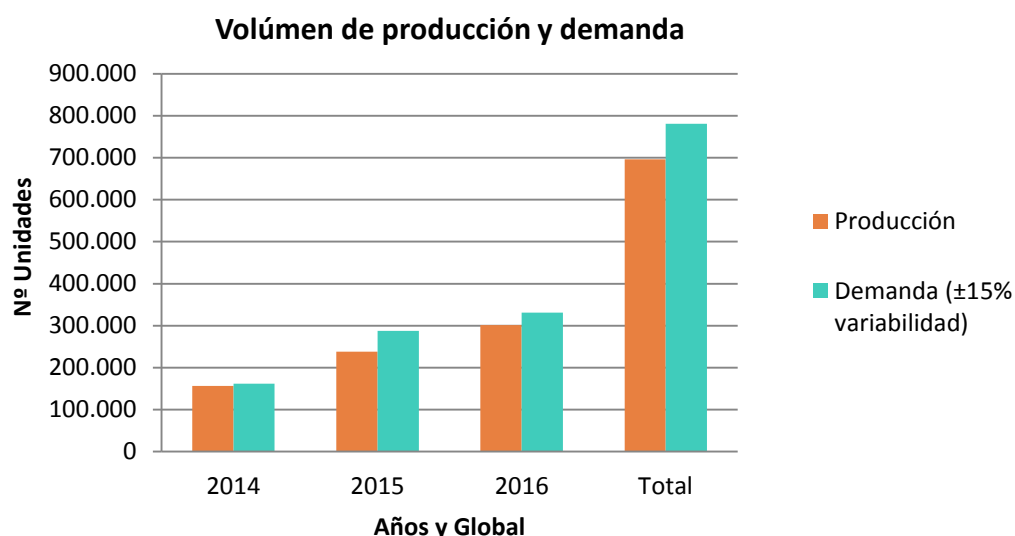


Imagen 4.23 Comparación entre los volúmenes de demanda estimados y la producción real

En la gráfica se aprecia con claridad que la demanda estimada es ligeramente superior a lo que posteriormente fue la producción (que en definitiva es la demanda real exigida por el cliente a la planta). Sin embargo, salvo en el año 2015, donde la diferencia es más acusada, en los otros dos años las estimaciones pueden considerarse acertadas.

Considerando la variabilidad del 15%, la demanda estimada en el año 2015 estaría en el rango de 287.937±43.190 unidades (de 244.747 a 331.127). Dicho año se fabricaron 238.349 unidades lo que queda fuera del rango supuesto, sin embargo entre ambos datos no existe una diferencia considerable.

4.5. Estudio de tiempos: Metodología general

4.5.1. Introducción

En este apartado se pretende describir la metodología utilizada para realizar un correcto análisis de tiempos de la línea de acuerdo con la normativa y estándares establecidos por Faurecia.

4.5.2. Cálculo del Takt Time

Antes de comenzar con el estudio de tiempos de la línea, debe calcularse el Takt Time. Se trata del tiempo ciclo exigido por el cliente, es decir, la velocidad necesaria de montaje exigida por cliente sin que falte material o se generen stocks para cumplir con su demanda.

La unidad de medida es tiempo en minutos o segundos necesario para completar un ciclo.

La fórmula para su cálculo es:

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda de cliente}} = \frac{(\text{Tiempo total trabajo} - \text{Paradas} - \text{Tiempos de cambio})_{\text{día}}}{\text{Demanda}_{\text{día}}}$$

Conocida la definición de Takt Time, es lógico afirmar que el tiempo ciclo real de la línea debe intentar ajustarse al Takt Time para no generar stock y además utilizar los recursos mínimos necesarios (personal, componentes...).

En su cálculo deben tenerse en cuenta algunos aspectos:

- ❖ No se diferencia modelos fabricados para el cálculo del Takt Time. No se trata de un Takt Time “por modelo” sino que es un valor “global”
- ❖ El tiempo disponible es el tiempo real trabajado, es decir, debe descontarse toda parada realizada durante la producción (tanto a causa del operario como por la línea).

- ❖ En cuanto al tiempo de cambio, este incluye el intervalo necesario para realizar todas las tareas que constituyen una parada en la línea por cambio de referencia, cambios de herramienta....

4.5.3. Metodología seguida para la toma de tiempos

Para realizar un estudio de tiempos, en primer lugar, debe analizarse las operaciones que son necesarias, así como su orden de realización en un ciclo. Este estudio debe realizarse para cada modelo fabricado en la línea. En este caso, la secuencia, ya ha sido previamente analizada (eliminar todo desperdicio y optimizando el tiempo ciclo) en el momento en que fue implantada.

En primer lugar, deben dividirse las operaciones realizadas por cada operario en tareas elementales. Estas tareas elementales tienen un inicio y un fin, que se definen como puntos de medida. Así pues, el intervalo de tiempo transcurrido entre dos puntos de medida es el tiempo necesario para realizar una tarea elemental.

Por tanto, los puntos de medida (PM), son acciones concretas realizadas en un instante concreto, como, por ejemplo, "tocar el subconjunto..." u "operario toca..." que define el instante en que se pulsa al cronometro para registrar dato.

En este proceso, es importante registrar como tareas elementales diferenciadas el tiempo de espera de un operario. Puesto que al tratarse de tiempo improductivo debe tratar de eliminarse.

El proceso:

Debe observarse el funcionamiento de la línea, para asegurar que el ciclo se realiza de manera cíclica y así definir los Puntos de Medida (PM) y tareas elementales de manera correcta.

Tras lo cual se inicia el proceso de cronometraje. Como estándar de la empresa, para obtener unos datos fiables, deben tomarse tiempos de veinte ciclos. Estos ciclos, además, deben ser continuos (sin paradas durante el cronometraje), para una mayor veracidad.

Registrados los tiempos de operario se registran también los tiempos de máquina. El tiempo de máquina mide el tiempo que transcurre desde que el operario pulsa el botón de inicio de la máquina hasta que el operario puede acceder a ella (se inactivan las barreras de seguridad o la máquina queda en reposo) para descargar.

Finalmente deben anotar tareas conocidas como "Frecuenciales". Son acciones que no se realizan en cada ciclo. Algunos ejemplos son el cambio de carro de producto terminado o el aprovisionamiento de componentes. De estos frecuenciales deben conocerse el tiempo necesario para realizar cada tarea y su frecuencia (cada cuantos ciclos debe ser realizada). De manera que el "aporte" de estas tareas al tiempo ciclo final es igual al tiempo dividido la frecuencia.

El tiempo de ciclo final es la suma de tareas elementales más frecuenciales (su peso) es un valor teórico, puesto que considera que estas tareas periódicas son realizadas a cada ciclo cuando no es así. Aún con ello, la aproximación puede considerarse correcta.

Con todos los datos de tiempos registrados se procede a rellenar la documentación estandarizada de Faurecia que son: la "Medida del Tiempo Ciclo" (MTC/MCT); en segundo lugar, la

“Tabla de Combinación de Tareas” (TCT/WCTT); y finalmente, el “Esquema de tareas Estándar” (ETE/SWC). Posteriormente estos datos deberán ser analizados.

En el siguiente apartado (“4.4.4. Plantillas”) se muestra esta documentación y con qué datos debe ser completada.

4.5.4. Plantillas

Por normativa de Faurecia, estos estudios constan de tres documentos: “Medida del Tiempo Ciclo” (MTC/MCT), “Tabla de Combinación de Tareas” (TCT/WCTT) y “Esquema de tareas Estándar” (ETE/SWC).

Medida del Tiempo Ciclo (MTC/MCT):

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO (MTC/MCT)													
PRODUCTO:	1	OPERARIO N°: 1										CONFIGURACION (N° OPERARIOS): 2			
PROCESO:	1	ANALIZADO POR:													
FECHA:		NOMBRE DEL OPERARIO:													
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	...	19	20	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operariotoca tapas Carga subconjunto	8,36	7,22	9,31	8,52	8,59	9,7		...			8,62	7,22	9,7	34,35%
2	PM: Operario pulsa marcha V-cell Desplazamiento V-cell- Calibradora	3,58	4,75	3,99	4,22	4,99	5,35		3			4,48	3,58	5,35	49,44%
3	PM: Operario toca conjunto de calibradora vertical Descarga y desplazamiento calibradora-cerradora	3,59	3,72	3,57	3,85	3,46	3,28					3,58	3,28	3,85	17,38%
4	PM: Operario introduce subconjunto cerradora Carga-Descarga cerradora	7,14	6,61	6,68	5,36	6,26	6,48					6,42	5,36	7,14	33,21%
5	PM: Operario pulsa marcha cerradora Desplazamiento cerradora-fugómetro	1,86	2,49	2,01	2,01	2,12	3,9					2,1	1,86	2,49	33,87%
6	PM: Operario toca subconjunto fugómetro Cargar-descarga fugómetro	4,34	6,94	4,41	5,3	4,07						5,01	4,07	6,94	70,52%
7	PM: Operario pulsa marcha fugómetro Desplazamiento fugómetro-contendor	1,66	2,08	1,55	2,21	1,38						1,78	1,38	2,21	60,14%
8	PM: Deja conjunto en contenedor Descarga y desplazamiento a tapas	9,1	4,38	5,56	4,68	5,58						5,86	4,38	9,1	107,76%
9 (...)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	####	0	0	#DIV/0!
TIEMPO CICLO (CT)		39,6	38,2	37,1	36,2	36,5	24,8	0	0	0	0	26,5			
CT SIN ESPERAS															
OBSERVACIONES		d													
a		e													
b		f													
c		g													

Imagen 4.24 Ejemplo de Hoja de Medida de Tiempo Ciclo. (La imagen no corresponde con tareas de la línea 270)

1. Datos generales de la toma de tiempos:

- ❖ Producto y proceso del que se lleva a cabo la toma de tiempos
- ❖ Fecha en la que se efectúa el estudio
- ❖ Número de operarios (X) necesarios para llevar a cabo el proceso y operario a quien se le ha tomado tiempos (operario (Y de X y su nombre).

- ❖ Persona encargada de la toma de tiempos.
- 2. Se redactan los Puntos de Medida (PM), entre dos PM, se escriben las tareas elementales. Estos puntos de medida, indican el momento en que debe pulsar al cronómetro.
- 3. Se rellena con los veinte ciclos registrados en el proceso de cronometraje (por norma general, se apuntan en segundos)
- 4. Se calcula la media, máximo y mínimo de los veinte datos apuntados década tarea elemental.
- 5. Se calcula el tiempo de ciclo con esperas (primera fila), sumando el tiempo necesario para la realización de cada tarea. Y, en caso de existir esperas, se calculará el tiempo ciclo sin esperas.

A continuación, se eliminará del análisis el menor tiempo ciclo y se marcará en amarillo el siguiente menor que se repita tres veces (valores aproximados). *Estos análisis se realizarán siempre con el tiempo ciclo sin esperas (que será igual al tiempo ciclo si no las hubiese).*

- 6. En caso de creerse conveniente, se añadirían observaciones.

Tabla de Combinación de Tareas (TCT/WCT)

faurecia		TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT)																		
DESCRIPCIÓN:		OPERARIO N°:		TAKT		GAP Leader:		Supervisor:		Calidad:										
REFERENCIA:		ANALIZADO POR:		CONFIG																
		NOMBRE OP:		Revisión		21/09/2016														
N°	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	TIEMPO (SEG.)			OPERATION TIME															
		MANU	AUTO	PASOS	ESCALA: 3															
					3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
10	PM: Tocar con la mano el monolito Medir el monolito y prepararlo	8,9	10	2																
40	PM: Tocar con la mano la manta Carga de manta en la balanza y monolito en soporte	7,0	32	1																
30	PM: Tocar tubo envolvente con la mano Cargar tubo y recoger canning	4,9	2	1																
50	PM: Colocar el subconjunto en placa GBD Control GBD	4,8	11	1																
50	PM: Colocar el subconjunto en placa de marcadora Marcaje de pieza	3,9	28	1																
70	PM: Dejar canning en carro Packaging	2,1		1																
TOTAL_1		31,6	5,0																	
TAREAS PERIÓDICAS		(sec)	FREQ.	PESU (sec)	NO HAY ESPERAS															
A	Cambiar caja de monolitos	20	12	1,7																
B	Cambiar caja de mantas	40	66	0,6																
C	Rellenar DCS	60	180	0,3																
D	Cambiar carro de producto final	60	180	0,3																
E	Colocar cartón en carro	15	20	0,8																
F	Cambiar carro de envoltentes	75	345	0,2																
TOTAL_2		3,9																		
TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2)		40,5																		
PIEZAS POR HORA		6	89,0																	

Imagen 4.25 Ejemplo de Tabla de Combinación de Tareas. (La imagen no corresponde con tareas de la línea 270)

1. Ofrece información general del proceso, referencia del producto, número de operario analizado o persona encargada del análisis.
2. Recoge información de las tareas y tiempos necesarios para llevarlas a cabo, además, en la última fila se suma los tiempos totales. Cada columna:
 - ❖ Columnas 1 y 2: Número de operación y descripción de la misma.
 - ❖ Columna 3, "Manual": tiempo, en segundos necesarios para que el operario realice la tarea. *Los datos apuntados en esta columna son aquellos que se habían marcado en amarillo de la tabla de Medida del Tiempo Ciclo.*
 - ❖ Columna 4, "Auto": tiempo ciclo de la máquina que interviene en dicha operación
 - ❖ Columna 5, "Pasos": desplazamientos realizados por el operario. Por convenio en la planta, se toma la velocidad de desplazamiento como 1 segundo/paso.
3. Representación gráfica de los datos recogidos a su izquierda. En este diagrama se marca el Takt Time (línea roja), el tiempo de "Manual" más "Desplazamientos" (en azul) y esto último más "Frecuenciales" (en verde).
4. Se recogen las tareas periódicas. Debe registrarse de la tarea, el tiempo necesario para llevarla a cabo y su frecuencia (cada cuando debe realizarse). De modo que con estos datos se calcule su peso en segundos (tiempo/frecuencia).
5. Se incluye la leyenda del diagrama (3) así como otros comentarios que se consideren oportunos.
6. Suma del tiempo "Manual" + "Pasos" (recuadro 2) más el total de pesos "Frecuenciales" (recuadro 4). Este dato representa el tiempo ciclo, segundos necesarios para obtener una pieza terminada. Conociendo esto, se calcula también la producción horaria

Esquema de Tareas Estándar (ETE)

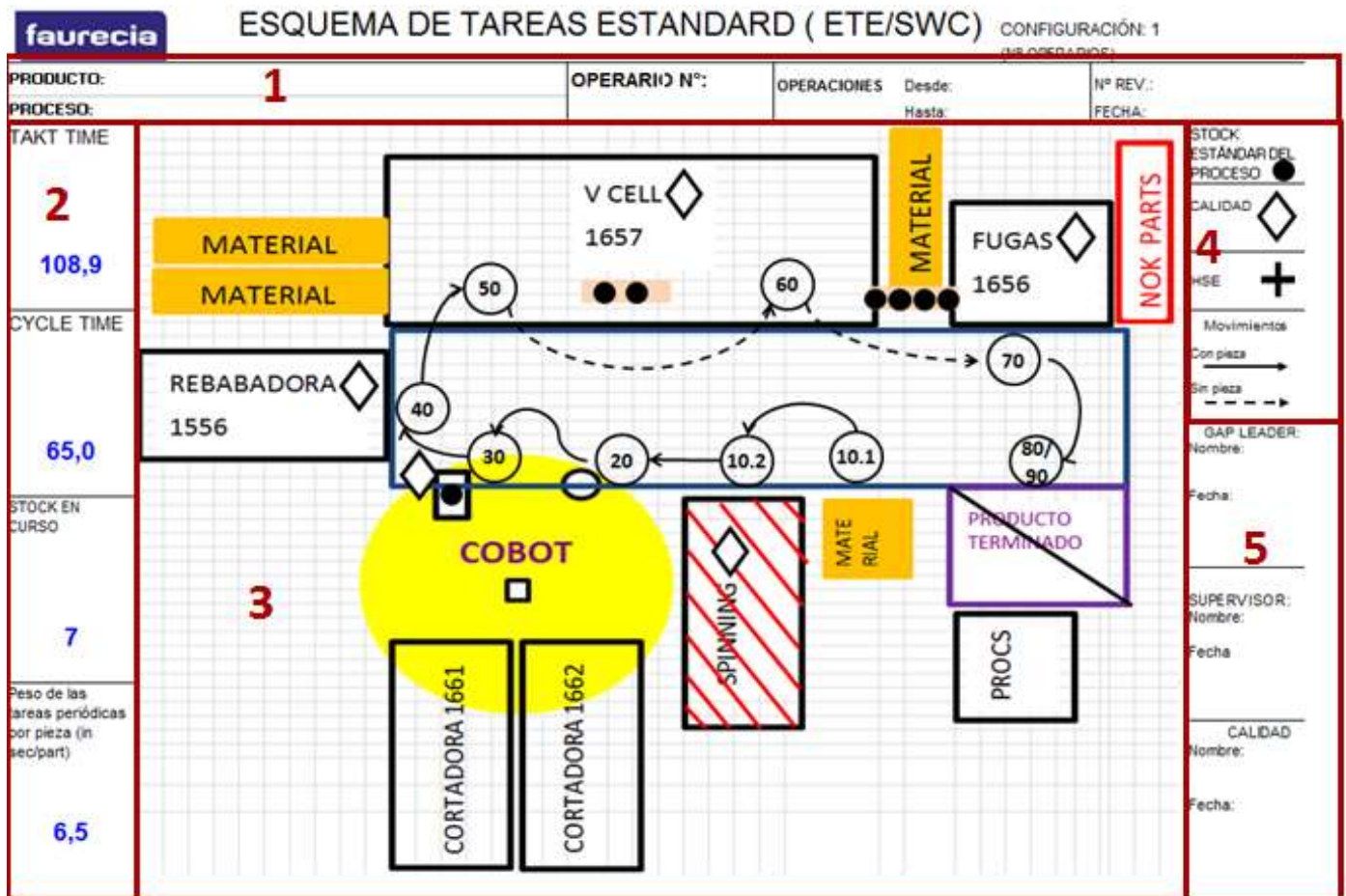


Imagen 4.26 Ejemplo de Esquema de Tareas Estándar. (La imagen no corresponde con tareas de la línea 270)

1. Información general.
2. Datos previamente calculados y recogidos en la “Tabla de Combinación de Tareas”. Estos son: el Takt Time, el Tiempo Ciclo, el Stock en curso y el peso de los frecuenciales (segundos por pieza).
3. Representación gráfica en la que, sobre el layout de la línea, se representan las tareas que realiza un operario, así como el orden en las que se llevan a cabo.
4. Leyenda explicativa del diagrama del recuadro número 3.
5. Revisión y firma de los representantes de dicha línea.

4.5.5. Cálculo del contenido de trabajo y otros

El contenido de trabajo es un dato que ofrece información del tiempo empleado por un operario para realizar las operaciones que le han sido asignadas. En caso de ser posible reducir el contenido de trabajo (al eliminar desperdicios como esperas o tareas en un orden incorrecto), puede llegar a ser posible reducir el número de operarios para realizar las mismas actividades.

El contenido de trabajo de un operario, es la suma de tareas realizadas por el mismo (columna Manual en TCT), más los desplazamientos (columnas Pasos en este mismo documento), más el peso de los frecuenciales (también registrado en el TCT).

$$\text{Contenido de trabajo (WC)} = \sum Tareas_{manual} + \sum Desplazamientos + \sum Peso_{frecuenciales}$$

Con este dato y el Takt Time previamente calculado, es posible calcular el número teórico de operarios, al dividir el contenido de trabajo de todos los operarios (segundos necesarios por operario para obtener una pieza) entre la producción exigida por el cliente. Esto es:

$$N^{\circ} \text{ teórico de operarios} = \frac{\sum \text{Contenido de trabajo (WC)}_{\text{todos los operarios}}}{\text{Takt Time (TT)}}$$

Cabe destacar que a pesar de que en la realidad el número de operarios es un número entero, el teórico no tiene por qué serlo.

Restando el número real de operarios de la línea al teórico se obtiene el potencial de productividad. Este valor representa el grado en que es posible lograr la demanda exigida por el cliente. Por tanto, si el número teórico de operarios es igual al real, la producción se ajusta a la demanda sin margen alguno; si el teórico es mayor que el real significa que la línea no cubre la demanda exigida por el cliente; por el contrario, si el real es mayor que el teórico significa que la producción de la línea es mayor que la demanda exigida.

$$\text{Potencial de productividad} = N^{\circ} \text{ operarios real} - N^{\circ} \text{ operarios teórico}$$

4.5.6. Diagrama de Yamazumi

También conocido como diagrama tiempo ciclo, se trata de un diagrama de columnas donde se representa el tiempo necesario para cada operación (ya sea tiempo de máquina o de operario).

Para completar este diagrama se tomarán los datos recogidos en la Tabla de Combinación de Tareas.

Un ejemplo de este tipo de diagramas es el ofrecido a continuación:

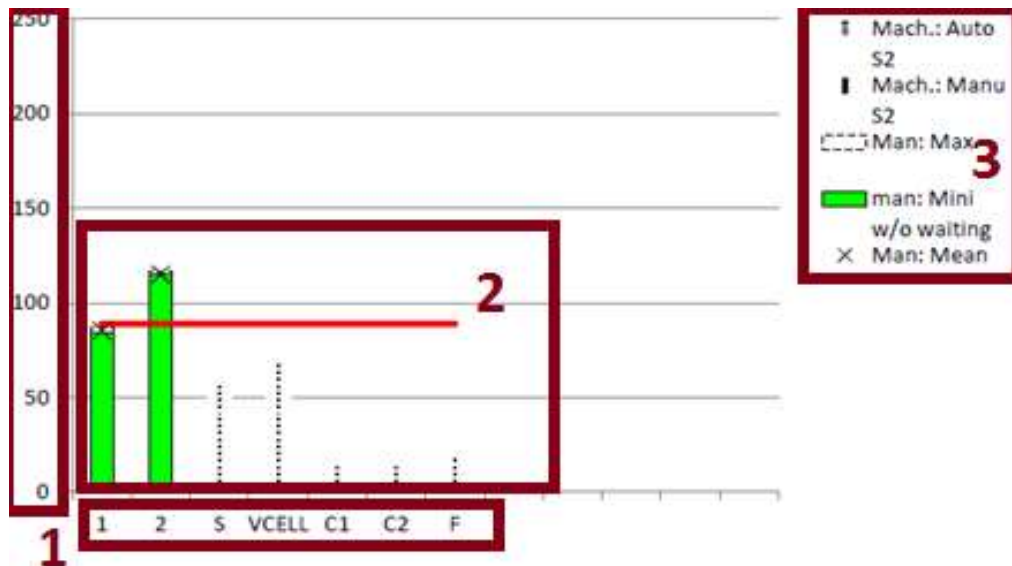


Imagen 4.27 Ejemplo de Diagrama Yamazumi

En esta gráfica:

1. Ejes: en el horizontal aparecen las diferentes máquinas y los operarios que trabajan en la línea. El eje vertical representa el tiempo. De manera que cada columna indica el tiempo que necesita cada operario/máquina para completar un ciclo.
2. Diagrama tiempo ciclo, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos para su interpretación:
 - ❖ La barra roja marca el Takt Time (ritmo de exigencia de cliente)
 - ❖ La barra verde es el contenido de trabajo del operario, previamente calculado. Sobre esta barra, se representa con puntos discontinuos el tiempo máximo que podría tardar el operario para obtener una pieza. La cruz es la media del contenido de trabajo.
 - ❖ Las barras punteadas son los tiempos de las máquinas automáticas para completar un ciclo.
 - ❖ En caso de disponer de robot/cobot manipuladores (como es el caso de la situación futura de la línea), la barra será azul.
3. Leyenda del diagrama.

4.5.7. Cálculo de indicadores

Diariamente en la planta, se registran una serie de datos, así como se calculan indicadores útiles para conocer el funcionamiento, la eficiencia, la situación de cada línea. Algunos de estos datos son: registros de la producción, del scrap, el número de piezas defectuosas, tiempo de parada, de producción, entre otros. Con ello, se calculan una serie de indicadores como por ejemplo: el porcentaje de averías en un intervalo de tiempo, el TRS o el volumen de averías, entre otros.

El TRS, del francés Taux de Rendement Synthétique, es un indicador que muestra la eficiencia de una máquina o línea al dividir el tiempo de producción entre el disponible.

$$TRS = \frac{N^{\circ} \text{ piezas}_{en X \text{ intervalo}} \times \text{Tiempo ciclo}_{\text{Cuello botella}}}{\text{Tiempo de trabajo}_{en X \text{ intervalo}}}$$

Cabe aclarar, que en la fábrica se procura que el cuello de botella en ningún caso sea el operario, sino una máquina. Es por ello que en el numerador se toma el tiempo ciclo de la máquina que produce el cuello de botella.

Por otro lado, puesto que este indicador es registrado a diario, y lo más probable es que en dicho día se fabriquen varios modelos distintos, los cuales poseen tiempos ciclos distintos, se calculará el TRS para cada modelo con el número de piezas producidas y tiempo ciclo correspondiente. El TRS total de la línea en un día, la suma de los TRS calculados con cada modelo producido. En la línea, se tiene como objetivo un TRS del 65%.

Otro indicador es el NO TRS, este indicador representa las pérdidas de la línea, por diferentes incidentes. La suma del mismo y del TRS suma el 100%. En Faurecia, las causas registradas en el NO TRS son: calidad, cambio de referencia, paradas programadas, averías, falta de material y microparadas. Debe registrarse el tiempo que transcurre cuando se produce cualquiera de los anteriores incidentes, de manera que el NO TRS será la suma de los NO TRS debidos a las anteriores seis razones. Su forma de cálculo es:

$$NO TRS_{total} = \sum_1^{\text{por 6 motivos}} \frac{\text{Tiempo de parada por uno de los seis motivos}_{\text{día}}}{\text{Horas de trabajo}_{\text{día}}}$$

Puesto que se pretende obtener un TRS de 65%, el NO TRS no debería exceder el 35%.

Otros indicadores calculados para la realización de este proyecto fueron el volumen de averías y su coste.

4.6. Estudio de tiempos: Datos experimentales

4.6.1. Introducción explicativa

En la línea 270, se ensamblan tres modelos diferentes de marmitas delanteras que pertenecen a la plataforma MQB. En el presente proyecto se incluye el estudio de tiempos del modelo 1,0 TSI, por dos motivos. En primer lugar, según la demanda estimada, la producción de este modelo será muy superior comparado con las otras dos (65% del total del proyecto).

Por otro lado, este modelo (1,0TSI) y el modelo 1,0 MPI (también de la plataforma MQB) son prácticamente idénticos a excepción del tubo interior de salida. Es por ello, que su proceso productivo es prácticamente idéntico, a excepción de la operación realiza en la calibradora vertical. Realizando el

estudio de tiempos de ambos modelos, se pudo comprobar que el tiempo ciclo obtenido en ambas era prácticamente igual (teniendo en cuenta la variabilidad del proceso).

Además, la demanda del modelo 1,5 TSI mínima en comparación con la habida entre los otros dos modelos (5% del total).

Por todo ello, el estudio de tiempos incluido en el presente trabajo es el correspondiente al modelo 1,0 TSI al tratarse del más representativo.

En el desarrollo del proyecto se produjo una evolución en la producción de este producto debido a la evolución en la demanda de producto. Así pues, en un primer momento, la producción se llevaba a cabo con dos operarios (de febrero a finales de marzo aproximadamente). Pero en el transcurso del proyecto, debido a un aumento en la demanda, fueron necesarios tres operarios para así reducir el tiempo ciclo y poder alcanzar el nivel de demanda exigido por cliente.

Por ello, se considerarán dos fases en este estudio de tiempos de la situación inicial: una *primera fase*, donde la producción se desarrolla con dos operarios; y la *segunda fase*, con tres operarios.

4.6.2. Cálculo del Takt Time

El Takt Time es la velocidad de producción necesaria para cumplir con las exigencias de cliente. En ambas fases se considerará:

- ❖ El tiempo de trabajo de la línea se reparte en 3 turnos de 8 horas de duración. La línea trabaja las 24 horas del día, con una producción continua.
- ❖ Se supone una media de 1,8 horas de parada por turno. En la siguiente tabla se recoge el motivo y duración de ellas:

Paradas programadas	Tiempo (minutos)
Top 5	5
Descanso 1	10
Descanso 2	10
Descanso 3	10
Mantenimiento preventivo	10
Limpieza de la línea	5
Cambio de referencia	50
Cambio de herramientas	10
TOTAL TIEMPO	1,8 h ≈ 110

- ❖ Interesa que el tiempo ciclo de la línea sea menor que el Takt Time, puesto que la demanda de cliente es cambiante y, de este modo.

- ❖ Puesto que la demanda de cliente varía, se deberá tomar como dato el valor pico de demanda, de modo que se supone la situación más desfavorable.

Primera fase (dos operarios):

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}_{\text{año}}}{\text{Demanda de cliente}_{\text{anual}}} = \frac{(480 - 110) \frac{\text{min}}{\text{turno}} \times 3 \frac{\text{turno}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{1363 \frac{\text{pieza}}{\text{día}}} = 48,85 \frac{\text{seg}}{\text{pieza}}$$

Consideraciones:

El volumen de demanda se tomó de la semana 12, donde se produjeron 7.818 unidades. Suponiendo una demanda igual repartida en los cinco días laborables. El número de piezas al día serían 1.363 unidades/día.

Segunda fase (dos operarios):

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}_{\text{año}}}{\text{Demanda de cliente}_{\text{anual}}} = \frac{(480 - 110) \frac{\text{min}}{\text{turno}} \times 3 \frac{\text{turno}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{1897 \frac{\text{pieza}}{\text{día}}} = 35,1 \frac{\text{seg}}{\text{pieza}}$$

Consideraciones:

El volumen de demanda tenido en cuenta, fue el de la semana 32, el dato es de 9.485 unidades/semana. Suponiendo un reparto igual en la producción semanal, la demanda diaria de este componente sería 1.897 unidades/día.

4.6.3. Cronometraje

El proceso de cronometraje, así como el de completar la documentación referente al mismo, se realizó siguiendo la metodología expuesta en el apartado "4.4. Metodología de la toma de tiempos". En estos documentos vienen recogidos tanto los datos de tiempo de máquina como el cronometraje de cada operario.

Toma de tiempo de maquinaria

Los tiempos de máquina son independientes del número de operarios trabajando en la línea.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al cronometrar el tiempo ciclo de cada máquina. El dato utilizado en las "Tabla de Combinación de Tareas" es el de la última columna de la siguiente tabla:

Máquina	Tiempo (segundos)			
	Toma 1	Toma 2	Media	En hoja TCT
V-Cell	19,65	19,41	19,03	19
Agrafadora-Introductora	30,96	30,40	30,68	30
Inyectora E-Glass	23,05	21,87	22,46	22
Calibradora	11,16	11,48	11,32	11
Cerradora	20,42	20,23	20,33	20
Fugómetro	18,37	18,53	18,45	18

Se observa que el mayor tiempo de máquina es el de la agrafadora. Sin embargo, tal y como se puede observar en la tabla de combinación de tareas (TCT) del operario 2, éste espera a la V-Cell.

A continuación, se muestran las operaciones realizadas por cada operario y el orden de las mimas:

Toma de tiempos de operario en fase 1 (dos operarios):

A continuación, se muestra las operaciones realizadas son:

OPERARIO 1: Carga la célula de soldadura (V-Cell), recoge conjunto ya calibrado (previamente cargado e iniciado el ciclo por parte del operario 2). Carga y descarga de conjuntos en cerradora y fugómetro. Finalmente, almacenaje en contenedor.

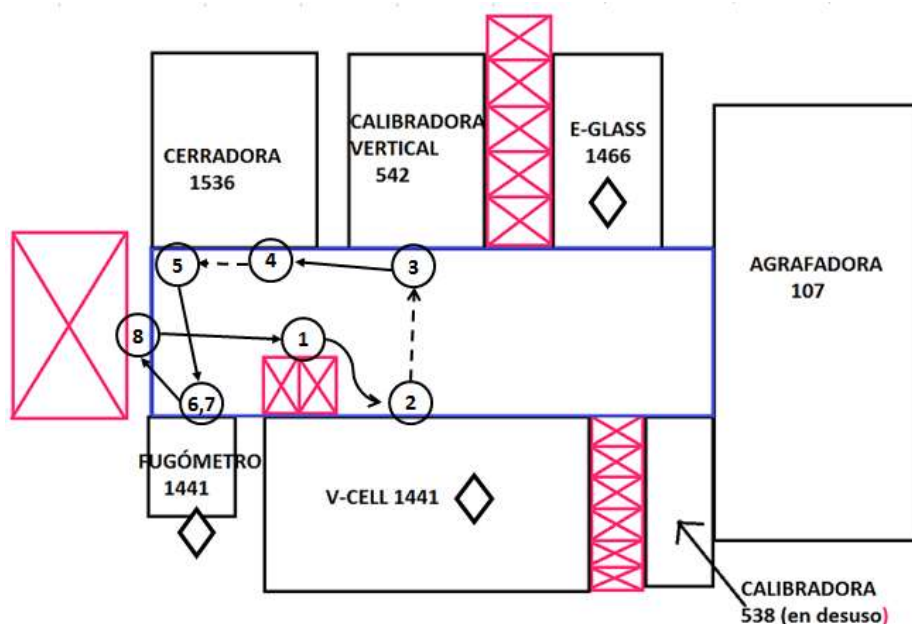


Imagen 4.28 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar del Operario 1 en fase 1

- ❖ **OPERARIO 2:** Descarga de V-Cell y carga y descarga en agrafadora e inyección E-Glass y carga en calibradora.

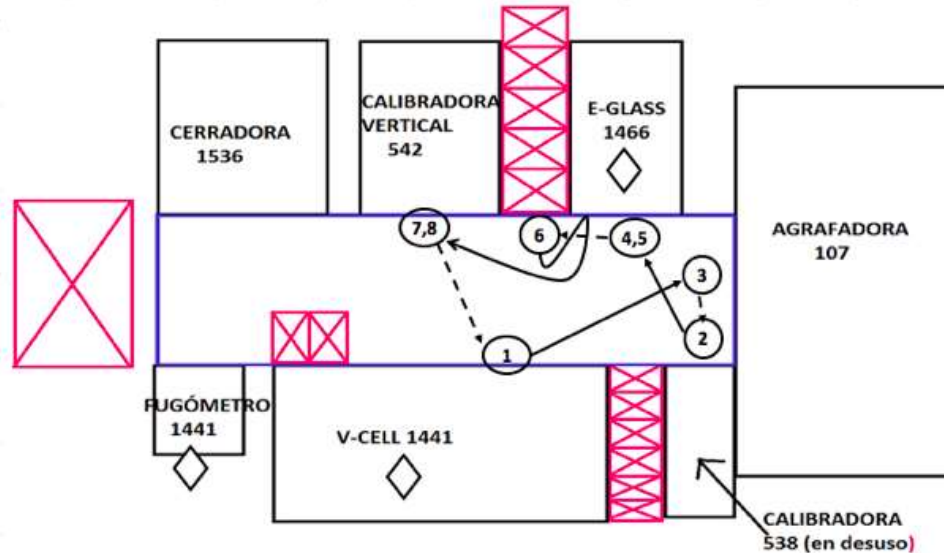


Imagen 4.29 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar del Operario 2 en fase 1

Toma de tiempos de operario en fase 2 (producción con tres operarios):

OPERARIO 1: cargar V-Cell, carga y descarga de fugómetro y almacenaje en contenedor.

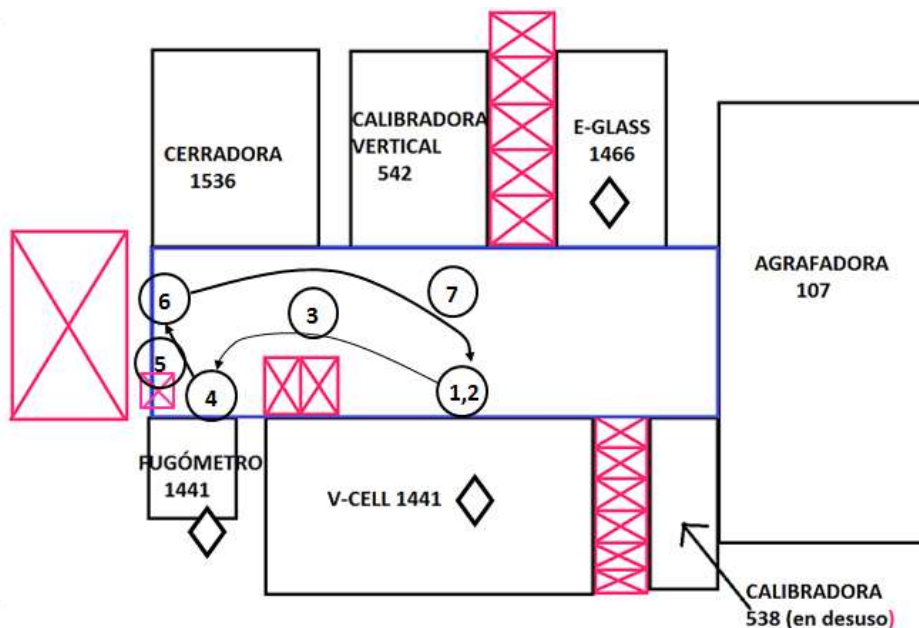


Imagen 4.30 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar del Operario 1 en fase 2

OPERARIO 2: descarga V-Cell, carga y descarga de agrafadora e inyectora de E-Glass y carga en calibradora vertical.

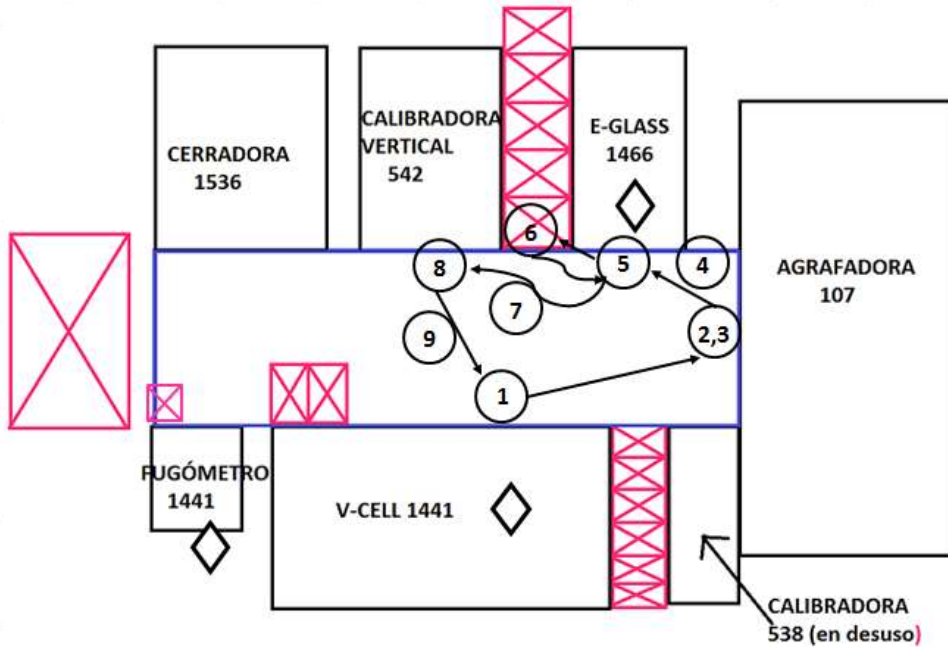


Imagen 4.31 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar del Operario 2 en fase 2

OPERARIO 3: Descarga calibradora vertical, carga y descarga cerradora. Transporte de conjunto a apoyo junto a fugómetro.

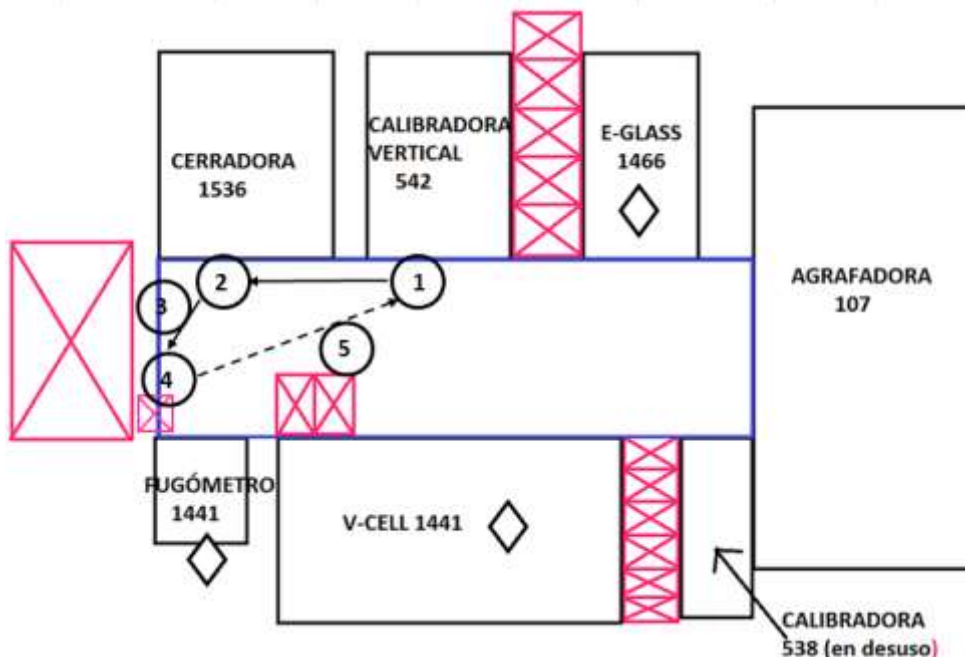


Imagen 4.32 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar del Operario 3 en fase 2

4.6.4. Análisis de los resultados obtenidos en el cronometraje

En fase 1 (dos operarios):

El tiempo ciclo del operario 1 es de 42,9 segundos/pieza, mientras que el del operario 2 es de 33,8 segundos/pieza. Se trata de una diferencia considerable, teniendo en cuenta además que casi ocho segundos por ciclo el operario 2 debe esperar al término del ciclo en la V-Cell.

Sin embargo, en el momento de equilibrar el trabajo de los operarios, no fue posible alcanzar una mejor solución puesto que por normativa interna el mismo operario debe encargarse de la primera y última máquina del proceso de producción (en este caso V-Cell y fugómetro). Por otro lado, entre la inyectora de E-Glass y la calibradora vertical, el operario premona unas tapas, pero estas no están sujetas. Es por ello que el mismo operario debe descargar la inyectora de E-Glass y cargar la calibradora puesto que en caso contrario se desmontaría las tapas o se saldría el E-Glass. Finalmente, los operarios deben tener flujos de trabajo circulares y no deben entrecruzarse.

En fase 2 (tres operarios):

En la fase 2, el tiempo ciclo del operario 1 es de 31,3 segundos/pieza, del operario 2 es de 31,2 segundos/pieza, también y del operario 3 de 22,3 segundos/pieza.

En este caso, el ciclo de trabajo del operario 3 es mucho mejor comparado con los otros dos operarios, sin embargo, y debido a los mismos motivos comentados en este mismo apartado en Fase 1, no se alcanzó una mejor solución.

4.6.5. Cálculo del contenido de trabajo

Fase 1 (trabajo con dos operarios):

Como ya se describió anteriormente, el contenido de trabajo (WC o Work Content) es un valor que indica el tiempo que necesita para obtener una pieza. Puede calcularse de la siguiente manera: suma de operaciones manual (sin esperas), más desplazamientos más peso de frecuenciales. Así pues:

OPERARIO 1	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	24,6
Pasos/Desplazamientos	14
Peso frecuenciales	4,3
Contenido de trabajo (WC) en segundos	42,9

OPERARIO 2	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	10,2
Pasos/Desplazamientos	15
Peso frecuenciales	1,4
Contenido de trabajo (WC) en segundos	26,6

Operario 1:

$$WC_{OP1} = Tiempo_{manual} + Tiempo_{pasos} + Peso_{freq} = 23,7 + 14,0 + 4,3 = 42,9s$$

Operario 2:

$$WC_{OP2} = Tiempo_{manual} + Tiempo_{pasos} + Peso\ freq = 11,2 + 15 + 1,4 = 26,6s$$

Contenido de trabajo de la línea:

$$WC_{TOT} = WC_{OP1} + WC_{OP2} = 42 + 27.6 = 69.5$$

Puede apreciarse que el contenido de trabajo está sumamente desequilibrado siendo mucho mayor el del operario 1.

Con el Work Content y el Takt Time (previamente calculado en apartados anteriores), es posible calcular el número teórico de operarios de la siguiente manera:

$$N^{\circ}\text{ teórico de operarios} = \frac{\text{Contenido de trabajo (WC)}}{\text{Takt Time (TT)}} = \frac{42,9 + 26,6}{48,85} = 1,42 \approx 2$$

Restando el número real de operarios de la línea al teórico se obtiene el potencial de productividad que logra en qué grado consigue la línea cumplir con la demanda, cuanto mayor sea este potencial equivale a una mayor capacidad de la línea para cumplir con la demanda.

En este caso:

$$\text{Potencial de productividad} = N^{\circ}\text{ Real de operarios} - N^{\circ}\text{ Teórico de operarios} = 2 - 1,42 = 0,58$$

Nº Operarios real	Nº Operarios teórico	Potencial de productividad
2	1,42	0,58

Teóricamente para cumplir las expectativas de cliente, con disponer de 1,42 operarios se alcanzaría los objetivos impuestos, sin embargo, como esto no es posible el número de operarios necesarios para cumplir con el Takt Time es de dos.

Por otro lado, el potencial de productividad es de 0,58, valor positivo, que indica que con los operarios que se disponen en la línea sí se es capaz de cumplir con las necesidades fijadas por cliente al tener un número de operarios reales mayor que los teóricamente necesarios.

Fase 2 (trabajo con tres operarios):

OPERARIO 1	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	14,9
Pasos/Desplazamientos	11
Peso frecuenciales	3,4
Contenido de trabajo (WC) en segundos	29,8

OPERARIO 2	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	10,9
Pasos/Desplazamientos	15
Peso frecuenciales	1,1
Contenido de trabajo (WC) en segundos	27,0

OPERARIO 3	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	11,2
Pasos/Desplazamientos	10
Peso frecuenciales	1,1
Contenido de trabajo (WC) en segundos	22,3

En este caso, a pesar de que el contenido de trabajo del operario 3 es menor, el trabajo está mejor repartido que en la primera fase.

En cuanto al número de trabajos teóricos requeridos:

$$N^{\circ} \text{ teórico de operarios} = \frac{\text{Contenido de trabajo (WC)}}{\text{Takt Time (TT)}} = \frac{29,7 + 27,0 + 22,3}{35,1} = 2,25 \approx 3$$

Por tanto, el potencial de productividad quedaría:

Nº Operarios real	Nº Operarios teórico	Potencial de productividad
3	2,25	0,75

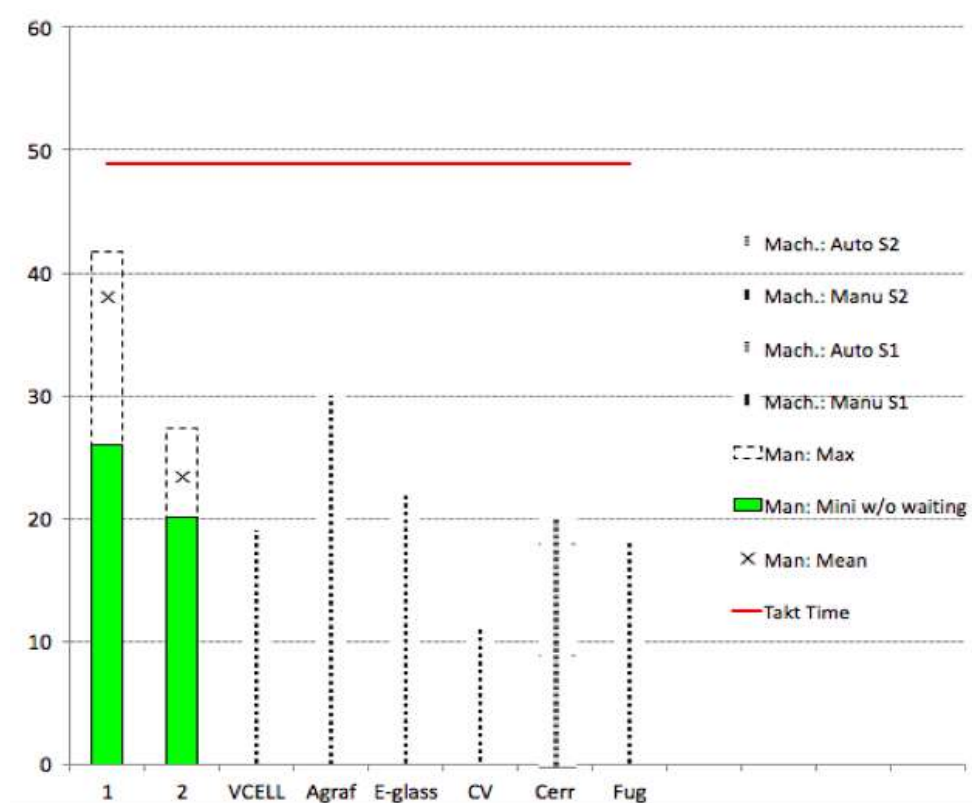
El potencial de productividad aumenta respecto a la primera fase. Con la configuración de operario de la fase 2, es posible alcanzar la demanda con cierto margen, puesto que teóricamente serían requeridos 2,25 operarios lo que está más próximo a dos que a tres. Sin embargo, con dos operarios no se alcanzaría la demanda exigida.

El potencial de productividad en la segunda fase (3 operarios) es mayor que en la fase 1 (dos operarios trabajando), de modo que la demanda en la fase 2 la demanda se cumple con un mayor margen de flexibilidad que en la fase 1.

4.6.6. Diagrama de Yamazumi o tiempo-ciclo

Se trata de un diagrama de columnas en donde se representa el tiempo necesario para cada operación (ya sea tiempo de máquina o del operario).

Fase 1 (dos operarios):



LEYENDA:

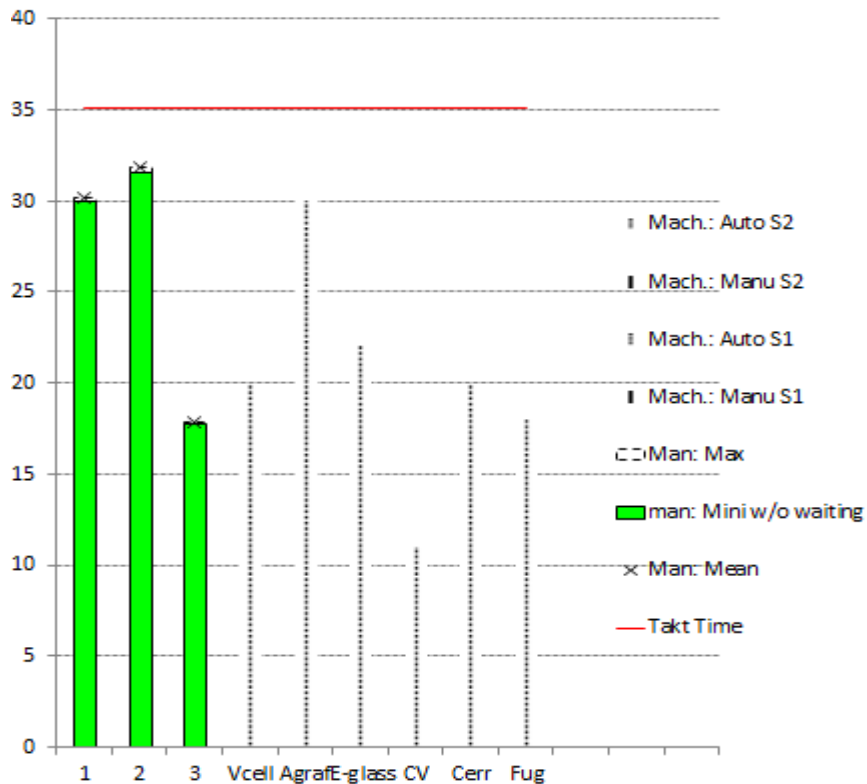
EJE HORIZONTAL: 1: Operario 1; 2: Operario 2; VCELL: Robot de soldadura; Agraf: Agrafadora; E-Glass: Inyectora E-Glass; CV: calibradora vertical; Cerr: cerradora; Fug: Fugómetro.

EJE VERTICAL: Tiempo en segundos

Imagen 4.33 Diagrama Tiempo ciclo de fase 1 en situación inicial

Tal y como puede observarse en ningún caso se supera el Takt Time de la línea, lo que es indicativo de que la línea si es capaz de producir la demanda exigida por el cliente. Además, puede apreciarse que el tiempo ciclo medio del operario 2 es mucho menor que el del operario 1.

Fase 2 (tres operarios):



LEYENDA:

EJE HORIZONTAL: 1: Operario 1; 2: Operario 2; VCELL: Robot de soldadura; Agraf: Agrafadora; E-Glass: Inyectora E-Glass; CV: calibradora vertical; Cerr: cerradora; Fug: Fugómetro.

EJE VERTICAL: Tiempo en segundos

Imagen 4.34 Diagrama Tiempo ciclo de la fase 2 en situación inicial

De la fase 1 a la 2, (es requerido un operario más por turno) disminuye unos 10 segundos el Takt Time (se requiere de una mayor velocidad de fabricación para cumplir las expectativas del cliente). Sin embargo, la velocidad de fabricación de cada operario (de los tres), sigue siendo inferior a la velocidad exigida por cliente. Por ello la máquina sigue pudiendo cumplir con las expectativas impuestas por cliente.

4.6.7. Indicadores: TRS

Con la industrialización se pretende mejorar el NO TRS, que es un indicador de las pérdidas de un sistema (indicador complementario al TRS). En el mes de mayo, estando la línea sin industrializar se registraron los siguientes datos de incidentes en la línea:

INCIDENTE	% PROMEDIO
CALIDAD	0,80%
CAMBIO DE REFERENCIA	12,60%
PARADAS PROGRAMADAS	10,40%
AVERÍA	7,42%
FALTA MATERIAL	0,53%
MICROPARADAS	10,18%

*Estos datos son la media de todos los datos registrados a diario a lo largo del mes de mayo.

**El porcentaje es el tiempo debido a cada uno de los incidentes respecto al tiempo de trabajo cada día (3 turnos de 8 horas, 24 horas de producción).

*** Puesto que las microparadas son difícilmente registrables (por la frecuencia y corta duración de las mimas), se calculan como la diferencia entre 100% menos el TRS obtenido en la línea menos el porcentaje debido a cada uno de los motivos de la tabla.

De la tabla se extrae que el principal motivo de NO TRS son los cambios de referencia. Seguido de las paradas programadas, cuya duración es conocida y posee un valor de 50 minutos cada jornada de ocho horas.

Por otro lado, el NO TRS por falta de material es mínimo, puesto que el personal de logística asegura la correcta alimentación de la línea de componentes.

La siguiente gráfica muestra el valor del NO TRS diario en el mes de mayo:

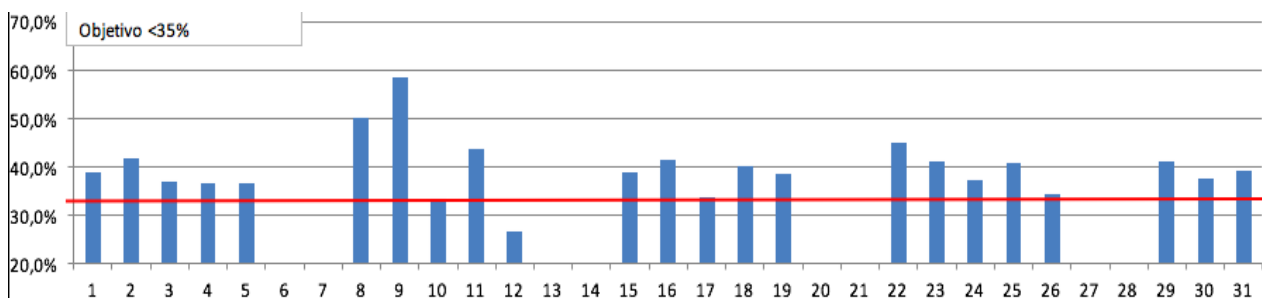


Imagen 4.35 Evolución del NO TRS de la línea a lo largo del mes de mayo de 2017

Se persigue obtener un NO TRS superior inferior al 35%, sin embargo, este objetivo apenas se alcanza un par de días. Aun con ello, este valor de NO TRS no es muy superior al objetivo (35%). A lo largo del mes presentado, el valor de TRS es siempre mayor que el de NO TRS.

El principal motivo de NO TRS por averías son los fallos producidos en la introducciona y agrafadora, y, en segundo lugar, fallos en la inyectora de E-Glass.

El TRS promedio en el mes de mayo es de 62,7%. La evolución de este indicador a lo largo del mes de mayo lo muestra la siguiente gráfica:

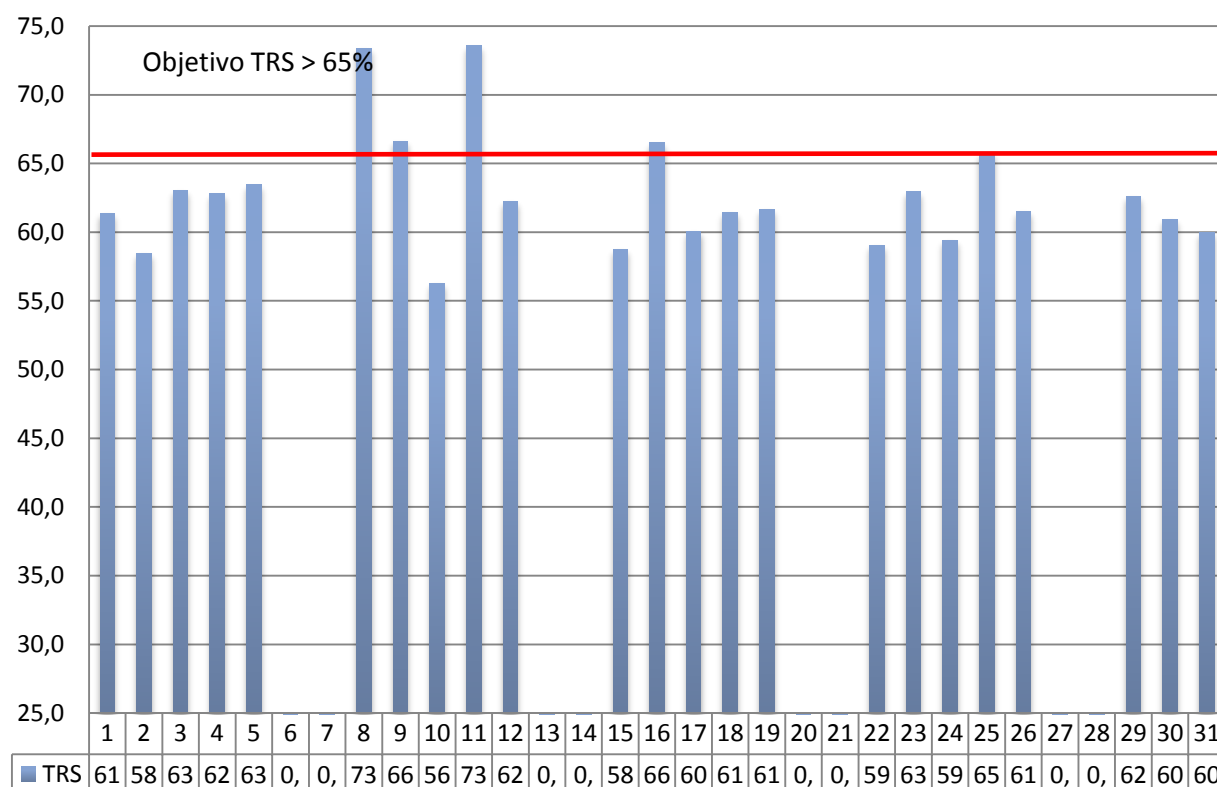


Imagen 4.36 Evolución del TRS de la línea a lo largo del mes de mayo de 2017

El volumen de scrap promedio a lo largo del año 2017 (desde enero hasta mayo) era de 903 unidades lo que suponía un gasto mensual de 1178 euros mensuales.

5. ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

5.1. Propuesta

Como ya se expuso en la justificación del proyecto, los dos motivos básicos por los cuales se planteó realizar una posible industrialización sobre la línea 270 fueron reducir costes y mejorar la productividad. Esta mejora en la productividad no será debido a un aumento en la producción de la línea, sino que se deberá a la obtención de unos mejores resultados (menos incidencias o defectos debidos al factor humano).

La propuesta presentada plantea una solución para la industrialización de la línea por la cual se tienen dos robots suspendidos sobre una estructura metálica.

Algunas de las ventajas por las que se ha planteado este proyecto son las comentadas a continuación:

- ❖ Reducción de la mano de obra directa.

El número de operarios trabajando nueve operarios al día, por tanto, la reducción de mano de obra directa será de seis operarios al día.

- ❖ Reducción del scrap de la línea debido al operario (manipulación de componentes, ensamblajes...) y del NO TRS. Desaparición de errores debidos al factor humano: olvido de alguno de los pasos, mal ensamblaje o colocación de alguna de las componentes...
- ❖ Ciclos de tiempo más homogéneos, así como un mayor TRS (debido a que el número de piezas correcta se espera, aumente).
- ❖ Ahorro de espacio al tener los robots suspendidos, hace posible que el suelo se encuentre desocupado de cables u otros dispositivos lo que facilita algunas tareas de cambio de utillajes, herramientas, limpieza de la línea.... Además, en caso de ser necesario realizar todas las operaciones en manual (producción de modelos del PQ26), los robots son recogidos en la parte superior de la estructura que los mantiene, y, al estar a unos tres metros no incomodan el trabajo de los operarios.

5.2. Consideraciones iniciales

Así como en el análisis de la situación inicial no eran de importancia los factores geométricos y de peso de los modelos, puesto que los utillajes de cada máquina ya están diseñados.

En cambio, al plantearse la automatización, estas características si son importantes, puesto que la elección de un modelo u otro del robot (por parte de la empresa externa) dependerá de las características físicas de la pieza.

Estas son:

Denominación motor	Referencia VW	Geometría	Dimensiones sección (mm)	Longitud (mm)	Peso (g)	% total del proyecto
1,0 MPI	2Q0253211L	Redonda tubo 45	Diámetro 141	450,5	3009	30
1,0 TSI	2Q0253211J	Redonda tubo 50	Diámetro141	430,5	3052	65
1,4 TSI	2Q0253211Q	Triangular tubo 50	Lado 172,6 Altura 156	625	4802	5

Por otro lado, también se recogieron las distancias existentes entre las máquinas, así como la altura de la zona de carga desde el suelo. Estos datos no son excesivamente necesarios a la hora de plantear la automatización (únicamente para la simulación del ciclo de trabajo), sin embargo, para programar los robots son imprescindibles. También es necesario conocer la posición en la que se realiza la carga/descarga (vertical, horizontal...).

Los datos inicialmente conocidos son:

Número de máquina	Máquina	Altura eje marmita y cuerpo desde suelo (mm)	Altura máxima marmita/cuerpos (mm)
1441	V-Cell, Robot de soldadura		1000
107	Agrafadora	1150	
1466	Inyectora E-Glass		1020
1445	Calibradora vertical		1015
1659	Cerradora		1030
930	Fugómetro		930

*Las distancias entre máquinas pueden extraerse del layout de la planta.

5.3. Implementación de robot o cobot

Inicialmente se discutió si la automatización de la línea debiera ser con robots o cobots (robots colaborativos). Finalmente se decidió que fuese con robots por los siguientes motivos:

- ❖ Separando el área de trabajo del robot de la del operario (mediante vallados perimetrales), es obtener tiempo ciclos menores al posibilitar en el robot su ajuste con unas mayores velocidades de movimiento sin generar ningún tipo de peligro. Sin embargo, los cobot, al estar diseñados para ser capaces de trabajar junto al operario sin ninguna separación de seguridad, su velocidad debe ser menor.

- ❖ La carga útil de un robot es mayor que la de un cobot. Mientras que la carga útil de los primeros es de unos 45kg la de los cobots es de unos 10kg. Puesto que el modelo de mayor peso, pesa casi 5kg y debe sumársele el peso de la pinza del cobot junto con los momentos generados al tener una carga desplazada, el valor estaría muy cerca del límite de carga útil de un cobot.
- ❖ Por otro lado, el alcance de un robot (2,6m en diámetro) es mucho mayor que la de un cobot (1,3m). Al tener un mayor alcance, los robots esto hace posible una menor redistribución de la línea y por tanto afecta en menor medida en caso de que la línea vaya a funcionar tras a industrialización tanto con los robots como en manual.
- ❖ Debido a las características generales de un robot y un cobot (carga útil y alcance), para el presente proyecto hubiesen sido necesarios dos robots o cuatro cobots. Además, la inversión (robot o cobot junto con sus correspondientes utillajes como son las pinzas del mismo) es inferior en caso de implementar robots.

Por todo ello, la decisión tomada fue la realizar la automatización de la línea instalando dos robots manipuladores suspendidos de una estructura a tres metros del cielo.

5.4. Requisitos

Partiendo de que la solución para la automatización consiste en instalar dos robots suspendidos en el techo, a continuación, se muestran algunos de los requisitos exigidos por la empresa que debe cumplir la automatización.

Estos requisitos son:

- ❖ Debe tratarse de una automatización válida para las tres del MQB, sin embargo, la programación debe quedar abierta para hasta 16 modelos diferentes (se irían implementando en un futuro).
- ❖ Durante la producción, las referencias del modelo se cargarán de forma independiente en cada máquina, además la pantalla HDMI del robot mostrará el programa cargado de manera que no será posible comenzar la producción en caso de que no todos los programas se encuentren correctamente cargados.
- ❖ Se procurará respetar el layout en la medida de lo posible.
- ❖ Al automatizar máquinas en las cuales el operario (trabajando en manual) realizaba inspecciones visuales, deben instalarse cámaras de visión para realizar dicha tarea. Estas cámaras serán las adecuadas de acuerdo con las condiciones lumínicas y posibles variaciones ambientales del lugar en donde son instaladas.
- ❖ Las pantallas táctiles de los robots se encontrarán accesibles al operario en una zona segura.

- ❖ Deberá asegurarse que la estructura que soporta a los dos robots es lo suficientemente resistente al trabajo de los mismos.
- ❖ Deben poder visualizarse en pantalla las señales referentes al flujo: "presencia de pieza", "permiso de carga/descarga", "pinza activada". Debe disponerse, además, de otras opciones como son: "vaciar célula", "llevar robot a posición reposo", "llevar robot a posición home".
- ❖ El funcionamiento de los robots será a través de señales tanto detectores de presencia de pieza como detectores de fin de ciclo de una cierta máquina. De manera que el robot se dirigirá a recoger una pieza y llevarla al siguiente puesto cuando reciba una de estas señales, pero no antes. Además, no podrá depositar pieza sobre alguna base donde en ese momento se esté recibiendo señal de presencia de pieza.
- ❖ El área de trabajo de los robots debe estar protegida con un vallado perimetral, así como otros dispositivos (sensores de seguridad de suelo). Este espacio de trabajo vallado deberá tener acceso mediante una puerta corredera. Del mismo modo, el área de trabajo compartida entre robot y operario (V-Cell) debe ser segura para éste último.
- ❖ En ningún caso debe ser posible que, estando un operario dentro del área de trabajo del robot, éste comience a funcionar.
- ❖ Puesto que, en la situación inicial el cuello de botella es la agrafadora y no uno de los operarios, tras la industrialización el cuello de botella no debe ser en ningún caso uno de los robots.

6.SITUACIÓN FUTURA

6.1. Introducción

A continuación, se presenta el análisis de la línea en una situación futura en la que la línea ha sido automatizada. La opción presentada a continuación se trata de una primera propuesta realizada, aunque se plantearon otras posibles soluciones a la industrialización de la línea. Las mayores diferencias entre las propuestas estudiadas, residían en variaciones en el layout, en la elección del modelo (o casa comercial) de los robots u otros dispositivos necesarios para la automatización (sistemas de seguridad, cámaras de visión, PLC...).

Para poder comprender en mayor medida algunos puntos del análisis (como el layout), antes de presentar el flujo de trabajo. Debe aclararse que, en la propuesta analizada, se dispone de dos robots suspendidos de una estructura metálica de 3 metros de altura.

Estos dos robots equivaldrían a dos operarios trabajando en dicha línea, aunque no es correcto comparar un robot con un humano puesto que el primero no tiene necesidades ni sufre fatiga... Así mientras que en manual eran requeridos tres operarios, tras la industrialización sólo será necesario un operario. Éste operario realizará la primera y última operación del proceso, encargándose del resto ambos robots.

Cabe aclarar que este análisis está basado en estimaciones, luego la solución final llevada a cabo (en caso de aprobar la automatización), podría variar en mayor o menor medida.

6.2. Layout (distribución en planta)

6.2.1. Introducción

La línea permanecerá en el lugar en el que se encuentra en la situación inicial, junto a la línea 271.

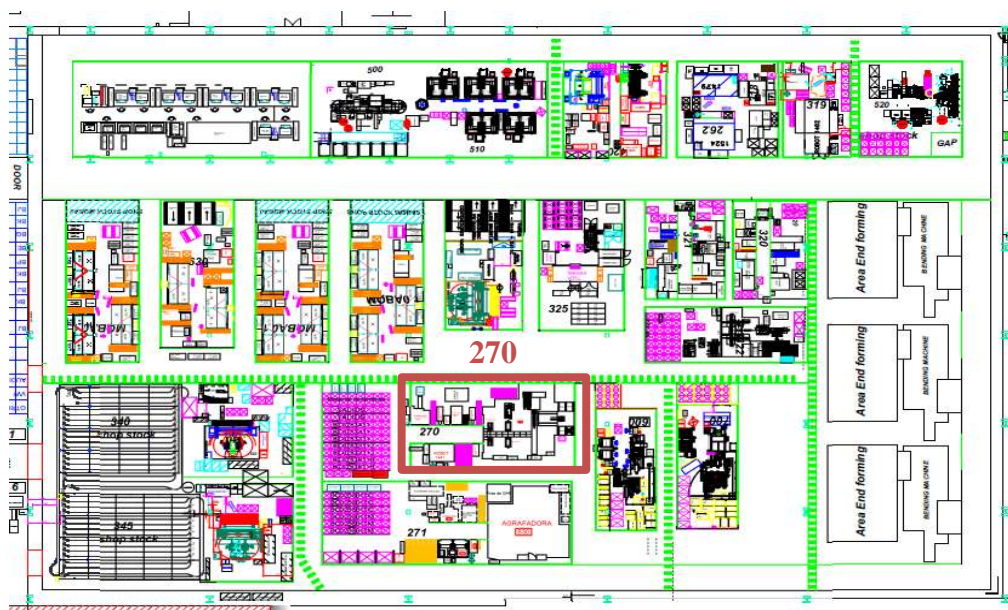


Imagen 6.1 Situación de la línea tras la automatización

6.2.2. Descripción general

El suelo ocupado por la línea, 170m^2 ($17,5\text{m} \times 9,71\text{m}$) en la situación inicial, seguirá siendo el mismo tras la automatización.

Sin embargo, el pasillo disponible para llevar a cabo la producción se reducirá, ya que, para garantizar el alcance de los robots a todas las máquinas estas deberán acercarse las unas a las otras. Se dispondrá por tanto de un pasillo de $7,35\text{m}$ de largo y $1,87\text{m}$ de ancho. Debe tenerse en cuenta que esta disposición debe ser adecuada tanto para un trabajo automático con el robot (modelos del MQB) como para una producción manual (modelos del PQ26). Es por ello que debe mantenerse un pasillo.

Así aunque para el robot sería más conveniente una anchura de pasillo menor (lo que permitiría tener un brazo menor) debe dejarse un espacio suficiente para que el operario sea capaz de desarrollar sus tareas de manera desahogada. Además, por normativa de Faurecia, el pasillo nunca podría ser inferior a $1,4\text{m}$.

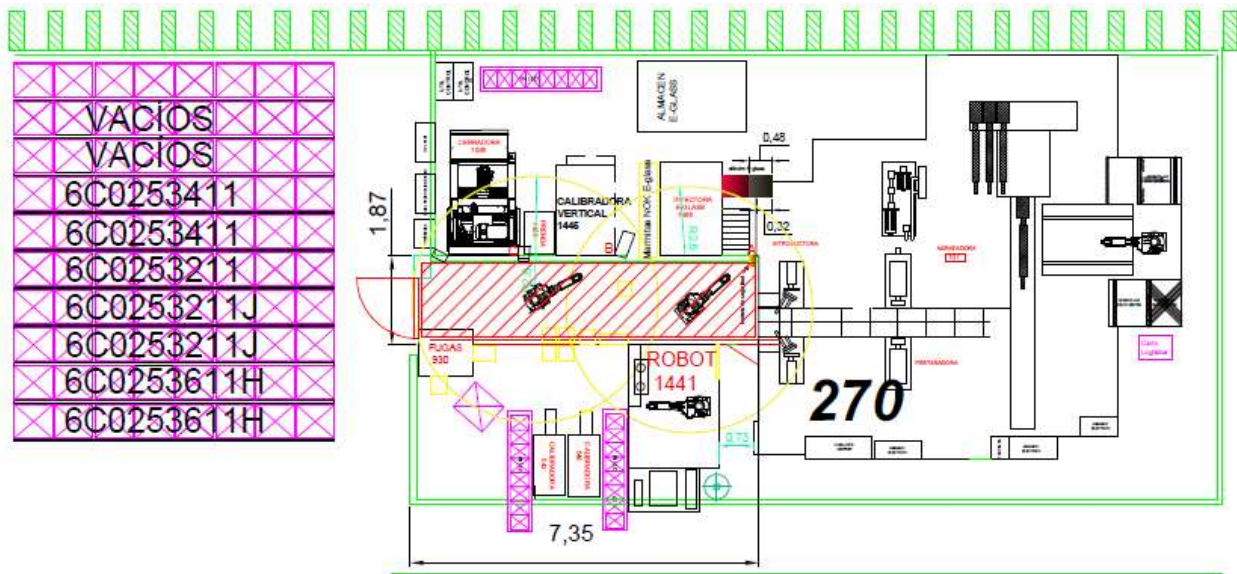


Imagen 6.2 Layout de la línea tras la industrialización

Al igual que en la situación inicial, la maquinaria es fija y los carros de componentes y producto final se colocarán de manera que se adecúen al flujo de componentes.

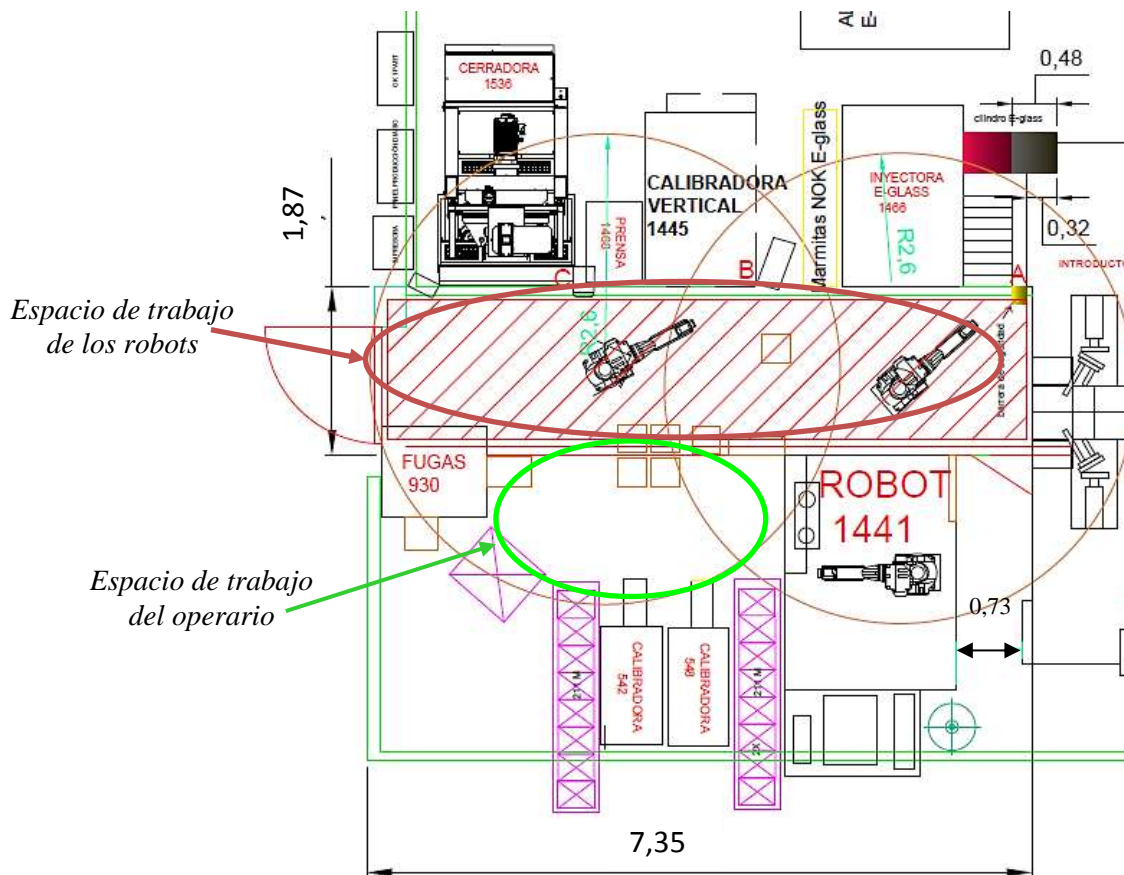


Imagen 6.3 Imagen ampliada de la línea con los robots

El área rayada en rojo de la imagen, es el área de trabajo de los robots. Este espacio se encontrará protegido tanto con un vallado perimetral como por sistemas de seguridad de suelo de manera que no sea posible el trabajo de robot y operario simultáneamente en esa área. Mediante esta solución el operario se situaría entre la V-Cell (robot de soldadura) y el fugómetro. Es en este espacio (zona de trabajo del operario) es donde se colocarán las cajas con componentes y contenedores de producto final.

El acceso a la zona de trabajo del robot es a través de la puerta corredera habilitada entre la cerradora y el fugómetro.

Puesto que los robots van a estar suspendidos del techo, es necesaria una estructura metálica que los sujete. Esta estructura metálica estará apoyada sobre ocho columnas unidas de dos en dos formando un pórtico en el pasillo central de la línea. En un principio esta estructura se planteó con siete columnas, sin embargo para garantizar una mayor resistencia y simplificar la estructura, finalmente se colocarán ocho columnas.

Sobre este pórtico de columnas descansará la estructura que sujeta a los dos robots suspendidos.

Puesto que se prevé una producción tanto en manual y automático según el modelo que en ese momento se esté fabricando, la estructura debe tener una altura tal, que, recogiendo los robots en el techo estos no entorpezcan el trabajo del operario. Por ello, la estructura tendrá una altura de unos 3.

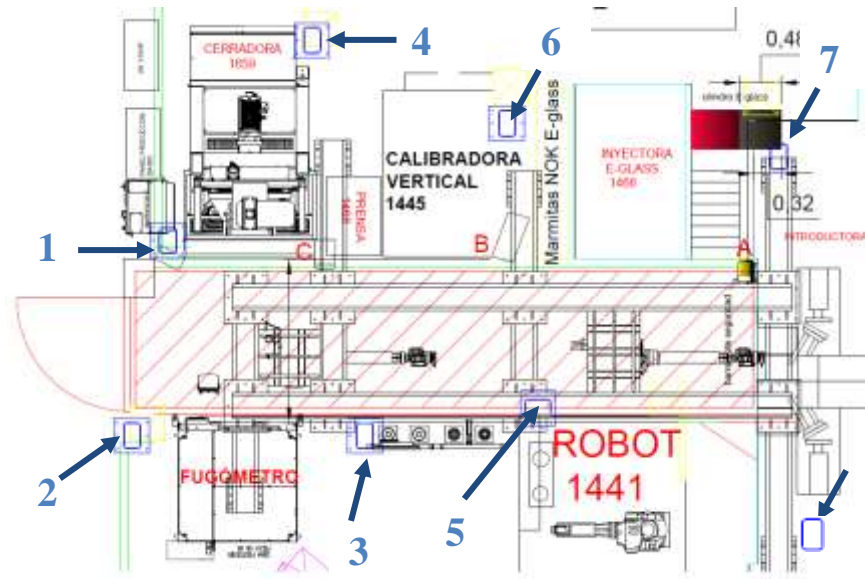
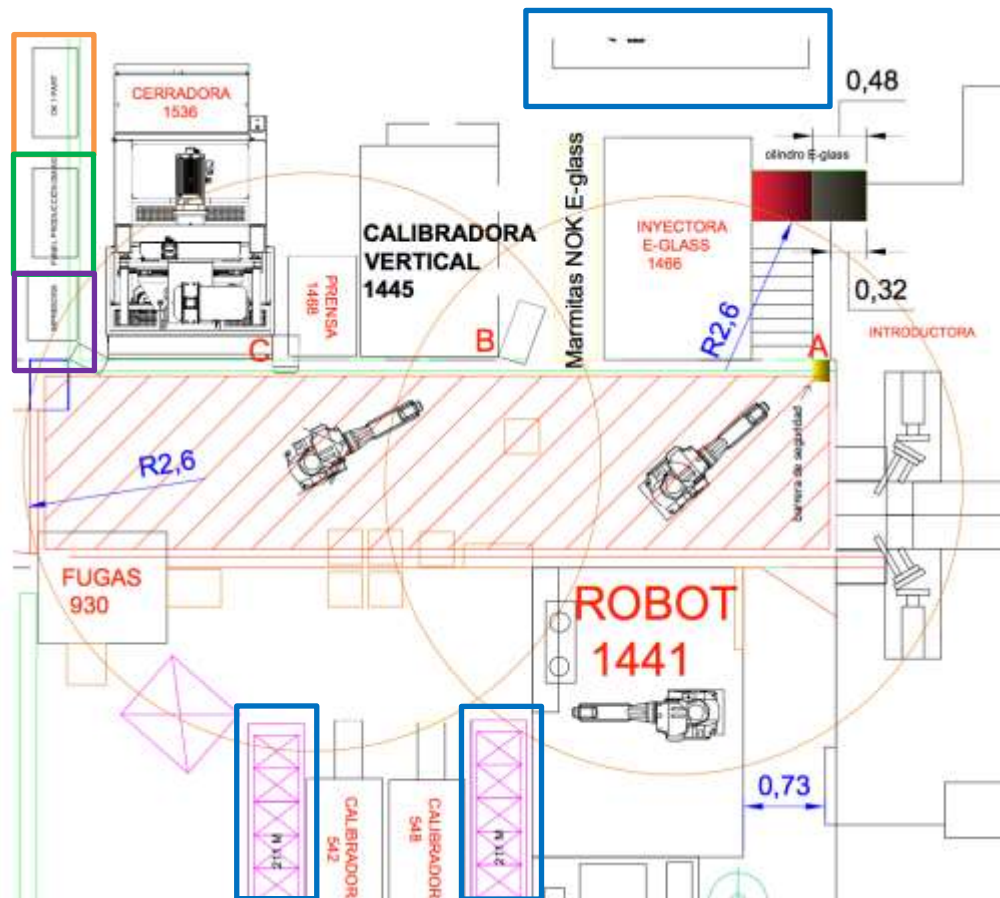


Imagen 6.4 Posición de las columnas de la estructura en la línea

6.2.3. Distribución con la industrialización

Al igual que en la situación inicial, el proceso productivo de la línea 270 requiere de seis máquinas diferentes. El nombre de las máquinas que intervienen se encuentran en la leyenda de la imagen inferior.

En cuanto a los alrededores de la línea, al igual que en la situación inicial, se encuentran otras zonas como son el puesto de primera pieza OK, los contenedores de producto final o los carros portantes de utillajes.



LEYENDA

■ MAQUINARIA	■ CARROS CON MATERIA PRIMA CONTENEDORES PRODUCTO FINAL	■ ABASTECIMIENTO
1. V-cell	■ PUESTO 1º PIEZA OK	■ PUESTO RECUPERAR
2. Agrafadora, pestañadora e introductora	■ CARROS CON UTILLAJES	
3. Inyectora E-glass		
4. Calibradora vertical		
5. Cerradora		
6. Fugómetro		

Imagen 6.5 Layout de la línea 270 con robots instalados. Alcance de los mismos marcado

Uno de los requisitos al plantear la automatización era respetar (en la medida de lo posible), el layout de la situación inicial. Esto es debido a que trasladar una cierta distancia algunas máquinas (principalmente las de mayor tamaño, como la agrafadora), supone un gasto extra de tiempo y personas, que se traduce en un mayor gasto económico.

En esta solución las máquinas serían acercadas al centro del pasillo (reduciendo así el pasillo central unos 30cm). Por otro lado, para reducir las distancias entre las máquinas, la V-Cell sería acercada a la agrafadora, reduciendo así unos 70 cm la distancia entre ambas máquinas. Lógicamente este traslado sería moviendo V-Cell puesto que se trata de maquinaria de menor tamaño y el impacto

económico será mucho menor que trasladar agrafadora (también deberían trasladarse la introductora y pestañadora).

Las máquinas siguen respetando en gran medida la forma en U que, según dictan documentos internos de Faurecia debe procurar que tengan las líneas para favorecer un flujo de trabajo claro.

Por otro lado, como puede apreciarse en la imagen el robot de soldadura es girado 90 grados, quedando su zona de carga hacia el fugómetro de la línea. A pesar de tratarse de una de las máquinas de mayor volumen (al disponer de dos células de trabajo), este giro es necesario puesto que en caso contrario, la zona de carga quedaría dentro del espacio de trabajo del robot. Y, debe recordarse que este espacio está protegido de tal manera que imposibilita que un operario trabaje de manera simultánea con el robot.

6.2.4. Descripción de la maquinaria

Las máquinas utilizadas (antes y tras la industrialización) siguen siendo las mismas y su cometido y actividad ya han sido descritas en el capítulo de situación inicial (4.2.4. Descripción de la maquinaria). Por ello a continuación únicamente se describen los cambios producidos en ellas para adecuarse a la posible automatización de la línea.

1. V-Cell:

La modificación más evidente del robot de soldadura es su cambio de posición. Como ya se ha explicado anteriormente, este giro es necesario para posibilitar la carga de la célula de los conjuntos premontados. Además, esta máquina se desplazará hacia la agrafadora, dejando entre ambas un espacio de unos 70 cm. Con esta acción se reduce el espacio existente entre ambas máquinas y facilitan los desplazamientos de componentes por parte del robot.

Se habilitará una segunda puerta en la célula de soldadura para así separar la zona de carga y descarga. Estos cambios son para garantizar la seguridad del operario al desarrollar su trabajo.

Con la propuesta presentada, se reducirán las zonas de trabajo a una sola célula de soldadura (de las dos que dispone) para ganar espacio.

Por otro lado, hasta el momento, se realizaba una verificación visual del estado de soldadura sobre el 100% de las piezas al ser descargadas de la V-Cell. La solución que se propone es instalar una cámara de visión para verificar los cordones de soldadura, de modo que el robot muestre a cámara el estado de soldadura y así validar (o no) la. En caso de no ser válida (pieza "NOK"), se recibirá un aviso de que debe separarse dicho conjunto soldado del flujo normal de trabajo.

Esta cámara de visión, mediante la descomposición de la imagen en píxeles es capaz de determinar si el estado de una soldadura es el correcto o no. Se evita así la subjetividad ocasionada por una verificación por parte del operario.

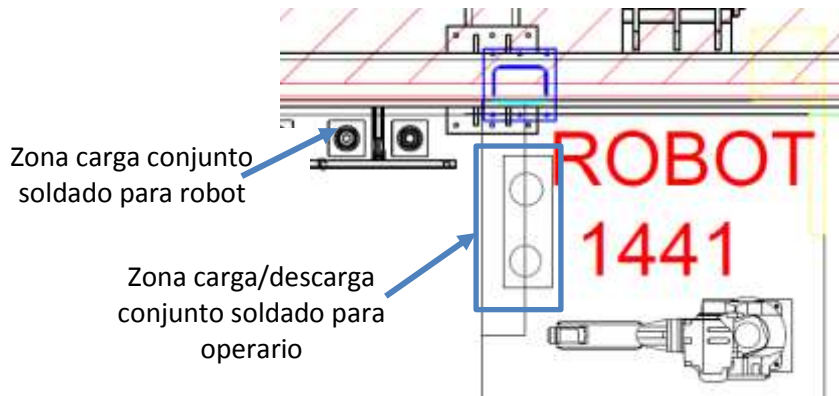


Imagen 6.6 Zonas de carga y descarga de V-Cell

2. Agrafadora, pestañaoa e introductora

El funcionamiento y posición de esta máquina se mantendrá igual que en una situación inicial. No sufrirá ningún tipo de modificaciones.

3. Inyectora de E-Glass

Sobre la inyectora de E-Glass se realizarán una serie de modificaciones y así adecuar esta máquina a un uso en automático. Trabajando en manual, una vez finalizado el ciclo, el operario debía asegurar que se había inyectado E-Glass y que este no desbordaba de la marmita. En caso de ser así, debía introducirlo con una herramienta. Además, antes de descargar el conjunto, deben colocarse las dos tapas exteriores para evitar que el E-Glass caiga. Al automatizar debe buscarse una solución a estos dos problemas

Tras automatizar la línea, para comprobar que el E-Glass no hubiese desbordado de la marmita se instalará una cámara de visión y así comprobar el estado de la marmita tras la inyección. Así, todas aquellas marmitas no conformes (con E-Glass desbordado o con defecto o exceso de este material) serán segregadas del flujo normal.

Por otro lado, para evitar que al descargar el robot la marmita el E-Glass desborde, se colocará una de las dos tapas exteriores sobre el utillaje de la inyectora antes de colocar sobre ella el conjunto en donde se inyecta el material.

4. Calibradora vertical

No sufrirá ningún tipo de modificación.

5. Cerradora

Esta máquina tampoco será modificada, manteniendo sus zonas de carga y descarga del mismo modo que durante un desarrollo del trabajo en manual.

6. Fugómetro

Se abrirán dos puertas de descarga una para piezas correctas y otra para defectuosas (piezas "OK" y "NOK"). De este modo el proceso segrega las piezas correctas de las incorrectas y el operario no debe verificar al término de cada ciclo si el valor de fugas es el adecuado o no. La descarga de piezas incorrectas se realizará a una rampa. Esta rampa evita la manipulación del operario de piezas. En cambio, las piezas correctas serán descargadas sobre la rampa tras lo cual el operario la recoja y coloque en un contenedor de piezas finales correctas.

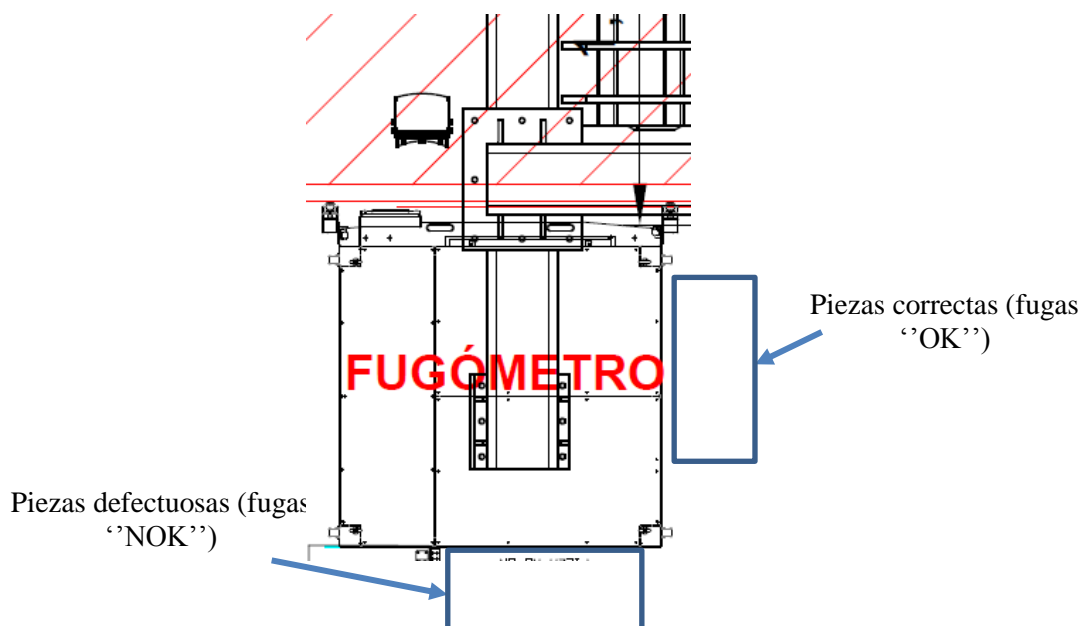


Imagen 6.7 Zonas de descarga en el fugómetro

Así con las modificaciones realizadas sobre el fugómetro, al finalizar un ciclo, en caso de ser una pieza incorrecta, se abrirá la puerta correspondiente a este resultado, y, al tener habilitada ya una rampa, la pieza se deslizará hasta el contenedor de piezas incorrectas y el operario no deberá descargar el conjunto. Por el contrario, si se trata de una pieza correcta, el operario sí deberá trasladarla al contenedor de productos finales.

7. Robot manipuladores

El cambio más significativo en la línea, es el de instalar dos robots suspendidos del techo de una estructura metálica. Se trata de robots manipuladores a los que se les agregaría una pinza metálica capaz de recoger el conjunto y trasladarlo de una máquina a otra. El modelo escogido en esta propuesta para ambos robots, es de la marca comercial Fanuc, concretamente el modelo M-710ic/45M. Las características generales de este motor son:

- ❖ Seis ejes de giro (J1-J6), cada uno de los cuales con un rango de movimiento ($^{\circ}$) y una velocidad máxima de movimiento.
- ❖ Alcance máximo: 2,606mm

- ❖ Capacidad máxima de carga en muñeca: 45 kg, lo que le ofrece un margen suficiente de seguridad puesto que las marmitas pesan entre dos y cinco kg.
- ❖ Repetitividad: $\pm 0,06\text{mm}$
- ❖ Peso: 570 KG



Imagen 6.9 Modelo FANUC M-710ic/45M

6.3. Diagrama de flujo

6.3.1. Componentes

Puesto que el proceso productivo permanece siendo el mismo, las componentes también. Recordar que las componentes necesarias para fabricar una marmita delantera son:

- ❖ Tubo interior entrada
- ❖ Tapa interior ciega
- ❖ Tapa interior pasante
- ❖ Chapa rectangular que conforma la envolvente exterior
- ❖ Material acústico, E-Glass
- ❖ Tapas exteriores (dos, idénticas)
- ❖ Tubo interior salida

Así pues, en total se requieren 7 componentes distintos, dependiendo del modelo.

6.3.2. Operaciones del proceso productivo

Las tareas necesarias para la fabricación de marmitas delanteras en la línea 270 se mantienen prácticamente igual antes y después de la industrialización.

Sin embargo, existen algunas diferencias en la secuencia de operaciones es que una de las dos tapas exteriores (concretamente la inferior), será colocada sobre la base del utillaje de la inyectora de E-Glass antes de colocar sobre ella envolvente. Tras lo cual se inyectará el material acústico. De igual modo, tras inyectar el E-Glass, el robot trasladará el conjunto a la cerradora, y a continuación, colocará la tapa exterior en la parte superior del conjunto.

La secuencia de operaciones será:

1. Soldadura y verificación de la operación con cámara de visión.
2. Agrafado y pestañado de la envolvente.
3. Introducción de los conjuntos soldados en la envolvente.
4. Colocar una de las dos tapas exteriores sobre el utillaje de la inyectora de E-Glass.
5. Inyección del E-Glass y verificación de la operación con cámara de visión.
6. Colocar conjunto sobre calibradora y a continuación la segunda tapa exterior sobre el conjunto.
7. Operaciones realizadas por la calibradora.
8. Operaciones realizadas por la cerradora.
9. Test de fugas sobre el conjunto.
10. En caso de ser un valor de fuga dentro de los límites tolerables, almacenar conjunto en contenedor de producto terminado.

A continuación, se muestra la secuencia de operaciones sobre el layout de la línea tras la automatización:

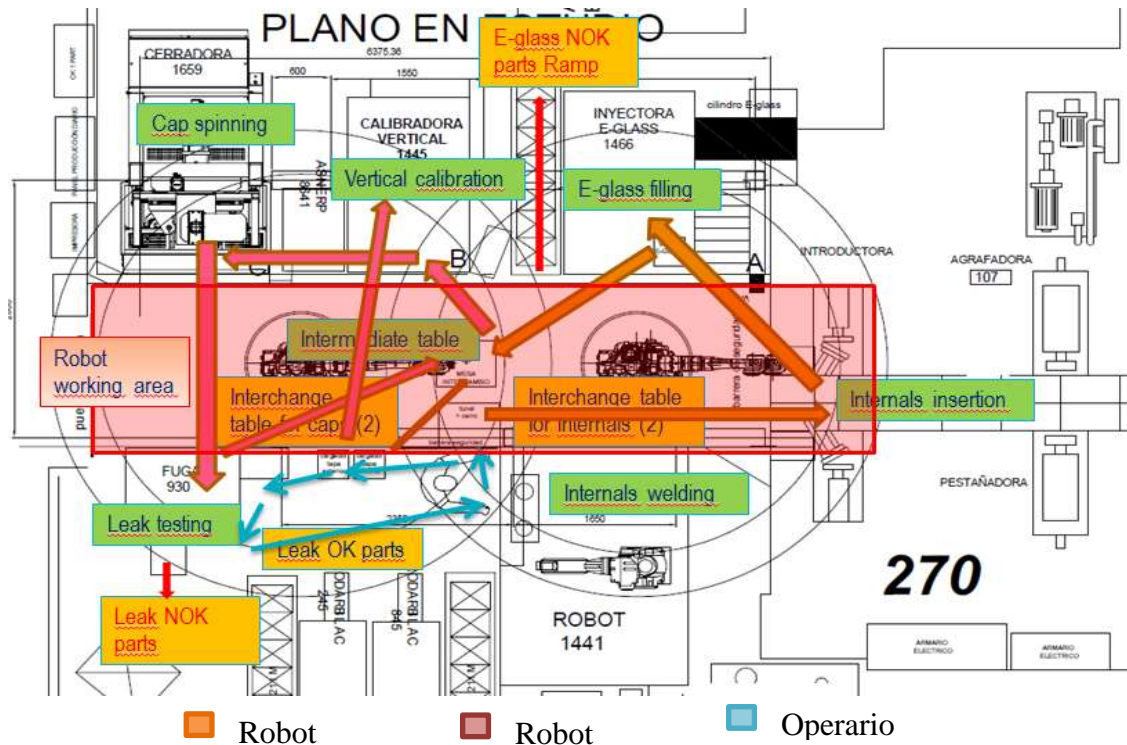


Imagen 6.10 Secuencia de operaciones sobre la distribución en planta

Como se observa, tras automatizar la línea, el operario únicamente se encarga de la primera y última operación, repartiéndose el resto de operaciones entre los dos robots instalados. Teóricamente el primer robot se encargaría de las operaciones desde la 2 hasta la 5, tras lo cual depositaría el conjunto en una mesa de intercambio. Así el segundo robot recogerá el conjunto de esta mesa y a continuación realizará las operaciones de la 6 a la 9.

El proceso productivo es:

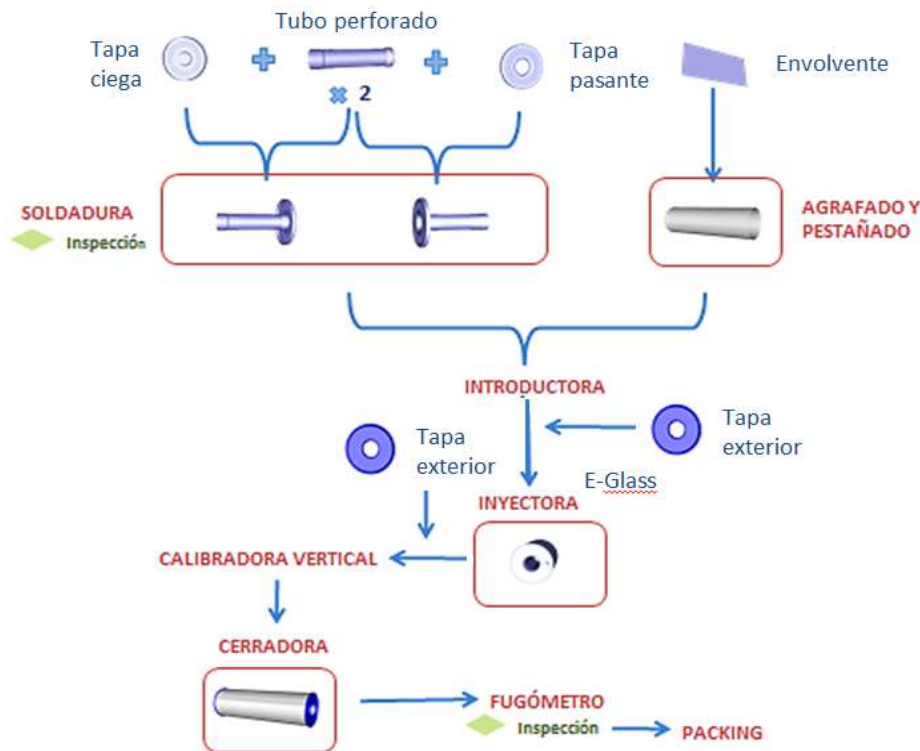


Imagen 6.11 Proceso productivo tras la industrialización

6.4. Demanda y producción

6.4.1. Introducción

Los datos que se presentan en este apartado son datos referentes a la demanda y producción que se espera tener en los próximos años de modelos de marmitas delanteras pertenecientes a la plataforma MQB.

Los datos recogidos de volumen de demanda son estimaciones que han realizado los propios clientes del producto. Por otro lado, los datos recogidos acerca de la demanda de producto son limitados

puesto que debe recordarse que la producción de estos modelos se inició en el año actual y que estos datos fueron recogidos al finalizar mayo.

6.4.2. Demanda de producto

Los volúmenes de demanda estimados de cliente entre los años 2017 y 2022 son los presentados en la siguiente tabla:

Designación	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTALES
1.0l MPI - Iberia TOTAL	105.325	114.962	108.673	105.582	106.735	98.764	640.041
1,0L 44/55kW MPI -VW	87.494	89.281	82.895	79.452	81.894	75.542	496.560
1,0L 44/55kW MPI -Seat	17.831	25.681	25.777	26.129	24.841	23.222	143.481
1.0l TSI - Iberia TOTAL	216.991	244.055	235.094	231.198	230.725	216.462	1.374.526
1,0L 66/81kW TSI - VW	126.901	129.491	120.230	115.237	118.778	109.566	720.204
1,0L 66/81kW TSI - Seat	90.090	114.564	114.864	115.961	111.947	106.896	654.322
1.5l TSI - Iberia TOTAL	8.040	9.337	8.962	8.804	8.758	8.126	52.027
1,5L 110kW ACT TSI - VW	5.343	5.452	5.062	4.852	5.001	4.614	30.324
1,5L 110kW ACT TSI - Seat	2.697	3.885	3.900	3.953	3.757	3.512	21.703
TOTALES	330.356	368.354	352.729	345.584	346.218	323.352	2.066.593

Estos volúmenes de demanda agrupados en una gráfica de columnas quedan:

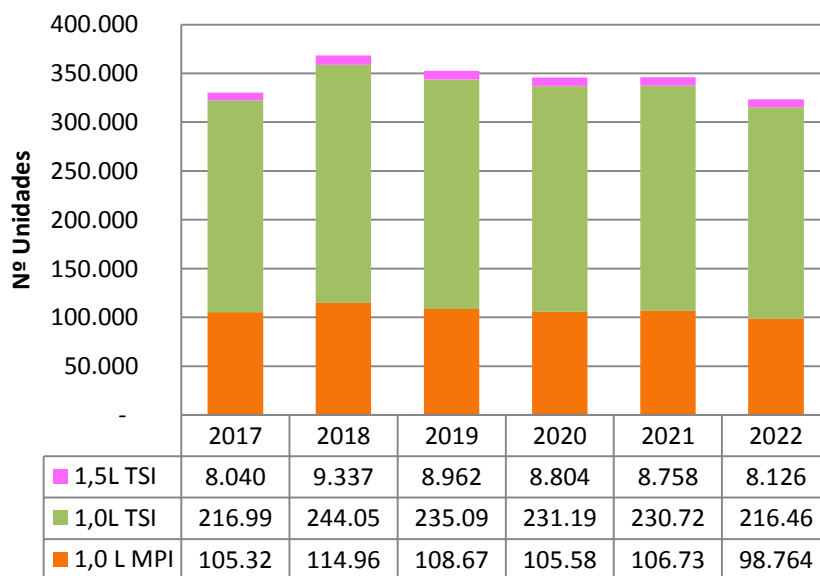


Imagen 6.12 Evolución de la demanda de producto entre los años 2017 y 2022

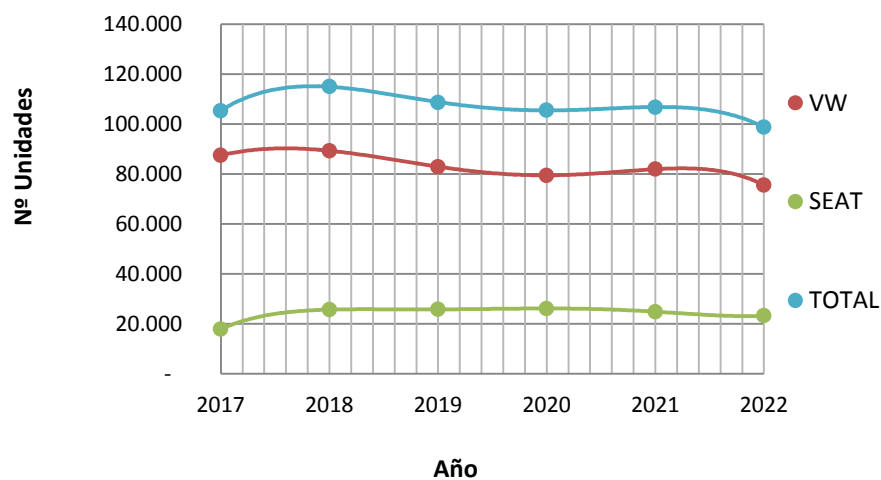
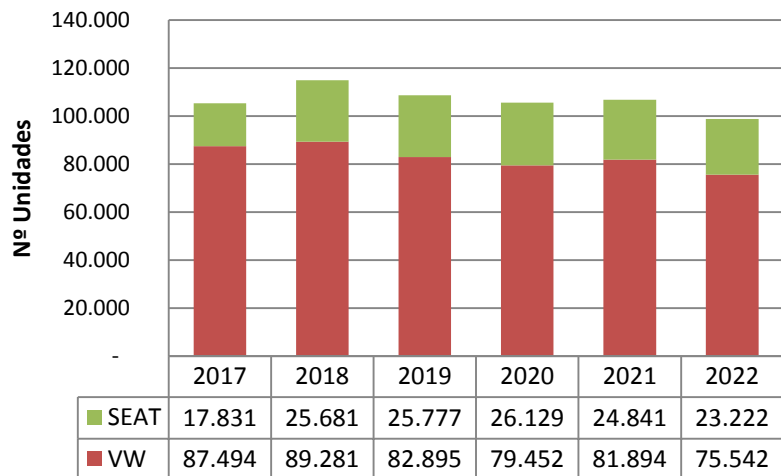
Como puede verse, la demanda a lo largo de los seis años se mantiene constante. Aun así, el pico de demanda total de productos (conjunto total de modelo) se alcanza en el año 2018, con 736.708

unidades, y, a partir de dicho año, el volumen de demanda irá decreciendo. En la gráfica se aprecia de manera clara, que el modelo más demandado será el 1,0L TSI (con 1.374.526 unidades); del 1,0L MPI serán requeridas 640.041 marmitas delanteras. Finalmente, con un volumen mínimo comparado con los otros, 52.027 unidades de 1,5l TSI. Los clientes de estas marmitas son fábricas del Grupo Volkswagen (principalmente Volkswagen Navarra) y de Seat.

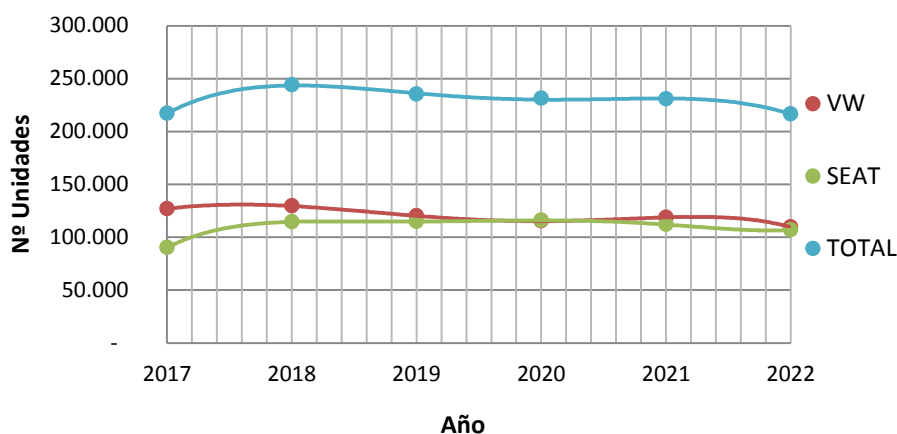
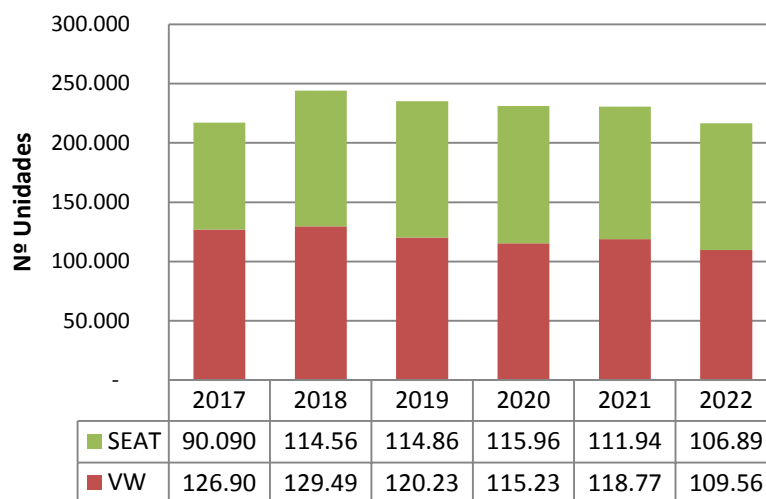
En el capítulo “5. Planteamiento de la automatización”, ya se expuso que el modelo 1,0L MPI suponía un 30% del proyecto, el 1,0 TSI el 65% y el 5% restante era el modelo 1,5L TSI. Estos datos confirman los porcentajes expuestos. En total se espera un volumen de demanda de 2.066.593 unidades de marmitas delanteras.

En cuanto a la demanda de producto de cada modelo a continuación se encuentran las gráficas que reúnen estos datos.

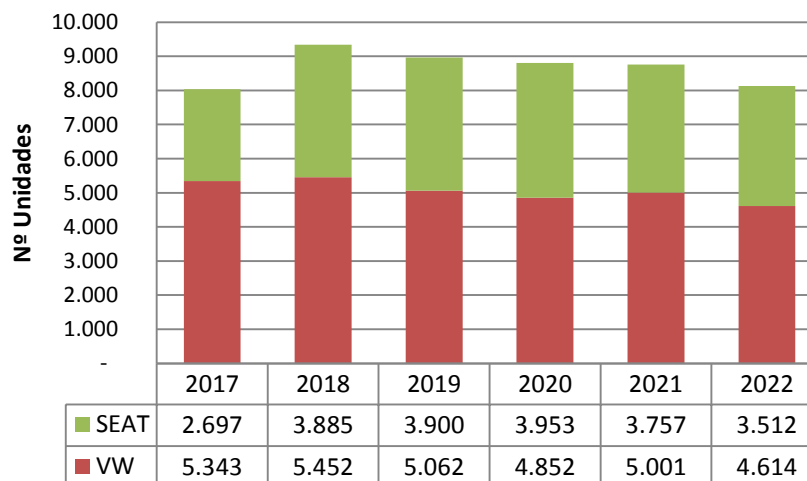
La de demanda de modelos con motor 1,0L MPI:

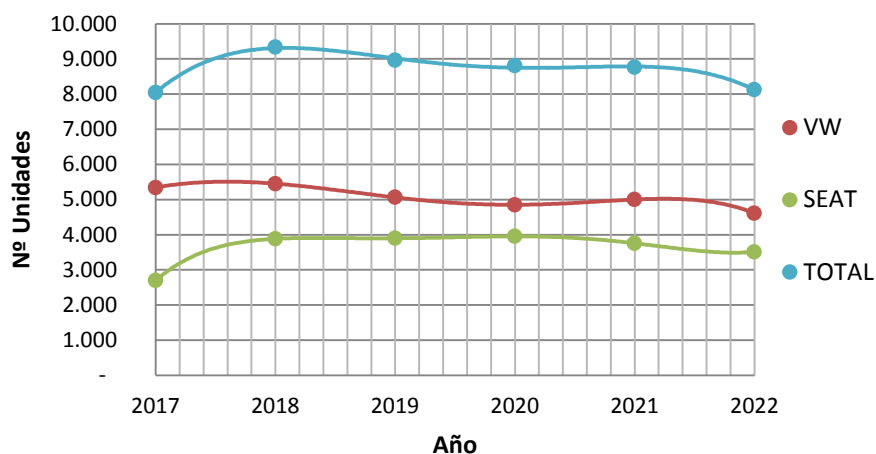


La demanda de modelos con motor 1,0L TSI:



La demanda para modelos con motor 1,5L TSI:





En los tres modelos el volumen de demanda de Volkswagen es mayor que el de Seat. En el modelo 1,0L MPI esta diferencia es la más pronunciada de los tres modelos comercializados, siendo la proporción aproximada de 4 a 1.

Por el contrario, en los modelos 1,0 TSI, la diferencia es mínima, llegando en un año incluso a ser el volumen de demanda de Seat mayor que el de Volkswagen. Esto ocurre en el año 2020 cuando se espera tener un volumen de demanda por parte de Seat de 115.961 mientras que el de Volkswagen sería de 115.237 unidades.

6.4.3. Producción de la línea

A continuación, se presentan tabulados los datos recogidos a lo largo del primer semestre del presente año acerca de la producción mensual de la línea 270. Los bajos volúmenes de demanda producidos mensualmente se deben a que, al comenzar este año la producción de modelos para el MQB, la producción se basaba mayoritariamente en productos de la plataforma PQ26. En los sucesivos meses puede observarse en la tabla el aumento en la producción de productos del MQB.

	1,0L TSI	1,0L MPI	1,5L TSI	TOTALES
ene-17	122	79	6	207
feb-17	240	0	24	264
mar-17	569	472	76	1.117
abr-17	764	937	88	1.789
may-17	1.438	563	101	2.102
TOTALES	3.133	2.051	295	5.479

Estos mismos datos representados en una gráfica de columnas:

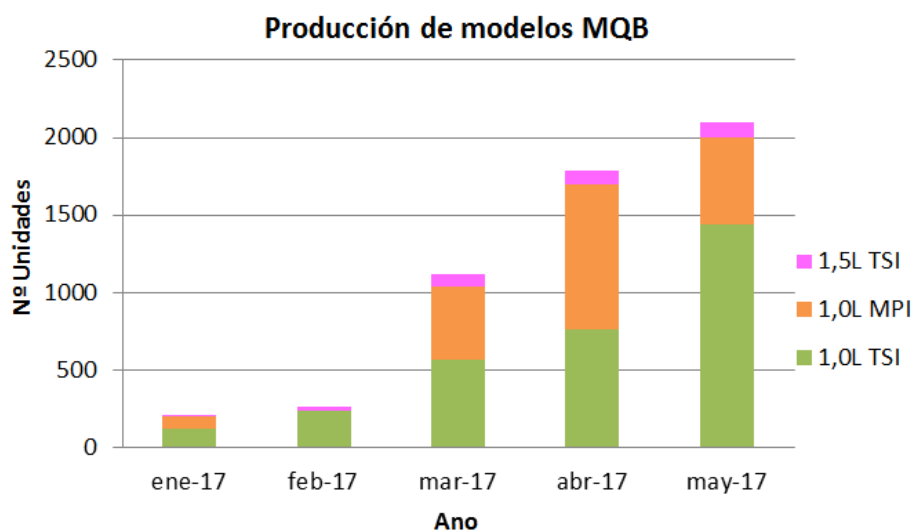


Imagen 6.13 Evolución de la producción en el primer semestre de 2017

Tal y como se había estimado con los volúmenes de demanda exigidos por cliente (Seat y Volkswagen), la mayor producción de marmitas es la perteneciente a modelos con motor 1,0L TSI, siendo su volumen de producción el doble que el siguiente modelo más fabricado (el modelo 1,0L MPI).

Por otro lado, la producción en el primer semestre de modelos para motores 1,5L TSI ha sido mínima, puesto que en casi seis meses únicamente se han fabricado 142 unidades.

La producción de estos productos sigue una evolución creciente, iniciando el año con una producción de 207 unidades entre los tres modelos, mientras que en mayo se fabricaron 2.102 unidades. En total han sido fabricadas 5.476 marmitas delanteras.

6.4.4. Ajuste de la producción con la demanda

En este caso no se puede proceder con el mismo análisis que en la situación inicial puesto que no se tienen datos comparativos en el mismo intervalo de tiempo, la demanda está estimada de aquí a 2022 (seis años) mientras que la producción únicamente es del primer semestre de este año.

Desde enero a mayo la producción de los diferentes modelos ha sido:

	1,0L TSI	1,0L MPI	1,5L TSI	TOTALES
TOTALES	3.133	2.051	298	5.476

Del mismo modo, la demanda estimada en el primer año de modelos del MQB fue:

	1,0L TSI	1,0L MPI	1,5L TSI	TOTALES	Tiempo
TOTALES	105.325	216.991	8.040	330.356	12 meses
	43.885	190.412	3.350	137.064	5 meses

Se puede apreciar una profunda diferencia entre la producción habida durante los primeros cinco meses (5.476 unidades) y la que se debería haberse realizado si la demanda se repartiese equitativamente (137.064 unidades). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en esta primera mitad de año es cuando se inicia la producción de estos modelos y debe ajustarse tanto las máquinas como herramientas y utillajes a los nuevos modelos. Debido a estos cambios lo usual es que se produzcan más fallos de lo habitual y por tanto la producción sea menor.

Es lógico suponer que una vez ajustada la línea a la producción de estos modelos, la actividad a partir de entonces se desarrolle de manera continua sin ningún tipo de incidentes. Es de suponer que a partir de junio y hasta diciembre de este año la producción de estas componentes debe ir aumentando para así llegar a alcanzar la demanda exigida por cliente. Tener en cuenta también que los datos de demanda son estimaciones realizadas en las que se supone hasta un 25% de variabilidad, no se trata de datos exactos, por lo tanto, en la realidad podrán variar.

6.5. Estudio de tiempos: Metodología utilizada

Este estudio de tiempos está basado en una simulación realizada sobre la línea suponiendo el trabajo de dos robots y un operario fuera de la zona de seguridad del robot. Aunque no es completamente correcto puesto que el robot no tiene fatiga ni necesidades que un humano sí, para continuar con el mismo procedimiento de análisis que en la situación inicial se supondrá el trabajo de un robot como el de un operario. De manera que con los dos robots instalados se completará la misma documentación para el estudio de tiempos que con un operario.

La descripción de esta documentación puede encontrarse descrita en el apartado "4.5. Estudio de tiempos: Metodología utilizada". El único documento que no se rellenará siguiendo la metodología descrita es el de Medida de Tiempo Ciclo (MTC), puesto que la simulación sólo mostraba cinco ciclos, no los veinte que teóricamente son necesarios.

6.6. Estudio de tiempos: Datos experimentales

6.6.1. Introducción explicativa

Al igual que en el análisis de la situación inicial, el estudio de tiempos (en el proceso de cronometraje) se hará respecto al modelo para motor 1,0 TSI, puesto que su volumen de demanda se espera sea el mayor (supone un 65% del proyecto). Además, junto con el modelo 1,0L MPI (procesos productivos prácticamente iguales), su tiempo ciclo, trabajando con tres operarios, será menor.

Entre ambas referencias suman un 95% de la demanda total puesto que la de la tercera referencia (1,4L TSI) puede considerarse prácticamente nula en comparación.

6.6.2. Takt Time

El Takt Time se mantiene el calculado en la situación inicial de trabajo con tres operarios (fase 2). Puesto que se ha tomado como dato de demanda el valor pico de demanda. Este dato fue una demanda en la semana 32 de 9.4850 unidades.

Otras suposiciones realizadas son:

- ❖ La línea tras ser automatizada permanecerá trabajando 24 horas, al igual que en la situación inicial.
- ❖ Se supone una media de 1,8 horas de parada por turno. De ellas:

Paradas programadas	Tiempo (minutos)
Top 5	5
Descanso 1	10
Descanso 2	10
Descanso 3	10
Mantenimiento preventivo	10
Limpieza de la línea	5
Cambio de referencia	50
Cambio de herramientas	10
TOTAL TIEMPO	1,8 h ≈ 110

El Takt Time por tanto es:

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}_{\text{año}}}{\text{Demanda de cliente}_{\text{anual}}} = 35,1 \frac{\text{seg}}{\text{pieza}}$$

6.6.3. Cronometraje

Está línea, tras ser automatizada trabajará del mismo modo que cuando lo había con tres operarios en manual. La industrialización no se lleva a cabo para reducir el tiempo ciclo, sino para mejorar los resultados obtenidos. De manera que la línea ya automatizada se asemejará a la misma sin automatizar. Los dos robots equivaldrían a dos operarios que desarrollan el trabajo, de este modo, la línea 270 trabajará como si contase con tres operarios (dos robots y un operario).

Recordando el análisis inicial, el tiempo ciclo de la línea 270 con dos operarios era de 42,9 segundos/pieza, pudiendo alcanzar una producción de hasta 84 piezas hora; mientras que con tres operarios el tiempo ciclo era de 31,3 segundos/pieza, alcanzando una producción horaria de 117,3 (117) unidades. Tras la industrialización, por tanto, se espera tener un tiempo ciclo de alrededor de los treinta segundos (teniendo en cuenta pequeñas diferencias debidas a la subjetividad del cronometraje tanto en la simulación con en la situación inicial). Estos datos son referidos al modelo 1,0LTSI, que es con el que se realizó el primer estudio de tiempos.

Tiempo de máquina:

Estos tiempos se tomarán como los recogidos en el análisis de la situación inicial. Los datos registrados son:

Máquina	Tiempo (segundos)			
	Toma 1	Toma 2	Media	En hoja TCT
V-Cell	19,65	19,41	19,03	19
Agrafadora-Introductora	30,96	30,40	30,68	30
Inyectora E-Glass	23,05	21,87	22,46	22
Calibradora	11,16	11,48	11,32	11
Cerradora	20,42	20,23	20,33	20
Fugómetro	18,37	18,53	18,45	18

Tiempo de operario y robots:

El registro del cronometraje junto con el resto de documentación relacionada (Hojas MTC, TCT y ETE), se encuentran recogidas en los Anexos. A continuación, únicamente se muestra sobre un esquema del layout de la línea la secuencia de operaciones que realizará tanto el operario como los dos robots.

OPERARIO: carga y descarga V-Cell, cargar conjunto soldado y tapas exteriores sobre mesas de intercambio, descarga de fugómetro y almacenamiento en contenedor de producto final.

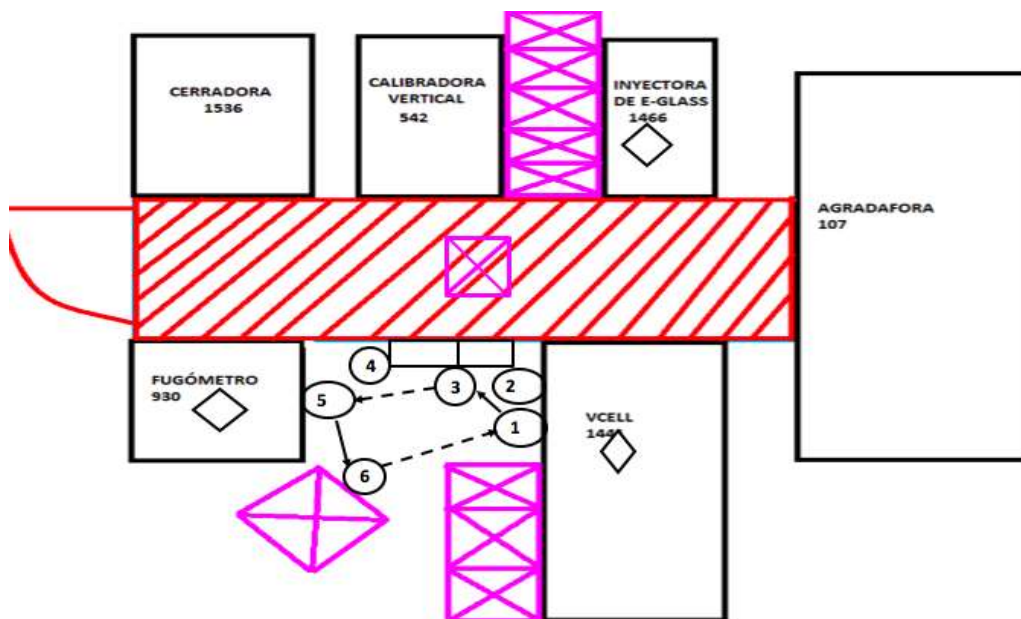


Imagen 6.14 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas tras industrializar la línea por el operario

ROBOT 1: descargar conjunto soldado de mesa de intercambio, carga y descarga de agrafadora, descarga y carga (de mesa de intercambio a base del utillaje de E-Glass) de tapa exterior, carga y descarga (sobre mesa de intercambio) de conjunto sobre inyectora de E-Glass.

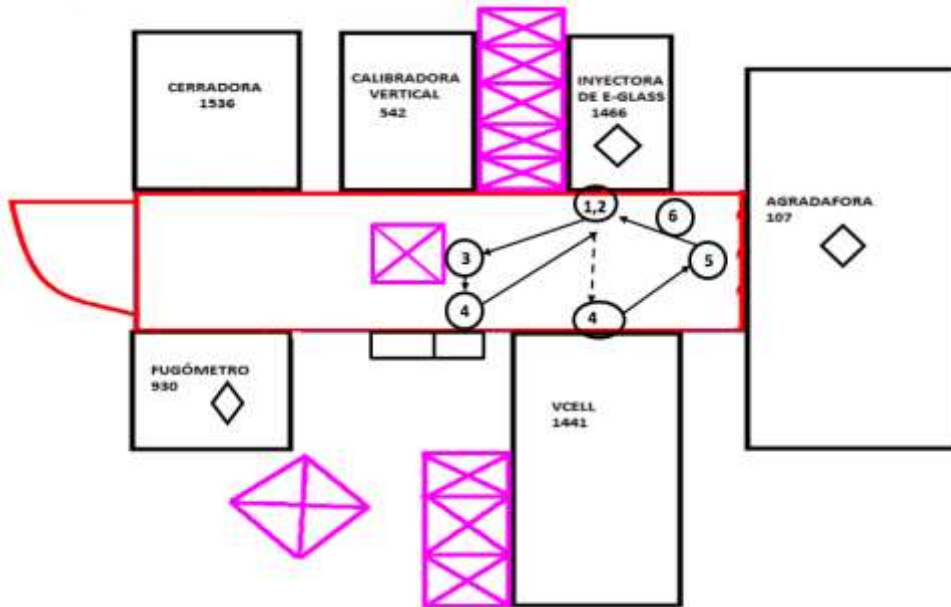


Imagen 6.15 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar tras industrializar de Robot 1

ROBOT 2: descarga de mesa de intercambio de conjunto procedente de inyectora de E-Glass. Carga, colocar tapa exterior (se encuentra en mesa de intercambio cargada por operario) y descarga de calibradora vertical, carga y descarga de cerradora y carga de fugómetro.

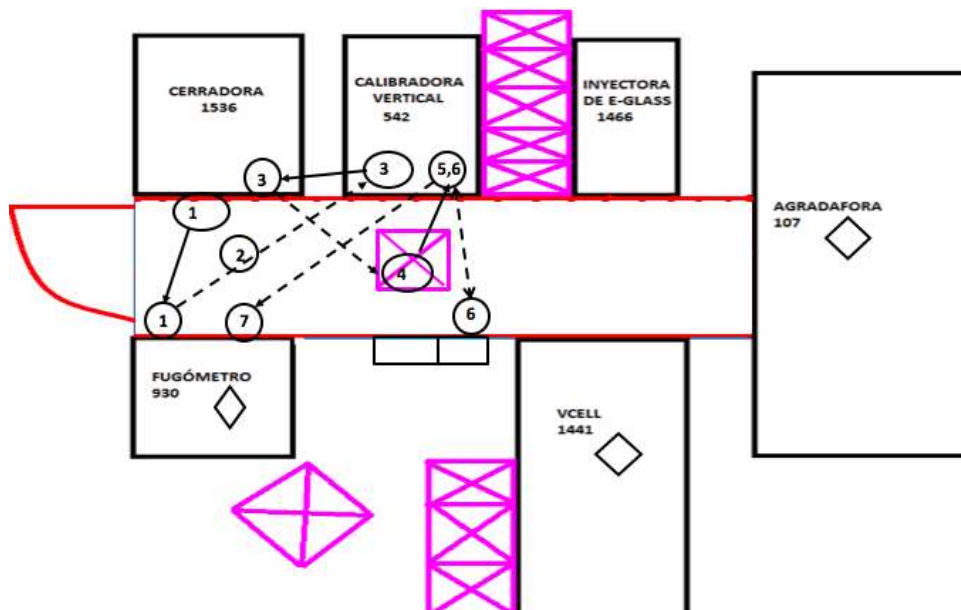


Imagen 6.16 Secuencia de tareas extraído del Esquema de tareas Estándar tras industrializar por Robot 2

6.6.4. Análisis de resultados obtenidos

Tras llevar a cabo el cronometraje se obtiene que el tiempo ciclo del operario sea de 33,2 segundos/pieza. Debe tenerse en cuenta que, al industrializar la línea, las operaciones periódicas (Frecuenciales) que antes eran repartidas entre todos los operarios; con la automatización todas deben ser realizadas por el único operario trabajando en la línea.

Son 10 actividades distintas con una duración y frecuencia diferentes. En conjunto el peso de las mismas es de 4,5 segundos. Por tanto, el operario necesita de 28,7 segundos para completar una pieza si éste tiene garantizado el suministro de componentes; y los 4,5 segundos restantes son los frecuenciales.

Debe procurarse que en ningún caso los robots sean cuello de botella y ralenticen el ciclo.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la industrialización de la línea se diseña sin apoyos o peanas intermedias junto a las máquinas sobre las que depositar el conjunto a cargar antes de descargar el ya colocado sobre la máquina. Es por ello que es necesario en primer lugar descargar la máquina para después cargarla. Se observa que los robots realizan el ciclo al revés de la secuencia lógica de operaciones, puesto que, en primer lugar, descargan la máquina para así poderla cargar a continuación.

6.6.5. Cálculo del contenido de trabajo

OPERARIO	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	17,7
Pasos/Desplazamientos	11
Peso frecuenciales	4,5
Contenido de trabajo (WC) en segundos	33,2

ROBOT 1	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	14,4
Pasos/Desplazamientos	11,5
Peso frecuenciales	0
Contenido de trabajo (WC) en segundos	25,9

ROBOT 2	
	Tiempo (s)
Operaciones Manuales	11,7
Pasos/Desplazamientos	16,3
Peso frecuenciales	0
Contenido de trabajo (WC) en segundos	28,0

En cuanto al número de trabajos teóricos requeridos:

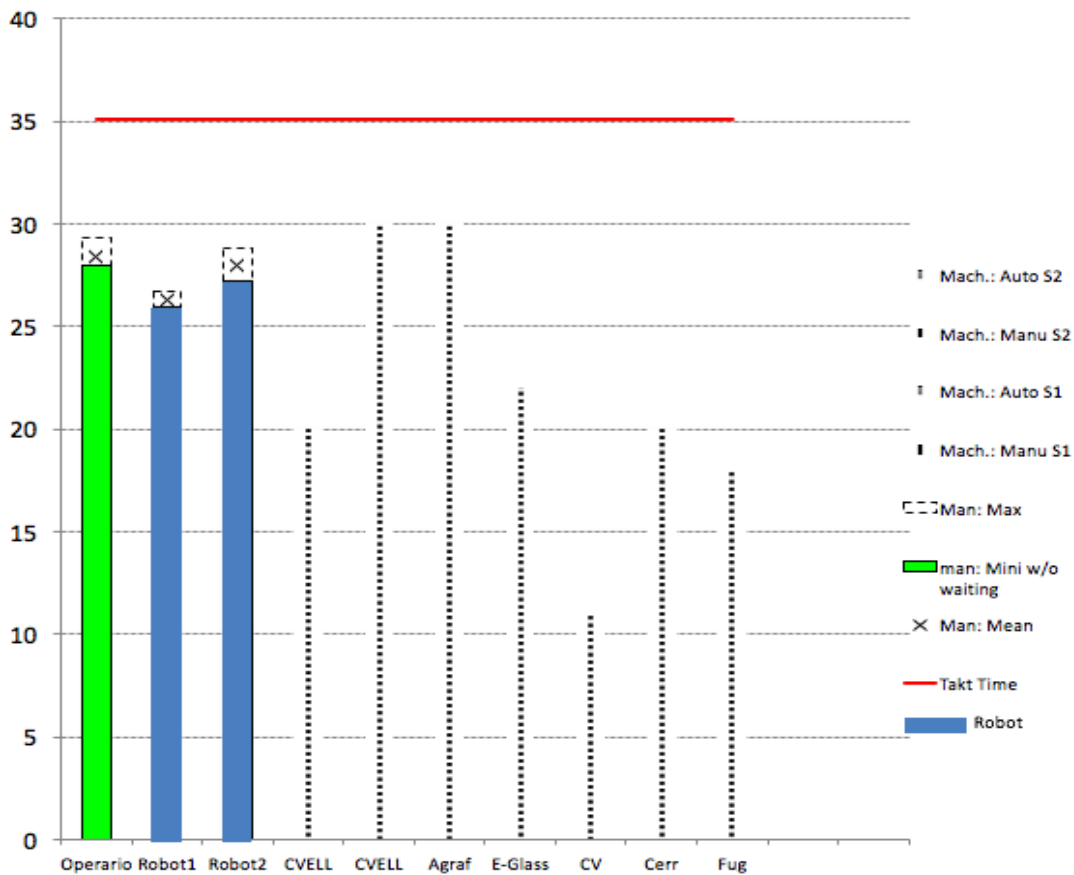
$$N^{\circ} \text{ teórico de operarios} = \frac{\text{Contenido de trabajo (WC)}}{\text{Takt Time (TT)}} = \frac{33,2 + 25,9 + 28,0}{35,1} = 2,48 \approx 3$$

Por tanto, el potencial de productividad quedaría:

Nº Operarios real	Nº Operarios teórico	Potencial de productividad
1 Operario + 2 Robots	2,48	0,52

Así, teniendo 1 operario y 2 robots se es capaz de cumplir con la demanda de cliente.

6.6.6. Diagrama Tiempo Ciclo



LEYENDA:

EJE HORIZONTAL: 1: Operario 1; Robot1: Robot 1; Robot2: Robot 2; VCELL: Robot de soldadura; Agraf: Agrafadora; E-Glass: Inyectora E-Glass; CV: calibradora vertical; Cerr: cerradora; Fug: Fugómetro.

EJE VERTICAL: Tiempo en segundos

Imagen 6.17 Diagrama Tiempo Ciclo de la línea 270 tras la industrialización

Puede apreciarse en el diagrama superior que, ni el contenido de trabajo del operario (aun teniendo que realizar este todos los frecuenciales de la línea) ni de los dos robots superan el Takt Time de la línea. De no ser así, la industrialización no sería válida, puesto que no sería capaz de cumplir con la demanda exigida de cliente.

6.6.7. Indicadores

Se espera reducir el NO TRS (reducir las pérdidas que tiene la línea). Por un lado, al automatizar la gran mayoría de tareas del proceso productivo, se espera mejorar la calidad del producto final al disminuir la manipulación del operario. Por otro lado, actualmente se producen seis referencias distintas, sin embargo, a lo largo de este año irá disminuyendo hasta prácticamente desaparecer la producción de modelos PQ26, por tanto, las paradas debidas a cambios de referencia se limitarán. Inicialmente, en el mes de mayo el porcentaje de NO TRS debido a cambios de referencia era de 12,60% (181,5 minutos mensuales); tras la industrialización se espera reducir este dato a un valor alrededor del 8% (115 minutos aproximadamente).

Además, el tiempo ciclo será más constante y repetitivo puesto que únicamente dependerá de un operario, ya que los robots mantendrán la velocidad de desplazamiento que se les haya especificado constante en todo momento.

Se reducirá el volumen de scrap en 40%, lo que reducirá el gasto mensual debido a scrap. Estos datos están basados en cálculos estimados realizados por el departamento de Calidad y Medioambiente.

Se estima que, tras la industrialización de la línea los nuevos valores serán:

MOTIVO	VALOR MENSUAL
Scrap	540 unidades
Coste del Scrap	705 €

7. ESTUDIO APROXIMADO DE COSTES

7.1. Introducción

En este capítulo se hace una estimación aproximada de los costes. Con ello se pretende conocer la inversión que va a suponer dicha automatización para la empresa, así como conocer el tiempo necesario para recuperar la inversión con los ahorros producidos.

Para considerar viable el proyecto económicamente no solo se debe recuperar el dinero en el plazo de entre uno y dos años (ya que se espera mantener el volumen de demanda e incluso aumentarlo).

El objetivo de la automatización no es el de reducir el tiempo ciclo, y con ello aumentar la capacidad productiva de la línea. Sino que se espera obtener unos mejores resultados teniendo menos volumen de piezas defectuosas o de scrap, lo que supondrá un cierto ahorro mensual. Aun con ello, el mayor motivo de ahorro en la línea es el ahorro de seis operarios diarios.

7.2. Inversión

El desglose de la inversión necesaria para automatizar la línea es la tabla presentada a continuación.

Producto	Cantidad	Descripción	Importe
Robots	1	Robot 1	37.850,00
	1	Robot 2	36.550,00
Mecanizado	1	Estructura Robot 1 y Robot 2	9.000,00
	1	Mesa de intercambio	3.450,00
	1	Mesa de intercambio 1	4.234,00
	1	Mesa de intercambio 2	4.435,00
Garra	1	Garra robot 1	6.540,00
	1	Garra robot 2	6.750,00
Complementos robot	1	Armario control + Ordenador	16.555,00
	2	Anticolisión	3.460,00
Seguridad	1	Radar (2) + Barreras (2)8241	8.241,00
	2	Paquete energético LEONI A EJE 6	5.450,00
Otros	1	Reja de seguridad TROAX. Equipada	2.954,00
	1	Cámara Cognex	4.859,00

Montaje	-	Montaje general	9.800,00
	-	Montaje Robot 1	1.800,00
	-	Montaje Robot 2	1.800,00
	-	Programación Robot 1	7.800,00
	-	Programación Robot 2	7.800,00
	-	Programación PLC Siemens	12.800,00
	-	Programación Ordenador	1.800,00
Transporte	-	Transporte	1.850,00
Documentación	1	Doc según CDC Faurecia	800,00
Total			196.578,00 €

Como se puede ver en el desglose del presupuesto aportado por la empresa encargada de la industrialización de la línea, la misma se encarga desde el proceso de programación, hasta el transporte y montaje del conjunto sobre la línea. No es necesario subcontratar a una empresa de transporte o a instaladores de la estructura.

La tabla engloba toda la inversión que deberá realizarse.

7.3. Ingresos

7.3.1. Ahorros

El ahorro más significativo es el debido a la reducción de 9 operarios diarios a únicamente 3. Conociendo el sueldo de un operario, es posible conocer el ahorro anual debido a operarios:

Reducción de operarios (nº)	Tasa horaria (€/hora)	Jornada laboral (h/día)	Días laborables al año (días/año)	Ahorro (€)
6	21,87	8	220	230.947,2 €/año

Por otro lado, mediante la industrialización se obtendrá una reducción en el scrap, lo que anualmente supone una reducción de 473 € mensuales debido a scrap.

Reducción de averías (%)	Gasto por scrap (€/mes)	Scrap promedio de la línea	Ahorro (€/mes)
40% (aproximadamente)	1178 € (inicio) 705 € (final)	903 unid (inicio) 540 unid (final)	473€/mes

7.3.2. Gastos suplementarios

No se considera interesante el gasto que supone el mantenimiento de la línea, puesto que, su funcionamiento sigue normal (igual que en la situación inicial).

Por el contrario, los robots sí requerirán de un mantenimiento extra que antes no se tenía en cuenta. Además supondrá un suplemento en el coste energético de la línea. Se estima que el coste anual del robot será:

Gasto	Coste inicial (€)	Coste anual (€)
Mantenimiento Robot 1	37.850,00	7.132,14
Mantenimiento Robot 2	36.550,00	6.937,14

*Se estima un mantenimiento con un coste anual del 15% de su precio inicial

7.4. Recuperación de la inversión

En primer lugar, se va a calcular el payback, es decir el intervalo de tiempo que debe transcurrir para recuperar la inversión realizada. Su método de cálculo es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Payback (años)} &= \frac{\text{Inversión realizada (€)}}{\text{Ahorro anual (€/año)}} \\ &= \frac{196.578,00 \text{ €}}{230.947,20 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 473 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} - 14.069,28 \frac{\text{€}}{\text{año}}} = 0,88 \text{ años} \end{aligned}$$

En un año, concretamente en unos once meses, la inversión realizada para automatizar la línea sería recuperada. Puede considerarse una inversión rentable ya que entre los años 2017 y 2018 la demanda de producto aumenta. Además, las estimaciones de demanda de productos son en un plazo de cinco años, permaneciendo durante este intervalo de tiempo lo suficientemente constantes.

Además, debe tenerse en cuenta que, aunque en este primer proyecto únicamente se automatizan tres modelos, los robots son capaces de ser programados en hasta 16 programas distintos (modelos distintos). Por lo que es posible automatizar en un futuro otras referencias.

Se trata de un payback bajo, sin embargo, es recomendable puesto que el sector automovilístico es cambiante, luego conviene recuperar la inversión en el mínimo espacio de tiempo posible.

8.COMPARATIVA SITUACIÓN INICIAL Y FUTURA. CONCLUSIÓN

8.1. Layout

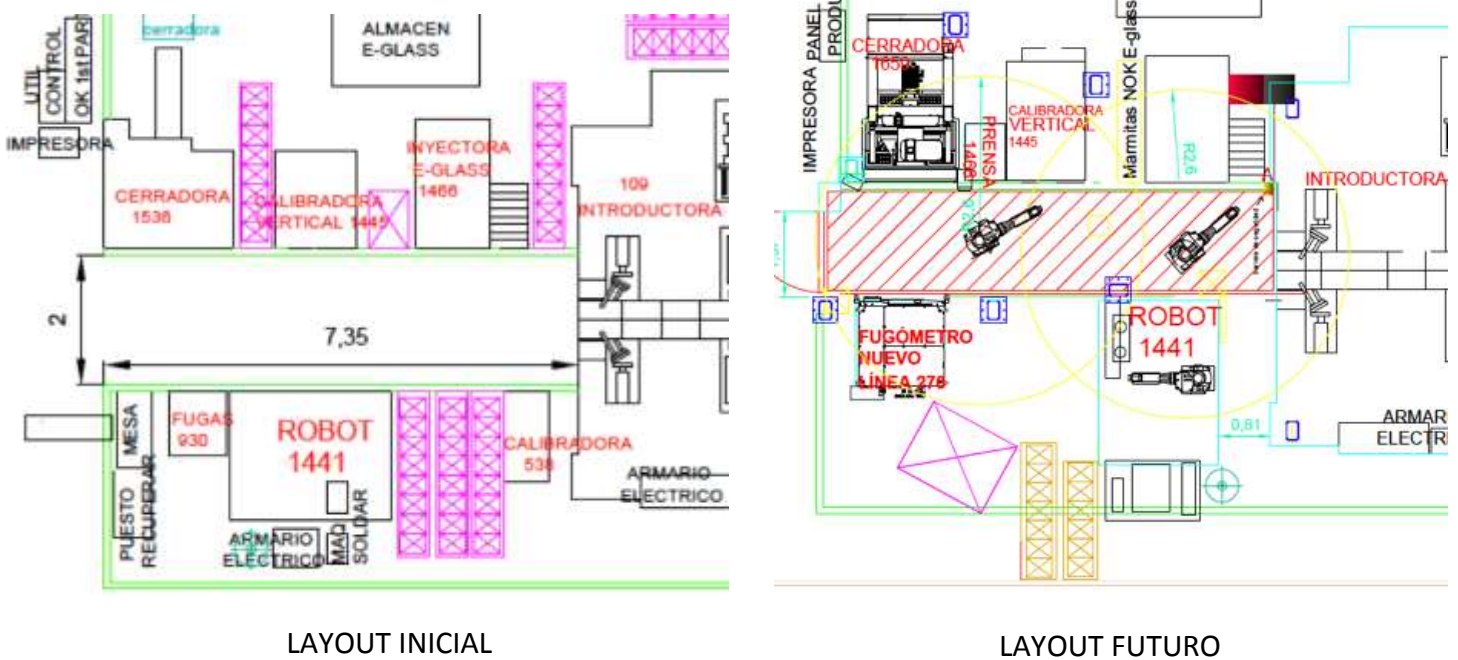


Imagen 8.1 Layout inicial y futuro

El layout antes y tras la industrialización varía en cierta medida, ya que no solo son adaptadas algunas máquinas para un trabajo autónomo de la línea, sino que además se introducen algunos cambios en la propia distribución de la línea.

Estas variaciones son:

En la V-Cell:

- ✓ Es girado 90° para poder ser cargado y descargado manualmente. Es acercado a la agrafadora para reducir la distancia entre ambas máquinas. Ganar espacio dejando disponible una única célula de la V-Cell
- ✓ Colocar una cámara que compruebe el estado de la soldadura y así reducir los errores debidos al componente humano.

En la inyectora de E-Glass:

- ✓ Instalar cámara de visión para comprobar que el material acústico no desborde.

En el fugómetro:

- ✓ Salida diferenciada de piezas OK y NOK sin necesidad de que el operario compruebe el valor de fugas.

El cambio más significativo de la línea, sin embargo, es la instalación de dos robots Fanuc, en medio del pasillo central suspendidos de una estructura de 3 m aproximadamente de altura. De esta manera, se permite trabajar en manual al poder ambos robots recogerse en el techo. Con la solución presentada, al

dejar el pasillo libre central, facilita tanto el trabajo de operario como otras operaciones de limpieza, cambios de referencia, de herramientas...

Se instalará un vallado de seguridad para proteger la zona de trabajo de los dos robots. En las zonas de intercambio operario-robot o robot-robot se instalarán mesas de apoyo intermedias para realizar el cambio.

Para facilitar el desplazamiento y manipulación de los componentes en las máquinas por el robot, se reducirá la anchura del pasillo (aunque no de manera considerable). Se pasa de un pasillo de 2,2 m a otro de 1,87m. Debe recordarse que, por normativa de la empresa, en cualquier línea en la que se trabaje manualmente debe respetarse un pasillo mínimo de 1,4m. Además la línea, para modelos del PQ26 se seguirá trabajando en manual.

8.2. Diagrama de flujo

Puesto que la automatización no viene acompañada de un cambio en el producto producido, ya que previamente (a lo largo del año en curso) se han fabricado los tres modelos nuevos pertenecientes a la plataforma MQB, los componentes necesarios para fabricar el producto no varían. Para la producción son necesarios siete componentes diferentes para la obtención de una marmita delantera, y que, en algunos de estos componentes eran necesarios más de una unidad.

Sin embargo, al automatizar, el orden seguido en la realización de las operaciones sí varía. Algunos de estos cambios se enumeran a continuación:

- ✓ Mientras que un operario es capaz de cargar y descargar en una misma operación (apoyando uno de los dos conjuntos en cualquier superficie disponible), al automatizar la línea esto ya no es posible. El robot deberá descargar en primer lugar la máquina, transportar dicho conjunto a la siguiente máquina, cargarlo. Es entonces cuando puede cargar el primer conjunto (situado en la máquina previa a la que ha sido descargada) y cargarlo sobre la primera máquina comentada.
- ✓ Se requieren tres mesas de intercambio para: carga de tapas exteriores, carga de conjunto soldado e intercambio entre inyectora E-Glass y calibradora vertical. Estas mesas de intercambio entre ambos robot y operario-robot no existían en el trabajo manual.
- ✓ Las tapas exteriores, que, en manual el operario las colocaba simultáneamente tras inyectar el E-Glass y antes de introducir el conjunto en la calibradora; con la línea industrializada se colocan en diferentes momentos. Así, la inferior es colocada sobre la base del utillaje de la inyectora y antes de cargar el conjunto en dicha máquina. Mientras que la superior es colocada tras cargar el conjunto (con la tapa inferior ya colocada) sobre la calibradora vertical.

8.3. Demanda y producción

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
Producción	156.404	238.349	238.349	En curso	-	-	-	-	-	-
Demanda	161.883	287.937	330.938	330.356	368.354	352.729	345.548	356.218	323.352	2.847.351

A excepción del intervalo entre 2014 y 2016, donde la demanda de marmitas crece, a partir de entonces y hasta el año 2022 (año hasta donde se tienen estimadas los volúmenes de demanda esperados), se mantiene constante entre las 330.000 unidades.

Por otro lado, entre la producción y demanda existe una cierta diferencia, debido a que la demanda son estimaciones realizadas por el cliente al inicio del proyecto de la plataforma (PQ26 entre los años 2014 y 2016 y MQB entre 2017 y 2022) a largo plazo.

8.4. Tiempos

Los datos recogidos de tiempo son los siguientes:

FASE 1 (Dos operarios)	Takt Time	Medida	Operario 1	Operario 2
	48,85s	Tiempo de trabajo (s)	42,9	33,8
		Frecuenciales (s)	4,3	1,4

FASE 2 (Tres operarios)	Takt Time	Medida	Operario 1	Operario 2	Operario 3
	35,1s	Tiempo de trabajo (s)	30,7	31,2	22,3
		Frecuenciales (s)	3,4	1,1	1,1

FINAL (1 operario + 2 robots)	Takt Time	Medida	Operario 1	Operario 2	Operario 3
	35,1s	Tiempo de trabajo (s)	33,2	25,9	28,0
		Frecuenciales (s)	4,3	0	0

Debido al aumento en la demanda, fácilmente comprobable con el aumento del Takt Time durante la fase inicial, fue necesario pasar de trabajar de dos trabajadores a tres en la línea.

La industrialización se plantea para reducir costes y aumentar la productividad. Esto no se debe a la reducción del tiempo ciclo y obtención una mayor producción (por ende unos mayores beneficios). Sino que es debido a unos mejores resultados en la pieza final (menos defectos en las mismas), debido a la reducción en las operaciones realizadas por el operario.

Así pues, en la industrialización, los dos robots instalados "sustituyen" el trabajo realizado por dos de los operarios.

Se analizó el TRS y NO TRS registrado durante el mes de mayo de 2017, obteniendo un valor medio mensual de 62,7% del TRS y 37,3% de NO TRS. El NO TRS registra todos los incidentes (paradas) que hacen reducir la efectividad de la línea. Estas son debidas a: análisis de calidad, averías, cambios de referencia, paradas programadas, falta de material y microparadas... Se espera reducir los tiempos de parada debido a cambios de referencia, así como por errores de calidad, y por tanto mejorar la efectividad general de la línea.

Al mejorar la calidad de los productos finales, se espera reducir hasta en un 40% el volumen de scrap, lo que repercutirá en un ahorro mensual por gastos de retrabajos en las piezas. Esto supone un ahorro mensual promedio de 432€ (reducción de un volumen medio de 363 unidades).

8.5. Costes

La inversión inicial en la que se incluye compra de equipos, programación de robots e instalación y montaje de los robots en la línea, asciende a 196.578 euros. Este proyecto, como ya se ha dicho, supone un ahorro de seis operarios al día, con un coste por operario de 21,87€/hora, se ahorran 230.947,20€ al año. Por otro lado, debido a la mejora en la calidad de las piezas y a una reducción de un 40% del scrap, la línea ahorrará 473 euros mensuales.

Por tanto, la inversión será recuperada en 0,88 años lo que equivale a once meses. Se considera aceptable.

8.6. Conclusiones

Puesto que en menos de un año se habrá recuperado la realizada y además la se espera se mantenga lo suficientemente constante hasta el año 2020, puede considerarse rentable la inversión. Puesto que el sector automovilístico es cambiante, las empresas dedicadas a este sector se encuentran en constantes cambios luego conviene recuperar en el menor tiempo posible la inversión realizada.

Además, la solución propuesta, instalar los robots suspendidos de una estructura metálica, facilita tanto actividades cotidianas (tanto trabajando en manual como en automático) como pueden ser cambios de referencias, de herramientas, mantenimientos de la propia línea... entre otros; como también la propia producción en manual de algunos modelos. Ya que todo el suelo queda disponible para ser utilizado, se ahorra espacio.

Además, los cambios necesarios en el proceso son mínimos a excepción de las mesas de intercambios instaladas en la línea para facilitar el intercambio entre operario y robot como entre ambos. Además, es un ahorro considerable el de reducir de nueve operarios diarios a únicamente tres.

9.BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Documentación y normativa interna facilitada por la empresa. Intranet del Grupo Faurecia.
- ❖ A. Chamorro, F.J. Miranda, S. Rubio y T.M. Bañegil, *Manual de Dirección de Operaciones*, Madrid, España: Paraninfo, 2004.
- ❖ B. Salazar, "Estudio del trabajo", *Ingeniería Industrial Online*, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>. [Accedido en 13-jun-2017].
- ❖ D. Zamora, J.M. Aguirre y M.M. Rodríguez, *Organización y Métodos de Trabajo*, Madrid, España: Pirámide, 2002.
- ❖ FANUC, [En línea]. Disponible en: <http://www.fanuc.eu/es/es>. [Accedido: 13-jun-2017]
- ❖ Faurecia: Global leader in automotive equipment, [En línea]. Disponible en: <http://www.faurecia.com/en>. [Accedido: 13-jun-2017].
- ❖ G. Janawaty, *Introducción al estudio de trabajo*. Ginebra, FR: Oficina Internacional del Trabajo, 1996 (cuarta edición revisada) [En línea]. Disponible en: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>. [Accedido: 13-jun-2017].
- ❖ MTMI Ingenieros, [En línea]. Disponible en: <http://mtmingenieros.com/ingenieria/>. [Accedido: 12-junio-2017].
- ❖ "¿Qué es el Takt Time?", *MTMI Ingenieros* [En línea]. Disponible en: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>. [Accedido: 12-jun-2017].
- ❖ "Sistema de escape del motor del automóvil", *Sabelotodo.org* [En línea]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisescape.html>. [Accedido: 13-jun-2017].

ANEXOS

Estudio de una posible automatización de una línea del sector automovilístico

Autor: Ariane Andueza Pacheco

Empresa: Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L, (Orkoien)

Emplazamiento: Carretera de Echauri, 13, Orkoien (Navarra)

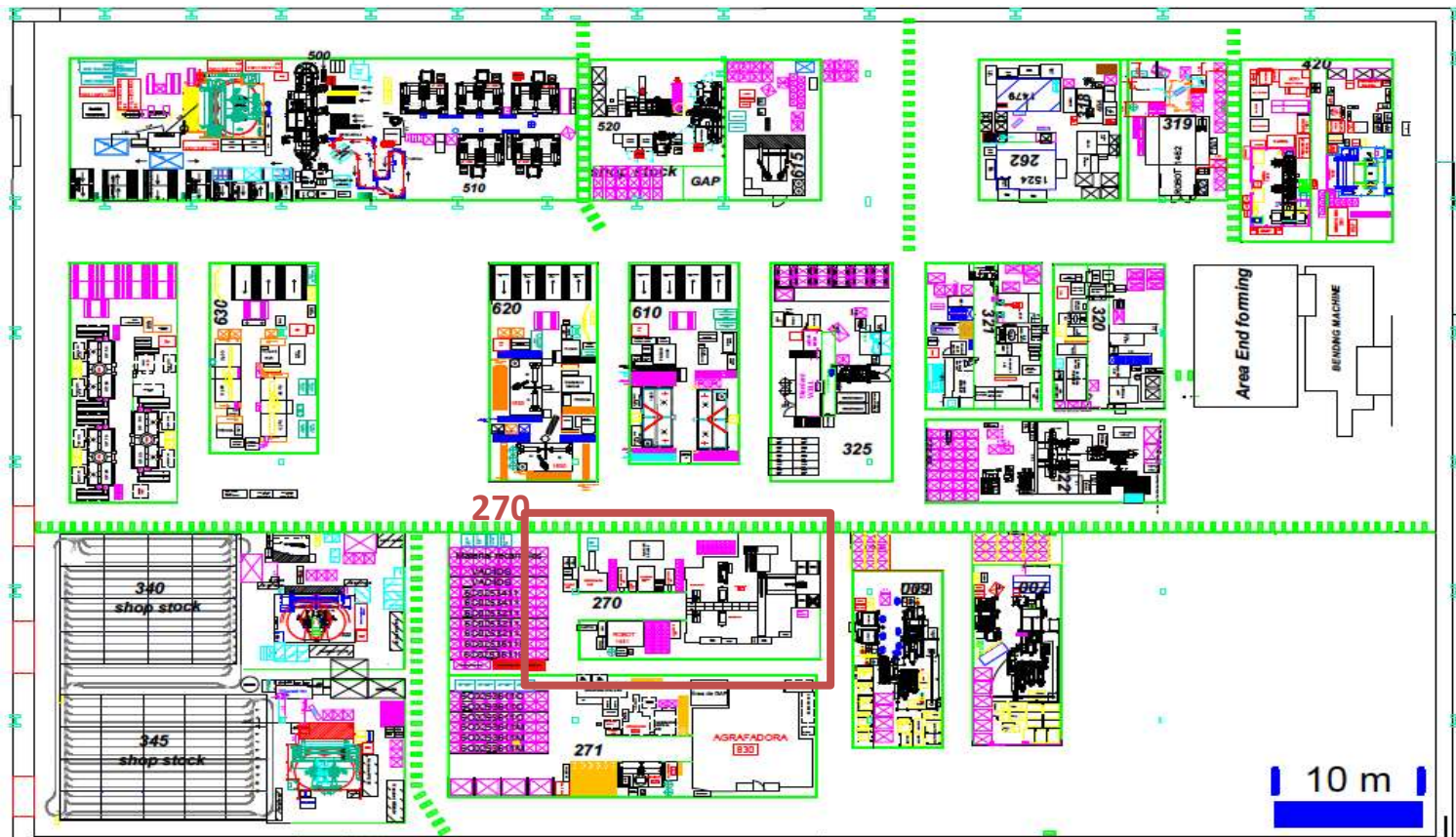
Proyecto: Trabajo de Fin de Grado de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Fecha: año 2017

10. Anexos

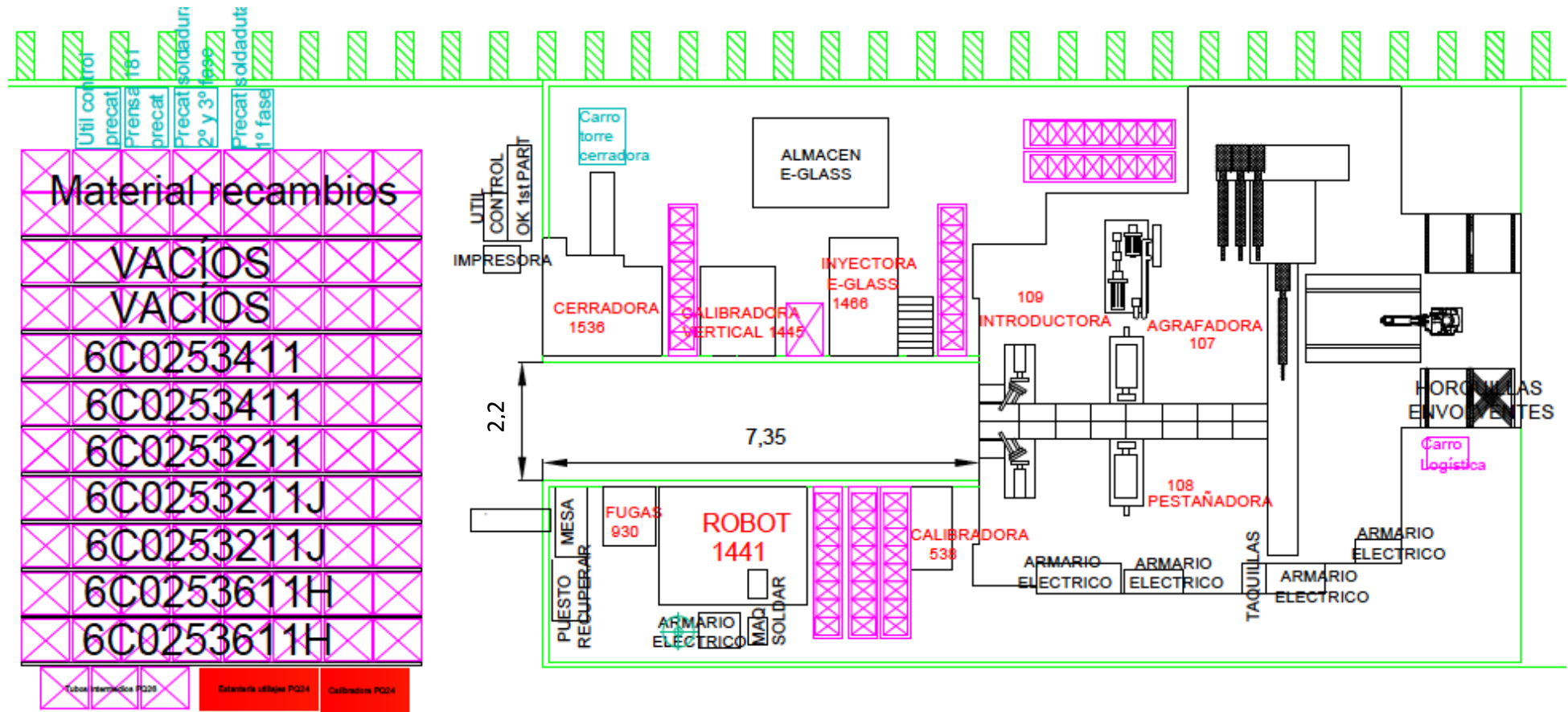
10.1. Anexos generales

A) Plano general de la planta de producción con la línea 270 remarcada en rojo.



10.2. Anexos referentes a la situación inicial

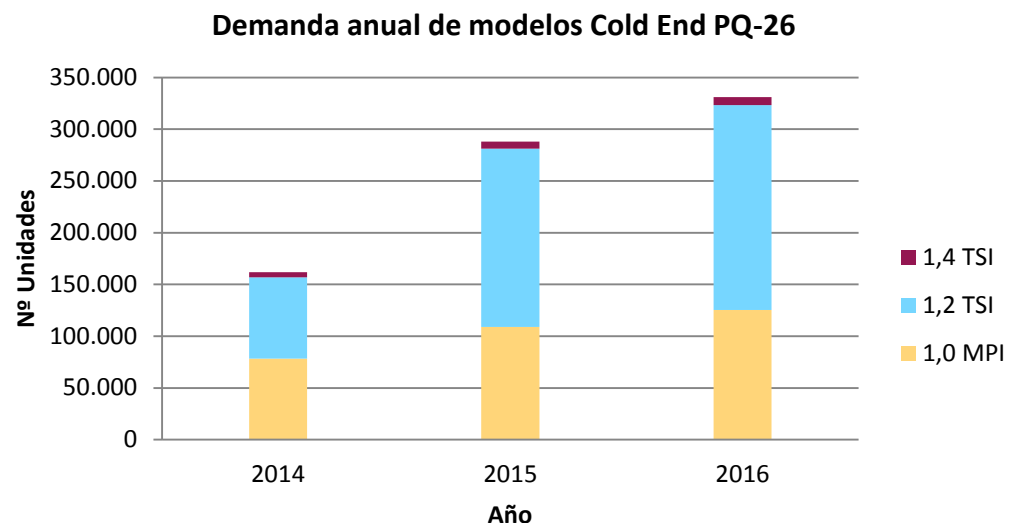
A) Layout inicial de la línea 270 (antes de la industrialización)



B) Volúmenes de demanda (estimados) y producción de modelos de la plataforma PQ 26 entre los años 2014 y 2016

VOLÚMENES DE DEMANDA DE MODELOS PQ26

	AÑO			
	2014	2015	2016	TOTAL
1,0 MPI TOTAL	78.174	109.065	125.395	312.634
1,0 MPI VW Navarra	66.218	66.218	76.133	208.569
1,0 MPI VW Uitenhagen	11.956	16.879	19.406	48.241
1,0 MPI SEAT	0	25.968	29.856	55.824
1,2 TSI	78.624	172.032	197.837	448.493
1,2 TSI VW Navarra	67.200	67.200	77.280	211.680
1,2 TSI VW Uitenhagen	11.424	16.128	18.547	46.099
1,2 TSI SEAT	0	88.704	102.010	190.714
1,4 TSI	5.085	6.840	7.706	19.631
1,4 TSI VW Navarra	4.320	4.320	4.867	13.507
1,4 TSI VW Uitenhagen	765	1.080	1.217	3.062
1,4 TSI SEAT	0	1.440	1.622	3.062
TOTAL	161.883	287.937	330.938	780.758

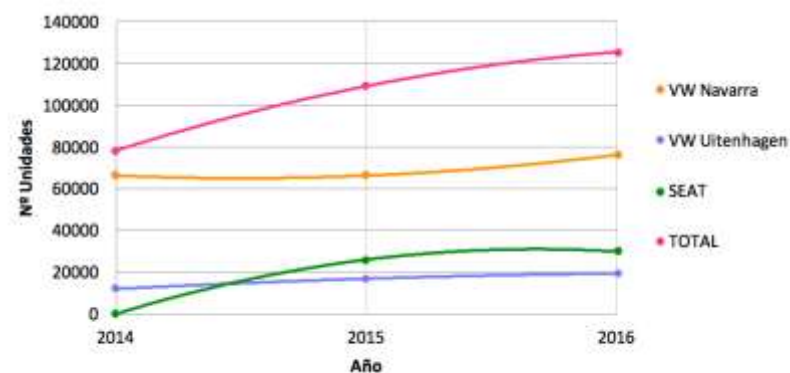
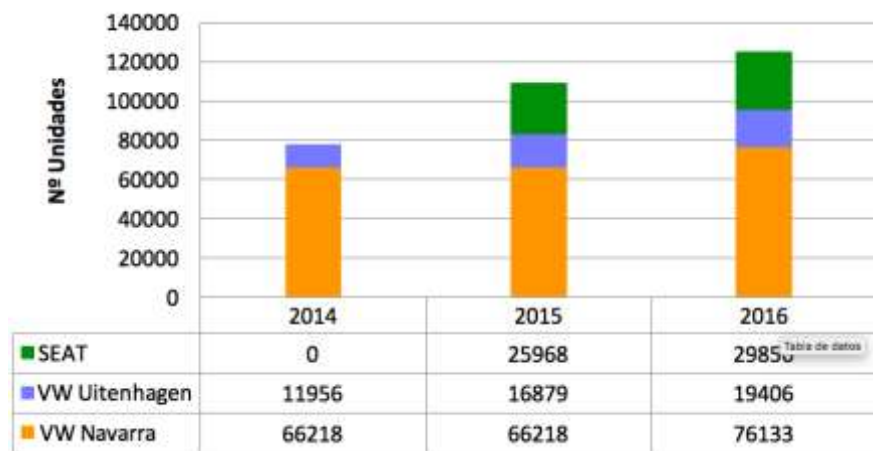


*Demandas estimadas por cliente.

**Unidad: nº de unidades.

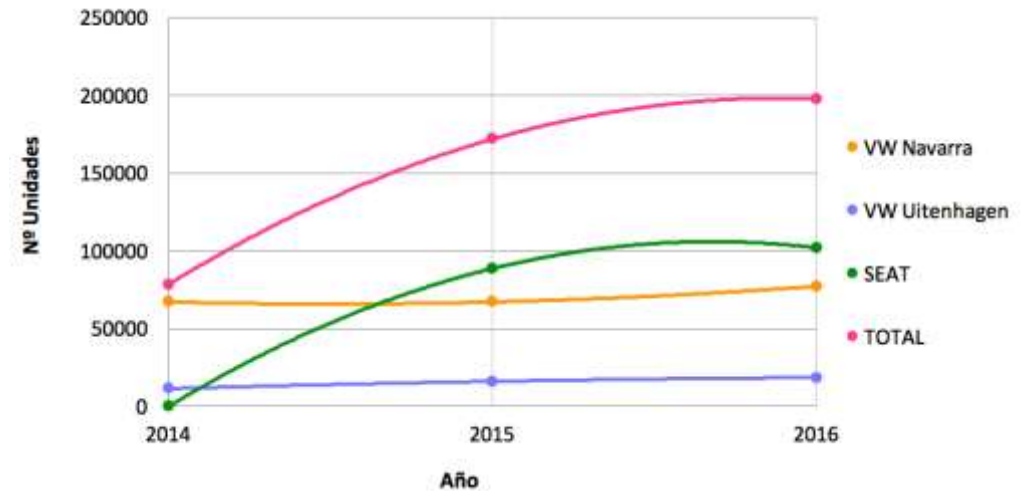
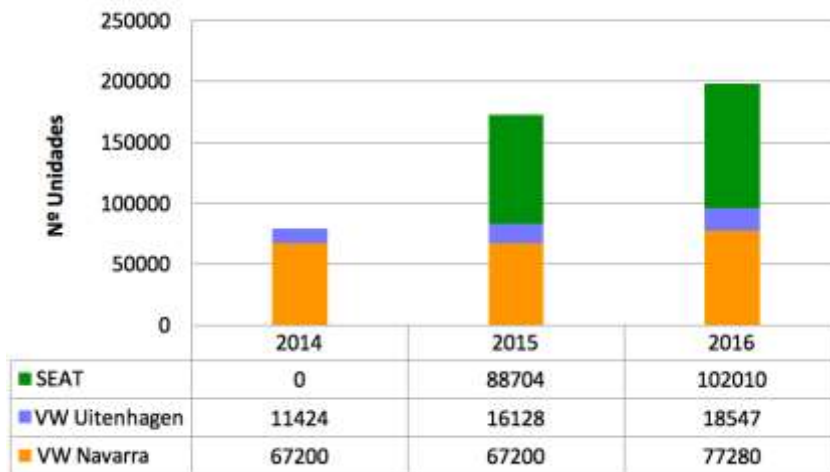
DEMANDA DE 1,0 MPI

	2014	2015	2016
VW Navarra	66218	66218	76133
VW Uitenhagen	11956	16879	19406
SEAT	0	25968	29856
TOTAL	78174	109065	125395



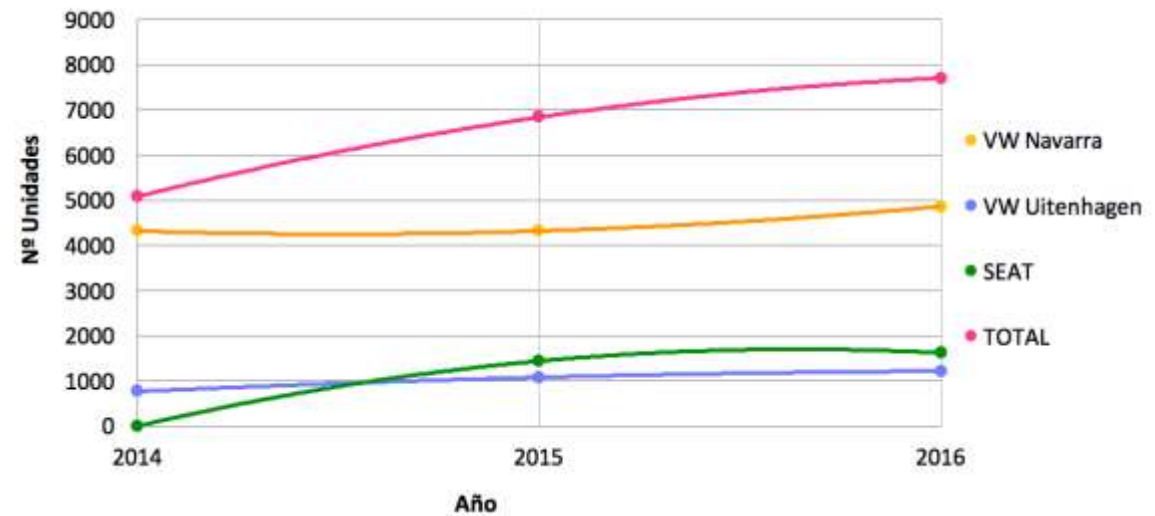
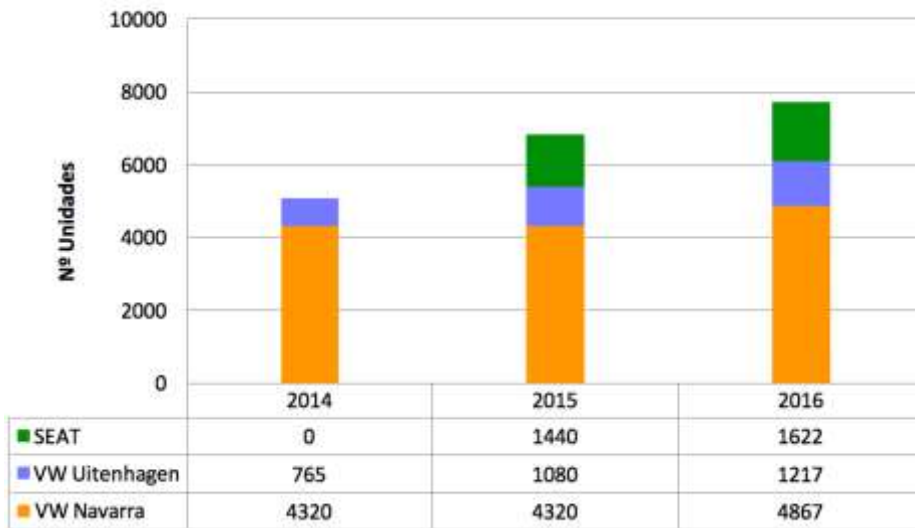
DEMANDA DE 1,2 TSI

Emp/ Año	2014	2015	2016
VW Navarra	67200	67200	77280
VW Uitenhagen	11424	16128	18547
SEAT	0	88704	102010
TOTAL	78624	172032	197837



DEMANDA DE 1,4 TSI

Emp/ Año	2014	2015	2016
VW Navarra	4320	4320	4867
VW Uitenhagen	765	1080	1217
SEAT	0	1440	1622
TOTAL	5085	6840	7706

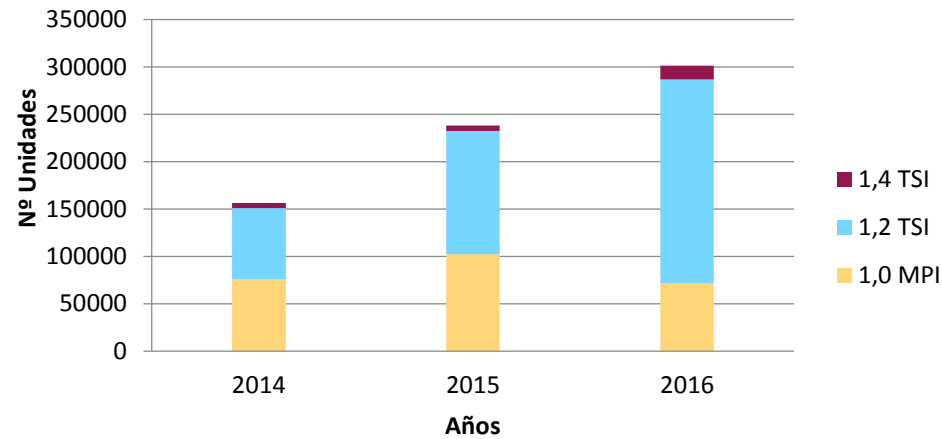


VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE MODELOS PQ26

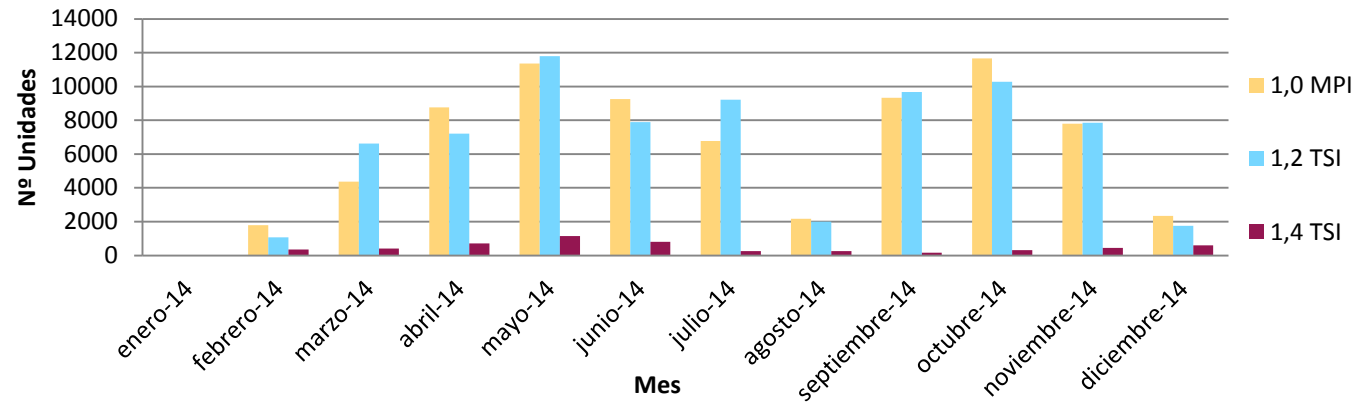
	1,0 MPI	1,2 TSI	1,4 TSI
enero-14	0	0	0
febrero-14	1800	1.080	358
marzo-14	4.364	6.620	400
abril-14	8.755	7.208	706
mayo-14	11.352	11.801	1.156
junio-14	9.259	7.897	800
julio-14	6.778	9.212	250
agosto-14	2.170	2.000	258
septiembre-14	9.324	9.675	158
octubre-14	11.661	10.279	309
noviembre-14	7.790	7.845	454
diciembre-14	2.334	1.762	589
TOTAL 2014	75.587	75.379	5.438
enero-15	5.976	5.896	789
febrero-15	8.950	7.895	581
marzo-15	6.890	6.850	298
abril-15	7.890	8.432	394
mayo-15	9.057	11.895	584
junio-15	8.995	14.658	356
julio-15	10.589	9.845	354
agosto-15	13.698	15.486	859
septiembre-15	11.593	12.486	653
octubre-15	5.895	12.648	258
noviembre-15	6.855	13.658	159
diciembre-15	5.976	10.589	362
TOTAL 2015	102.364	130.338	5.647

enero-16	0	8.962	919
febrero-16	23	16.215	1.609
marzo-16	3	16.500	1.586
abril-16	10.080	17.571	355
mayo-16	14.196	21.182	1.556
junio-16	10.800	20.301	1.907
julio-16	2.123	22.651	16
agosto-16	5.730	12.378	1.399
septiembre-16	7.500	16.092	1.260
octubre-16	8.505	18.840	1.849
noviembre-16	8.993	20.667	1.535
diciembre-16	4.062	23.685	493
TOTAL 2016	72.015	215.044	14.484
TOTALES (sin 2017)	249.966	420.761	25.569

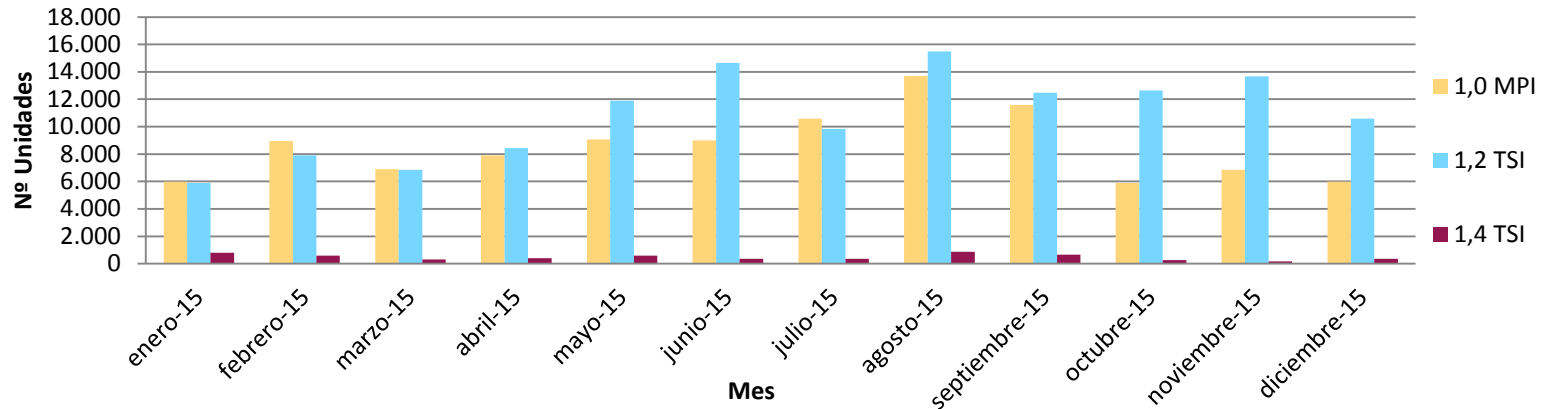
Evolución de la producción



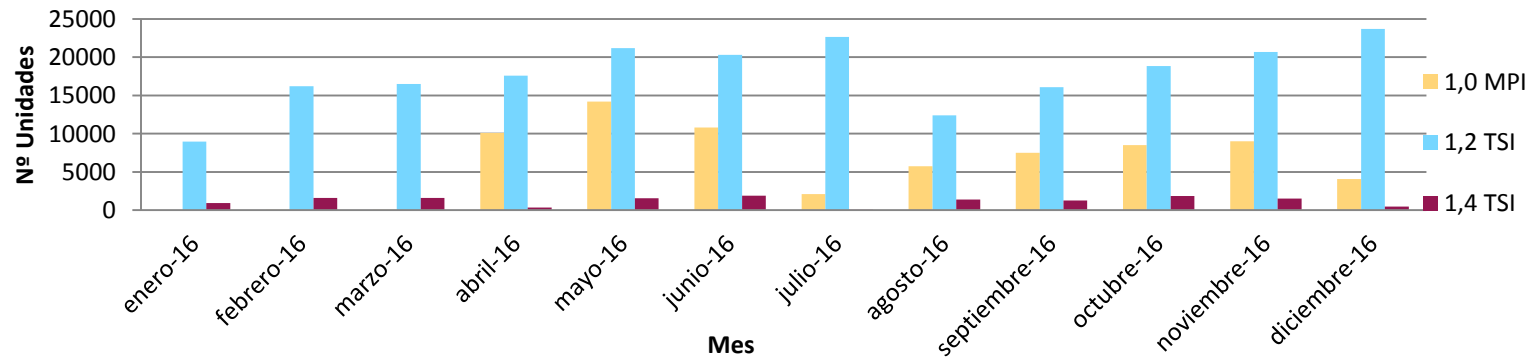
Producción año 2014



Producción año 2015



Producción año 2016



- C) Estudio de tiempos de línea en situación inicial y fase 1 (trabajo con dos operarios). Incluye Medida del Tiempo Ciclo (TCT), Tabla de Combinación de Tareas (TCT) y Esquema de Tareas Estándar (ETE).

ESTUDIO DE TIEMPOS

FASE 1: 2 OPERARIOS

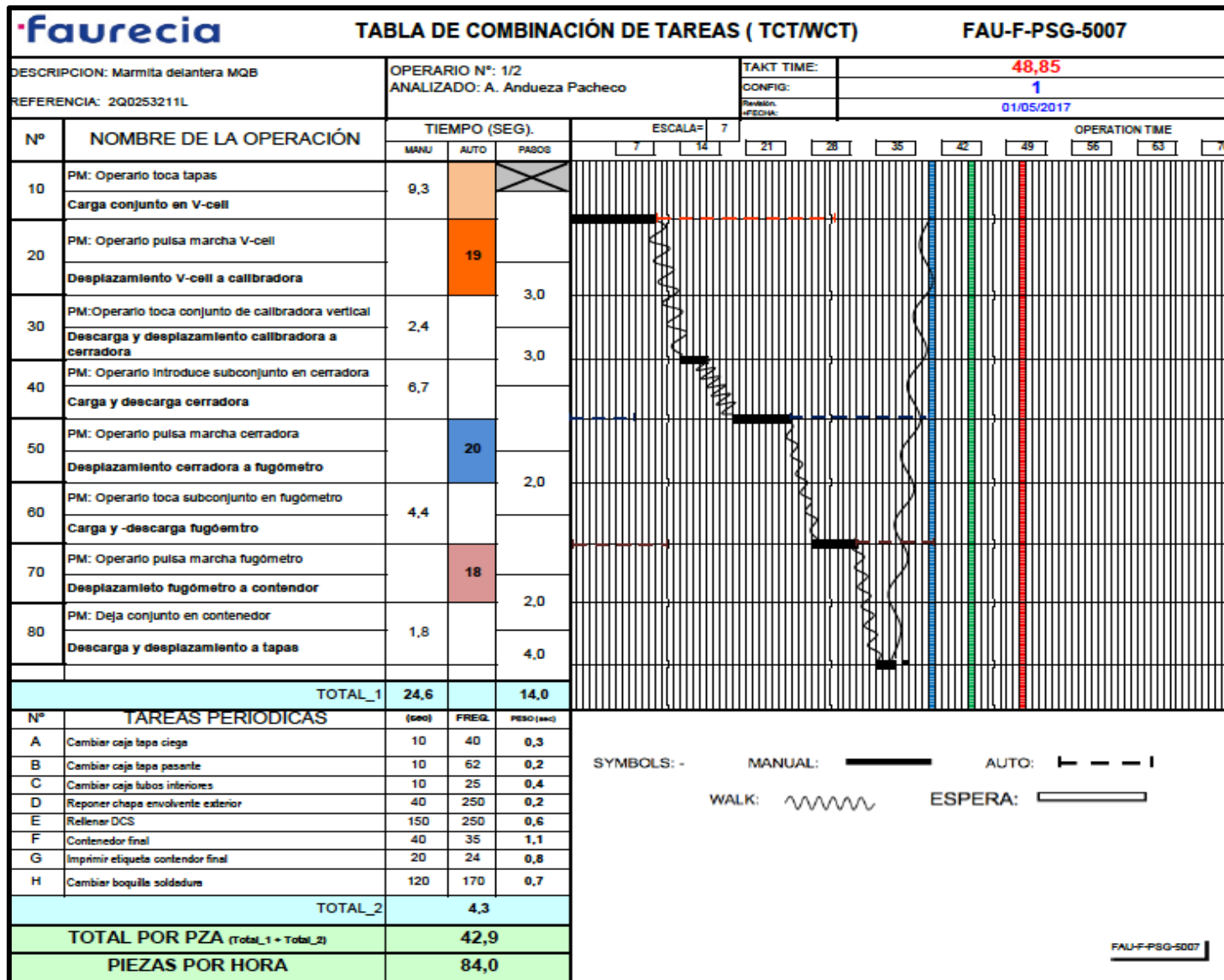


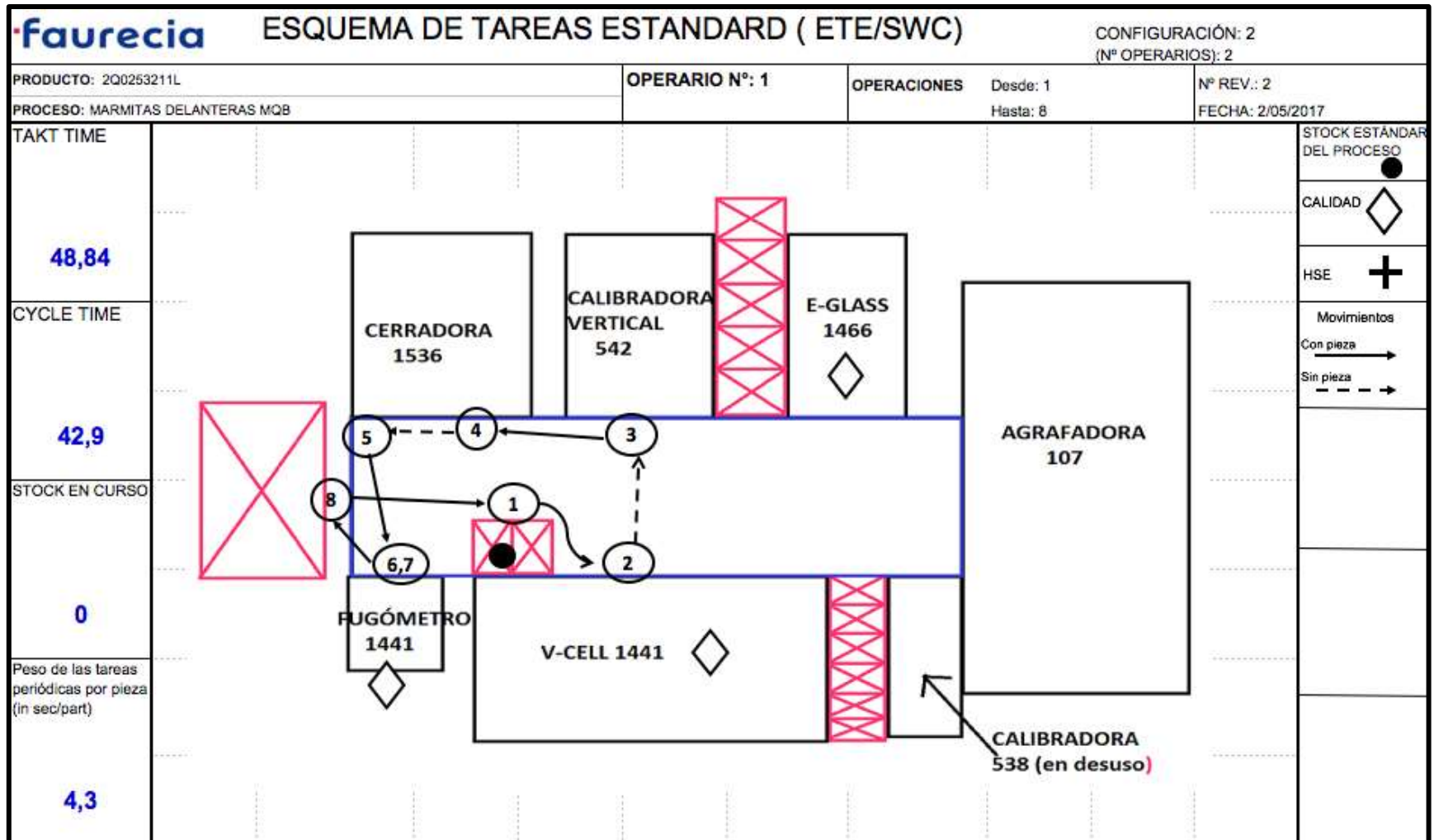
Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Operario 1:

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)																							
PRODUCTO: 2Q0253211L		OPERARIO N°: 1										CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 2													
PROCESO: Marmitas delanteras MQB		ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco																							
FECHA: 21-abr-2017		HORA: 13:00										NOMBRE DEL OPERARIO:													
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operario toca tapas																								
	Carga subconjunto em V-cell	8,36	7,22	9,31	8,52	8,59	9,7	8,85	7,85	8,69	9,02	9,54	8,16	7,34	7,58	8,62	8,01	8,62	9,55	8,22	8,74	8,507	7,22	9,7	34,35%
2	PM: Operario pulsa marcha V-cell																								
	Desplazamiento V-cell- Calibradora	3,58	4,75	3,99	4,22	4,99	5,35	4,58	5,01	5,03	4,69	4,14	4,17	3,99	4,52	4,26	4,03	4,39	4,85	4,96	4,97	4,524	3,58	5,35	49,44%
3	PM:Operario toca conjunto de calibradora vertical																								
	Descarga y desplazamiento calibradora-cerradora	3,59	3,72	3,57	3,85	3,46	3,28	3,65	3,84	4,02	4,09	4,15	3,14	3,28	3,64	3,95	3,92	3,15	3,44	3,85	3,46	3,653	3,14	4,15	32,17%
4	PM: Operario introduce subconjunto cerradora																								
	Carga-Descarga cerradora	7,14	6,61	6,68	5,36	6,26	6,48	6,48	6,78	6,31	7,22	6,15	6,45	7,19	7,84	5,98	6,65	5,41	6,02	6,09	6,24	6,467	5,36	7,84	46,27%
5	PM: Operario pulsa marcha cerradora																								
	Desplazamiento cerradora-fugómetro	1,86	2,49	2,01	2,01	2,12	3,9	1,15	2,94	2,55	3,08	2,63	2,74	2,55	2,14	1,74	3,05	2,95	2,47	2,55	2,12	2,453	1,15	3,9	239,13%
6	PM: Operario toca subconjunto fugómetro																								
	Cargar-descarga fugómetro	4,34	6,94	4,41	5,3	5,14	6,48	4,86	4,92	5,56	5,71	4,39	5,35	5,61	4,74	6,01	5,06	5,84	4,66	4,58	5,54	5,272	4,34	6,94	59,91%
7	PM: Operario pulsa marcha fugómetro																								
	Desplazamiento fugómetro-contendor	1,66	2,08	1,55	2,21	1,38	1,74	1,21	2,65	2,81	2,11	1,48	1,88	2,47	2,96	1,8	2,33	2,48	2,94	2,51	2,98	2,162	1,21	2,98	146,26%
8	PM: Deja conjunto en contenedor																								
	Descarga y desplazamiento a tapas	9,1	4,38	5,56	4,68	5,58	4,76	4,01	5,85	5,44	5,18	4,71	4,62	4,16	6,05	6,24	5,84	5,59	4,99	6,02	5,72	5,424	4,01	9,1	126,93%
TIEMPO CICLO (CT)		39,63	38,19	37,08	36,15	37,52	41,69	25,9	39,84	40,41	41,1	37,19	36,51	36,59	39,47	38,6	38,89	38,43	38,92	38,78	39,77	38,04	25,94	41,69	
CT SIN ESPERAS		39,63	38,19	37,08	36,15	37,52	41,69	25,9	39,84	40,41	41,1	37,19	36,51	36,59	39,47	38,6	38,89	38,43	38,92	38,78	39,77	38,04	25,94	41,69	
OBSERVACIONES											d														
a											e														
b											f														
c											g														



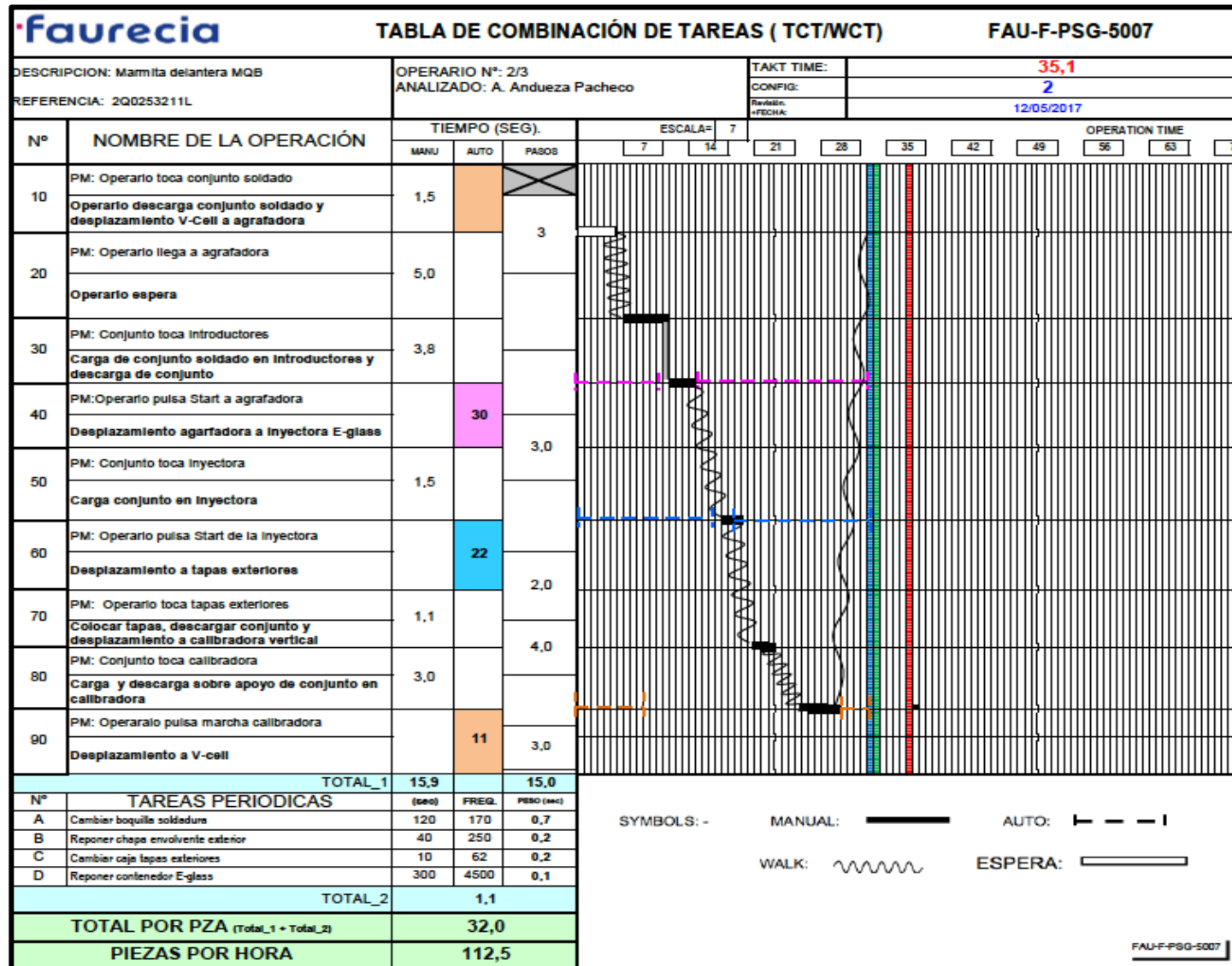


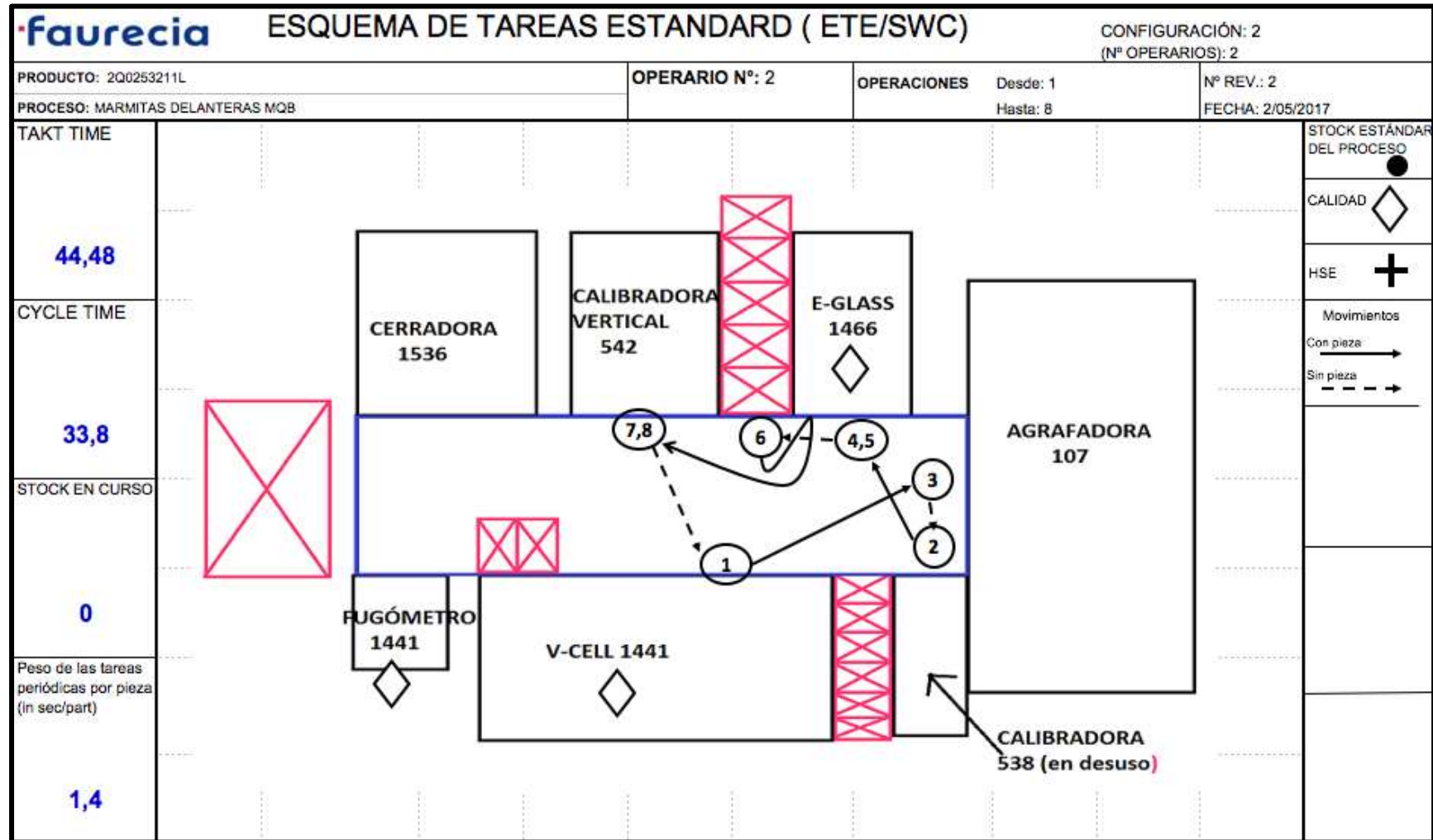
Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Operario 2:

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)																							
PRODUCTO: 2Q0253211L		OPERARIO N°: 2											DNFIGURACIÓN (N° OPERARIOS):												
PROCESO: Marmitas delanteras MQB		ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco																							
FECHA: 21-abr-2017		HORA 11:30											NOMBRE DEL OPERARIO:												
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operario descarga Vcell Descarga V-cell y desplazamiento Vcell a agrafaora	3,08	3,18	2,81	3,11	3,11	3,21	3,01	3,36	2,74	3,54	2,96	3,78	3,15	3,19	3,04	3,68	3,46	3,15	2,48	3,94	3,20	2,48	3,94	0,59
2	PM: Operario introduce subconjunto agrafadora Carga y descarga arafadora	2,63	2,53	4,04	3,58	3,58	2,17	2,76	2,74	2,19	3,16	2,78	3,95	2,68	2,94	2,16	3,15	2,71	3,26	2,90	2,58	2,92	2,16	4,04	0,87
3	PM:Operario pulsa marcha agrafadora Desplazamiento agrafadora a E-glass	2,79	2,91	2,19	2,33	2,33	2,01	2,03	2,19	2,59	2,85	2,69	2,14	3,08	3,22	2,88	2,33	2,16	2,47	2,85	3,21	2,56	2,01	3,22	0,60
4	PM: Operario introduce sub. E-glass Carga E-glass	1,06	1,19	1,41	1,68	1,68	1,68	2,78	1,94	1,19	1,02	1,56	1,28	1,98	1,46	1,24	1,36	1,55	1,69	1,47	1,52	1,54	1,02	2,78	1,73
5	PM: Operario pulsa marcha E-glass Desplazamiento e-glass acotenedor de tapas exteriores	1,76	1,57	2,08	1,70	1,63	1,63	4,27	1,19	1,31	1,74	1,96	1,58	1,23	2,58	1,22	3,58	1,91	1,62	1,65	1,92	1,91	1,19	4,27	2,59
6	PM: Operario coje tapas exteriores Colocar tapas exteriores, descargar conjunto y desplazamiento E-glass acalibradora vertical	5,47	6,08	7,07	5,44	6,24	6,24	4,63	6,88	6,88	7,21	6,58	6,41	6,25	6,42	5,78	7,15	6,61	5,12	5,64	6,08	6,21	4,63	7,21	0,56
7	PM: Operario introduce sub. en calibradora vertical Carga y descarga calibradora vertical	2,02	2,81	2,19	2,02	2,83	2,83	3,85	1,65	1,85	2,15	2,87	3,06	1,59	2,62	2,49	2,52	2,21	1,87	2,43	3,05	2,45	1,59	3,85	1,42
8	PM: Operario pulsa marcha calibradora vertical Desplazamiento calibradora vertical a V-cell	2,49	2,13	2,70	3,07	2,49	2,49	3,85	1,89	1,31	2,56	1,84	2,16	2,85	2,45	3,05	3,56	2,48	2,99	3,02	2,82	2,60	1,31	3,85	1,94
9	PM: Operario llega a V-cell Espera	8,27	8,13	7,55	7,40	8,98	8,26	8,11	8,25	7,66	7,94	8,58	8,32	8,06	7,62	8,84	8,06	8,54	7,23	7,76	7,59	8,06	7,23	8,98	0,24
TIEMPO CICLO (CT)		29,57	30,53	32,04	30,33	32,87	30,52	35,29	30,09	27,72	32,17	31,62	32,68	30,87	32,50	30,70	35,39	31,63	29,40	30,20	32,71	31,44	27,72	35,39	
CT SIN ESPERAS		21,30	22,40	24,49	22,93	23,89	22,26	27,18	21,84	20,06	24,23	23,04	24,36	22,81	24,88	21,86	27,33	23,09	22,17	22,44	25,12	23,38	20,06	27,33	
OBSERVACIONES		d																							
a		e																							
b		f																							
c		g																							





- D) Estudio de tiempos de línea en situación inicial y fase 2 (trabajo con tres operarios). Incluye Medida del Tiempo Ciclo (TCT), Tabla de Combinación de Tareas (TCT) y Esquema de Tareas Estándar (ETE).

ESTUDIO DE TIEMPOS

FASE 2: 3 OPERARIOS

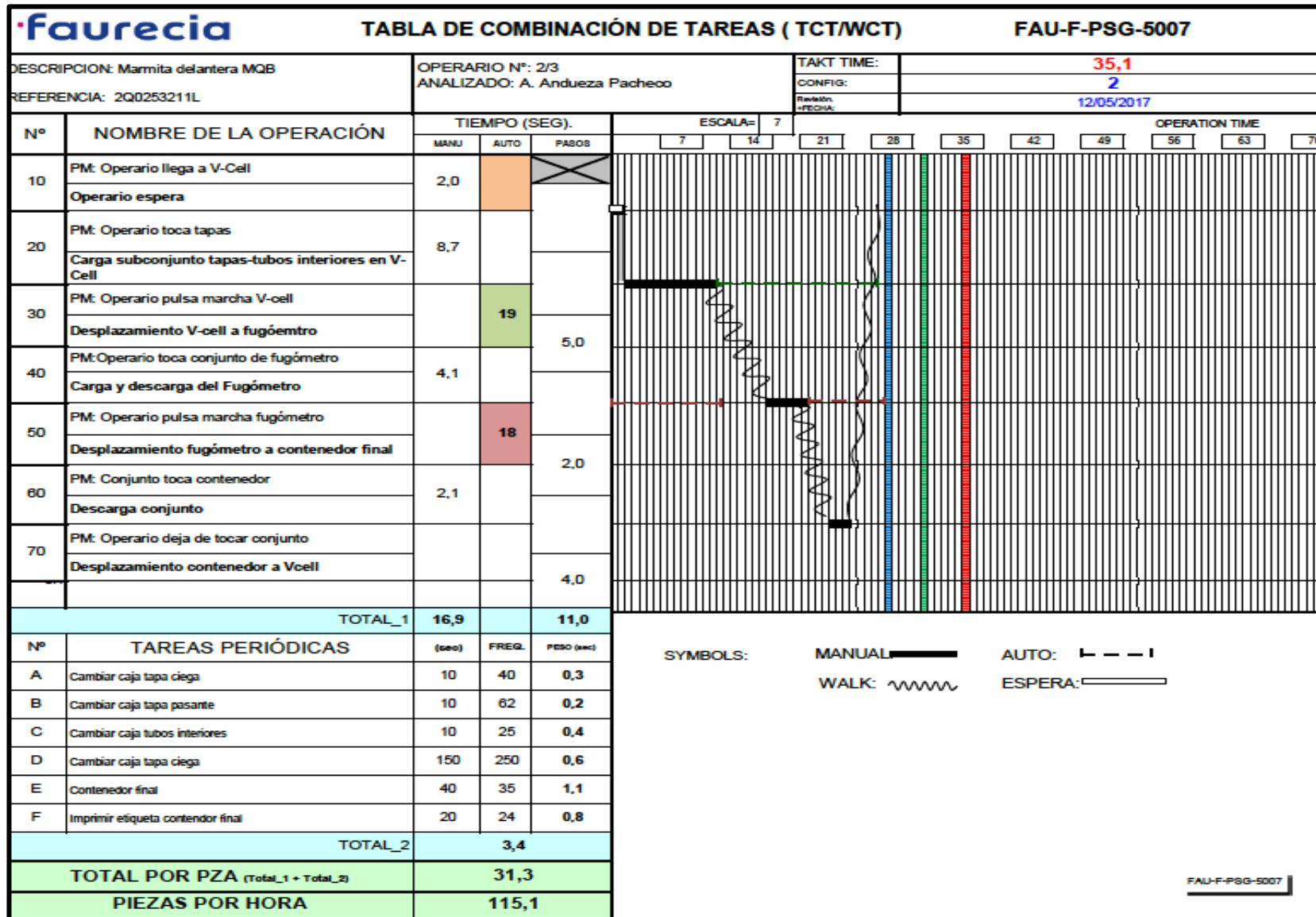


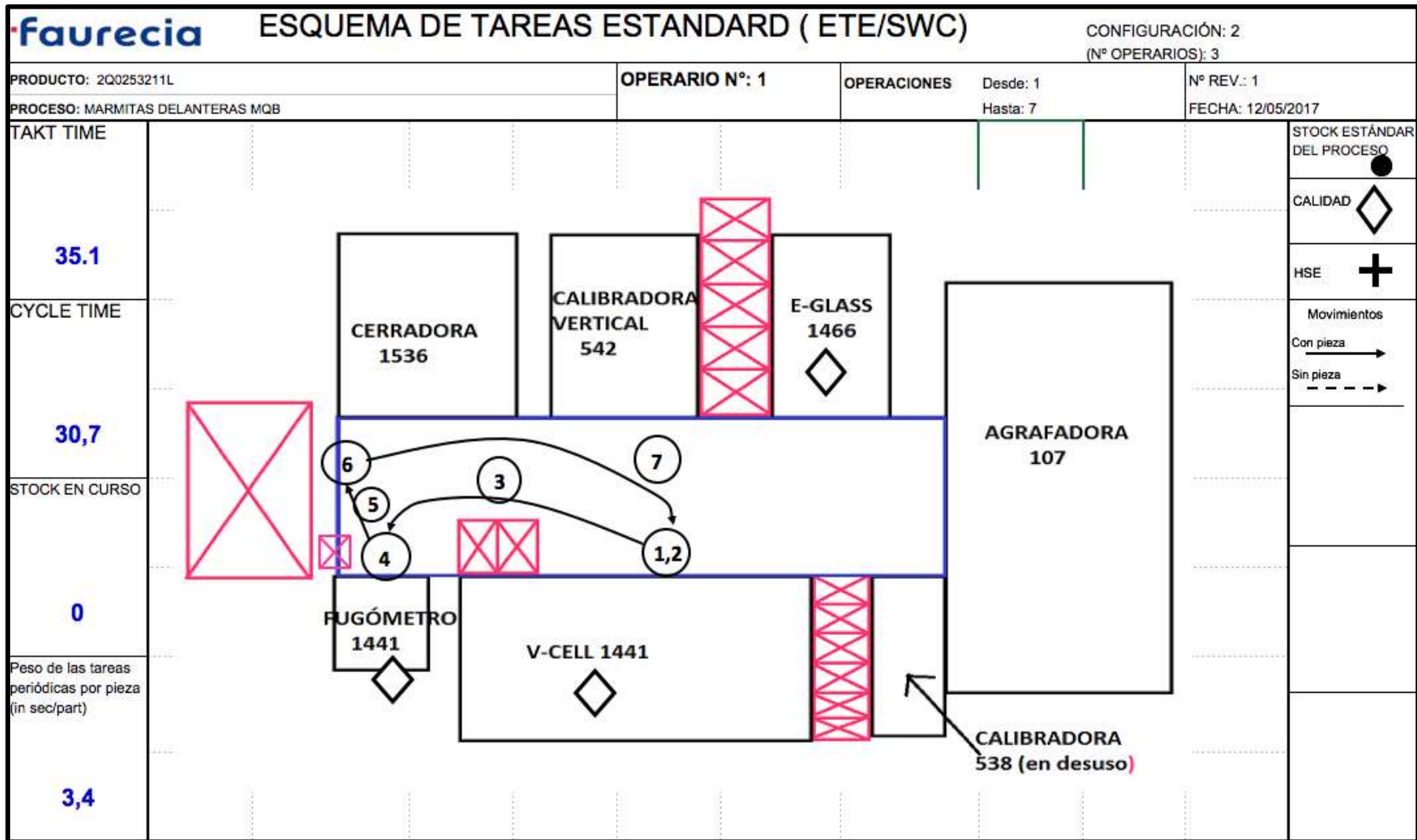
Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Para operario 1:

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)																				OPERARIO N°: 1 ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco				CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 3			
		HORA: 13:00																											
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %				
1	PM: Operario llega a V-Cell Operario espera	2,23	3,14	3,65	3,94	3,76	2,89	3,08	3,30	3,67	2,06	2,54	1,86	3,62	3,53	2,90	2,87	3,98	2,09	2,65	3,12	3,04	1,86	3,98	1,14				
2	PM: Operario toca tapa Cargar subconjuntos tapas-tubos interiores en V-Cell	8,12	8,54	8,98	9,34	9,65	9,02	9,34	8,78	8,12	8,70	8,12	8,43	8,65	8,92	8,63	7,39	9,24	9,64	8,82	8,73	8,74	7,39	9,65	0,31				
3	PM: Operario pulsa marcha V-Cell Desplazamiento V-Cell a fugómetro	5,23	5,75	5,92	5,37	5,73	6,12	4,97	4,63	4,02	5,21	4,15	5,23	4,23	5,03	4,99	5,53	5,28	5,03	5,93	4,98	5,17	4,02	6,12	0,52				
4	PM: Operario toca conjunto fugómetro Carga y descarga fugómetro	3,72	4,03	3,54	3,78	4,08	4,11	4,73	2,99	3,47	3,98	3,92	3,67	4,83	3,88	3,78	4,23	3,72	3,23	3,54	3,74	3,80	2,99	4,83	0,62				
5	PM: Operario pulsa marcha fugómetro Desplazamiento fugómetro a contenedor final	2,63	2,53	2,74	2,14	1,74	3,90	1,15	2,94	2,54	2,23	1,65	2,49	2,01	2,01	2,12	1,90	2,95	2,67	2,12	2,87	2,37	1,15	3,90	2,39				
6	PM: Conjunto toca contenedor Operario descarga conjunto en fugómetro	2,54	2,64	3,02	3,11	2,98	2,56	2,94	3,56	1,89	2,11	1,63	2,35	2,93	2,67	2,08	2,58	1,92	1,92	2,11	1,95	2,47	1,63	3,56	1,18				
7	PM: Operario deja de tocar conjunto Desplazamiento de contenedor a Vcell	5,08	4,38	5,56	4,77	5,58	6,23	4,01	5,85	5,44	5,18	5,98	4,23	4,16	6,05	5,83	6,09	4,98	4,99	4,76	5,72	5,24	4,01	6,23	0,55				
TIEMPO CICLO (CT)		29,55	31,01	33,41	32,45	33,52	25,81	25,49	32,05	29,15	29,47	27,99	28,26	30,43	32,09	30,33	30,59	32,07	29,57	29,93	31,11	30,21	25,49	33,52					
CT SIN ESPERAS		27,32	27,87	29,76	28,51	29,76	22,92	22,41	28,75	25,48	27,41	25,45	26,40	26,81	28,56	27,43	27,72	28,09	27,48	27,28	27,99	27,17	22,41	29,76					
OBSERVACIONES											d																		
a											e																		
b											f																		
c											g																		



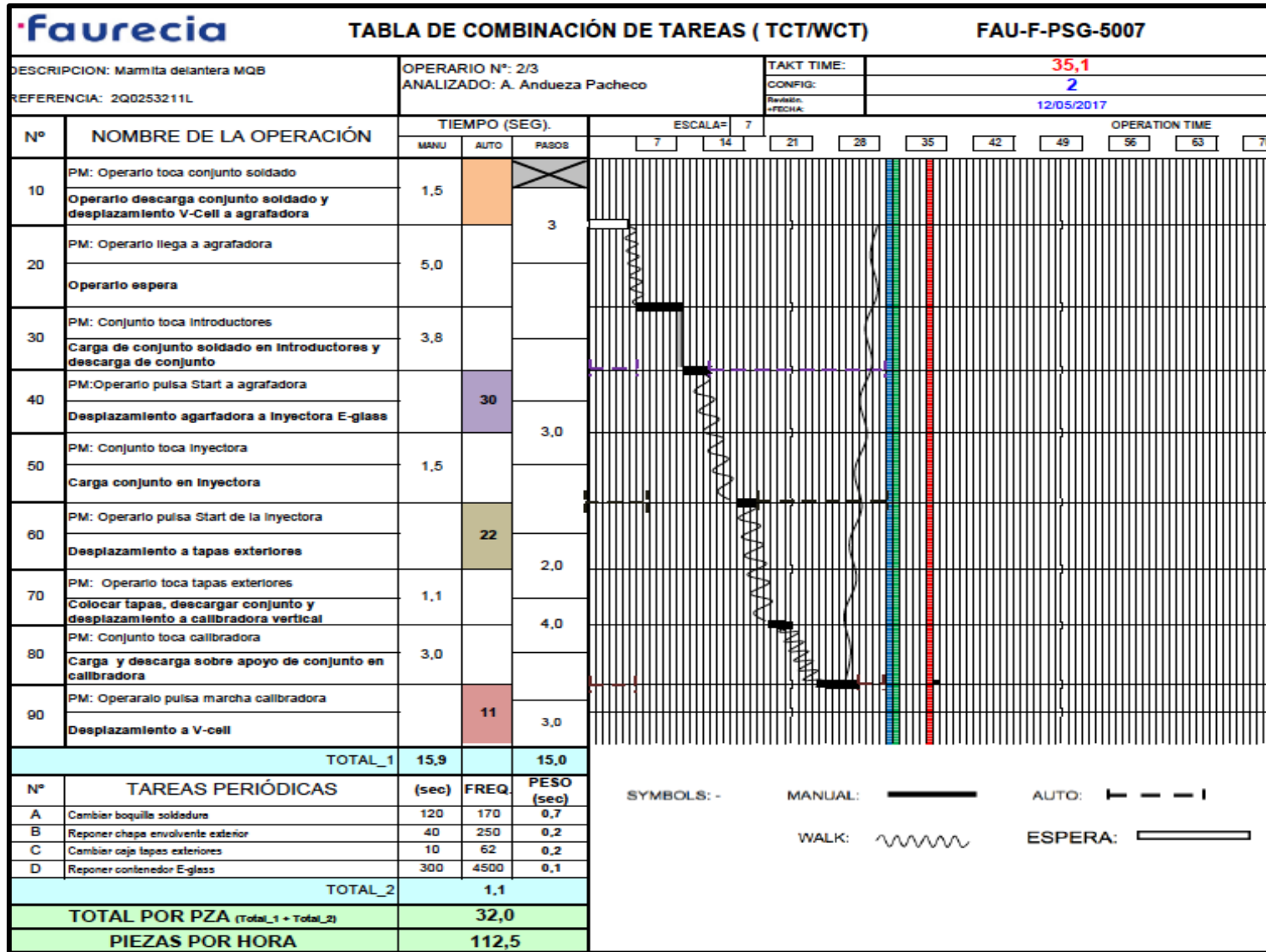


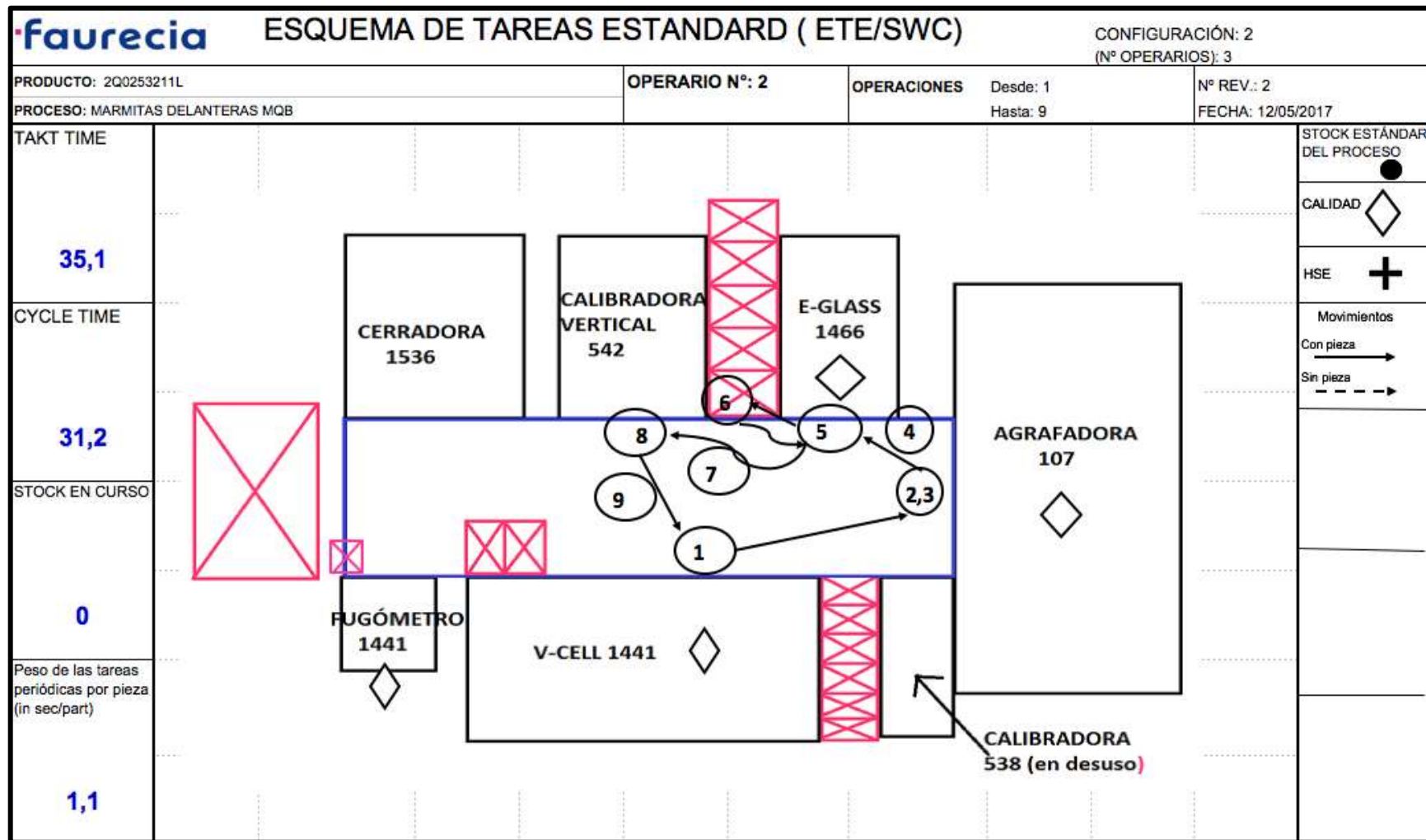
Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Para operario 2:

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO (MTC/MCT)																							
PRODUCTO: 2Q0253211L		OPERARIO Nº: 2										CONFIGURACIÓN (Nº OPERARIOS): 3													
PROCESO: Marmitas delanteras MQB		ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco																							
FECHA: 05-may-2017		HORA: 13:00																							
Nº	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operario toca conjunto soldado Operario descarga conjunto soldado y desplazamiento Vcell a agrafadora	4,74	4,75	3,99	4,99	4,20	5,35	5,03	5,01	5,03	4,79	4,08	4,24	5,86	4,52	4,88	4,58	4,39	4,90	5,02	5,01	4,77	3,99	5,86	0,47
2	PM: Operario llega a agrafadora Espera	4,65	4,12	4,25	4,75	4,37	4,33	4,15	4,01	3,97	3,86	4,01	4,77	4,02	4,72	4,26	4,21	4,27	4,28	4,77	4,74	4,33	3,86	4,77	0,24
3	PM: Conjunto toca introductores Carga de conjuntos soldados en introductores y descarga de conjunto	3,72	5,95	3,64	3,84	4,84	4,02	4,01	4,11	3,83	3,91	4,15	3,13	4,05	3,11	3,95	3,78	3,15	3,72	3,23	3,66	3,89	3,11	5,95	0,91
4	PM: Operario pulsa Start de la agrafadora Desplazamiento de agrafadora a inyectora de E-glass	3,13	3,63	3,01	3,74	3,85	3,75	3,97	3,17	3,77	3,24	3,84	3,52	3,63	3,92	3,67	3,28	3,07	3,02	3,63	3,15	3,50	3,01	3,97	0,32
5	PM: Conjunto toca utililaje de inyectora Carga conjunto en inyectora	1,86	2,49	2,01	2,53	2,12	1,75	1,64	2,94	2,12	1,55	1,53	1,72	1,46	2,14	1,74	1,49	1,74	1,75	2,55	1,12	1,91	1,12	2,94	1,63
6	PM: Operario pulsa Start de inyectora Desplazamiento a tapas exteriores	1,58	1,98	1,53	1,97	2,88	2,35	2,22	2,42	2,31	2,44	2,64	2,05	1,99	2,75	2,54	2,02	2,95	2,64	2,24	2,54	2,30	1,53	2,95	0,93
7	PM: Operario toca tapas exteriores Colocar tapas, descargar conjunto y desplazamiento a calibradora vertical	5,75	5,24	5,24	4,94	4,65	5,24	5,86	5,73	5,53	5,28	5,82	5,81	5,74	5,45	5,24	5,20	5,76	5,32	5,46	5,24	5,43	4,65	5,86	0,26
8	PM: Conjunto toca calibradora vertical Carga y descarga sobre apoyo de conjunto en calibradora	2,64	2,35	2,95	2,64	2,37	2,64	2,35	2,77	2,10	2,16	2,74	2,91	1,79	2,22	1,68	2,19	1,70	2,47	2,35	2,73	2,39	1,68	2,95	0,76
9	PM: Operario pulsa marcha calibradora Desplazamiento a Vcell	3,21	3,53	3,66	3,74	4,73	3,62	3,14	2,95	2,78	3,74	3,47	3,16	3,37	3,42	3,11	3,16	3,01	3,26	3,11	3,16	3,35	2,78	4,73	0,70
TIEMPO CICLO (CT)		31,28	34,04	30,28	33,14	34,01	29,43	32,37	33,11	31,44	30,97	32,28	31,31	31,91	32,25	31,07	29,91	30,04	31,36	32,36	31,35	31,70	29,43	34,04	
CT SIN ESPERAS		26,54	29,29	26,29	28,15	29,81	24,08	27,34	28,10	26,41	26,18	28,20	27,07	26,05	27,73	26,19	25,33	25,65	26,46	27,34	26,34	26,93	24,08	29,81	
OBSERVACIONES												d													
a												e													
b												f													
c												g													





Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

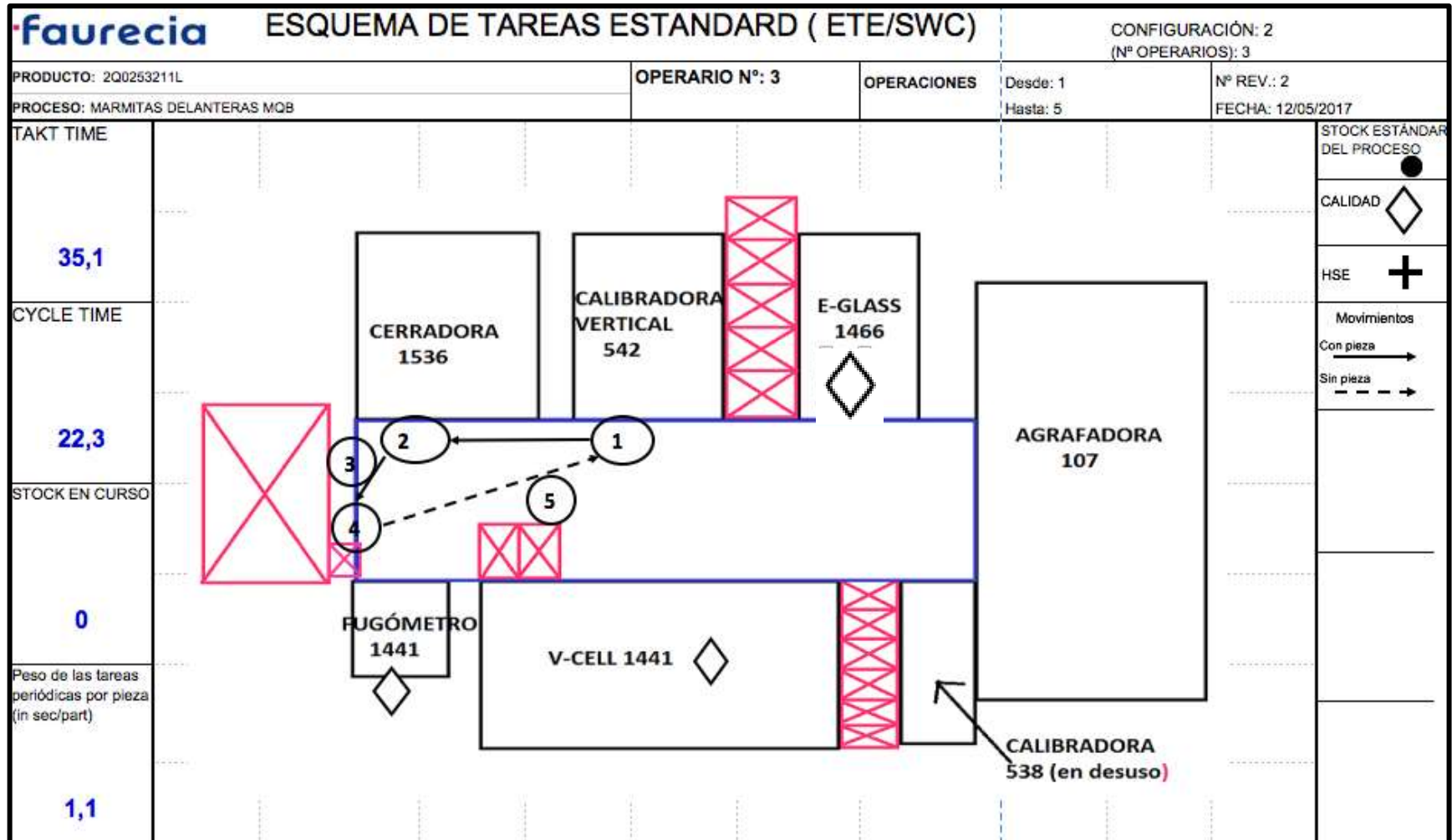
Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Para operario 3:

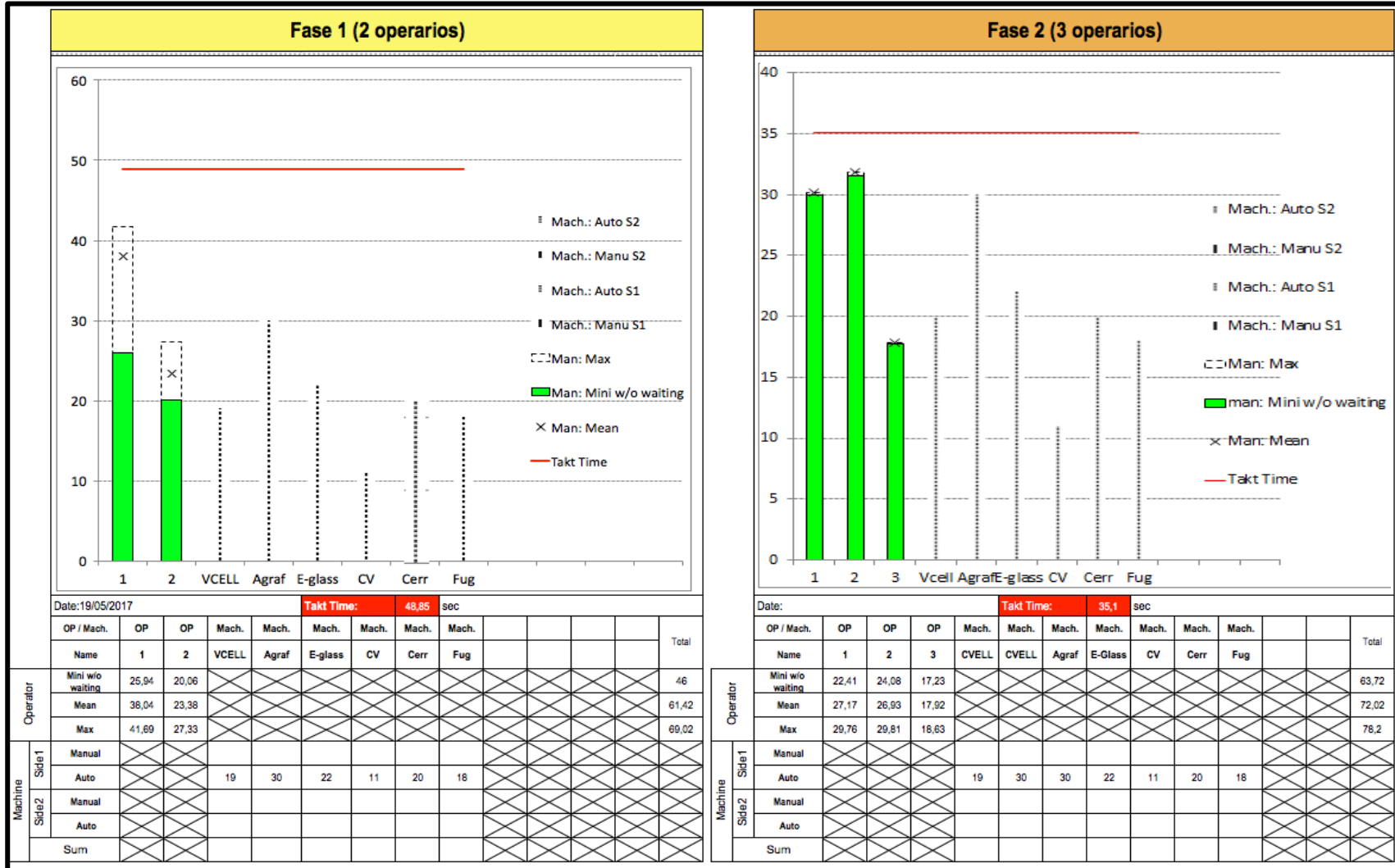
faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)																							
		PRODUCTO: 2Q0253211L										OPERARIO N°: 3					CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 3								
PROCESO: Marmitas delanteras MQB		HORA: 13:00																							
FECHA: 05-may-2017		ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco																							
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operario toca conjunto calibradora																								
	Operario toca conjunto calibrado y desplazamiento de calibradora a cerradora	5,63	5,89	5,77	5,86	5,48	5,52	5,64	5,01	6,01	6,23	6,33	5,72	5,77	5,85	5,35	5,82	5,77	5,82	5,97	5,27	5,74	5,01	6,33	0,26
2	PM: Operario toca conjunto cerradora																								
	Carga y descarga conjunto cerradora	2,85	2,33	2,96	2,74	2,76	2,76	2,85	2,35	2,53	2,84	2,55	2,69	2,63	2,85	2,36	2,88	2,93	2,85	2,64	2,55	2,70	2,33	2,96	0,27
3	PM: Operario pulsa Start cerradora																								
	Desplazamiento de cerradora a apoyo de fugómetro	3,15	3,63	3,22	3,12	3,64	3,45	3,66	3,12	2,95	2,98	3,15	3,13	3,11	3,01	3,08	3,10	3,33	3,15	3,52	3,14	3,23	2,95	3,66	0,24
4	PM: Operario pulsa Start de la agrafadora																								
	Operario descarga conjunto en apoyo de fugómetro	1,64	1,89	1,70	1,93	1,88	1,92	1,81	2,64	1,77	1,64	1,55	1,76	1,95	2,01	2,22	2,01	1,99	1,64	1,85	3,15	1,95	1,55	3,15	1,03
5	PM: Operario deja de tocar conjunto																								
	Desplazamiento de fugómetro a calibradora	4,16	4,54	4,35	4,19	4,12	4,25	4,65	4,11	4,89	4,04	4,30	4,12	4,53	4,27	4,24	4,16	4,06	4,52	4,62	4,11	4,31	4,04	4,89	0,21
TIEMPO CICLO (CT)		17,43	18,28	18,00	17,84	17,88	17,90	18,61	17,23	18,15	17,73	17,88	17,42	17,99	17,99	17,25	17,97	18,08	17,98	18,60	18,22	17,92	17,23	18,61	
CT SIN ESPERAS		17,43	18,28	18,00	17,84	17,88	17,90	18,61	17,23	18,15	17,73	17,88	17,42	17,99	17,99	17,25	17,97	18,08	17,98	18,60	18,22	17,92	17,23	18,61	
OBSERVACIONES													d												
a													e												
b													f												
c													g												

faurecia		TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT)			FAU-F-PSG-5007									
DESCRIPCION: Marmita delantera MQB		OPERARIO N°: 3/3			TAKT TIME:		35,1							
REFERENCIA: 2Q0253211L		ANALIZADO: A. Andueza Pacheco			CONFIG:		2							
					Revisión:		12/05/2017							
					+FECHA:									
Nº	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	TIEMPO (SEG.)			ESCALA= 7									
		MANU	AUTO	PASOS	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
10	PM: Operario toca conjunto calibradora	2,7		3,0										
	Operario descarga calibradora y desplazamiento calibradora a cerradora													
20	PM: Operario toca conjunto cerradora	6,7		3,0										
	Carga y descarga conjunto en cerradora													
30	PM: Operario pulsa Start de cerradora		20	3,0										
	Desplazamiento cerradora a apoyo en fugómetro													
40	PM: Operario llega a fugómetro	1,8		3,0										
	Operario descarga conjunto en apoyo junto a fugómetro													
50	PM: Operario deja de tocar conjunto			4,0										
	Desplazamiento fugómetro a calibradora vertical													
TOTAL_1		11,2		10,0										
Nº	TAREAS PERIÓDICAS	(seg)	FREQ.	PESO (seg)	SYMBOLS: - MANUAL: AUTO: WALK: ESPERA:									
A	Contenedor final	40	35	1,1										
TOTAL_2		1,1												
TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2)		22,3												
PIEZAS POR HORA		161,1												

FAU-F-PSG-5007



E) Diagrama tiempo ciclo en ambas fases (trabajo con dos y tres operarios).



F) Registro de datos realizado en Mayo de 2017 sobre TRS y No TRS.

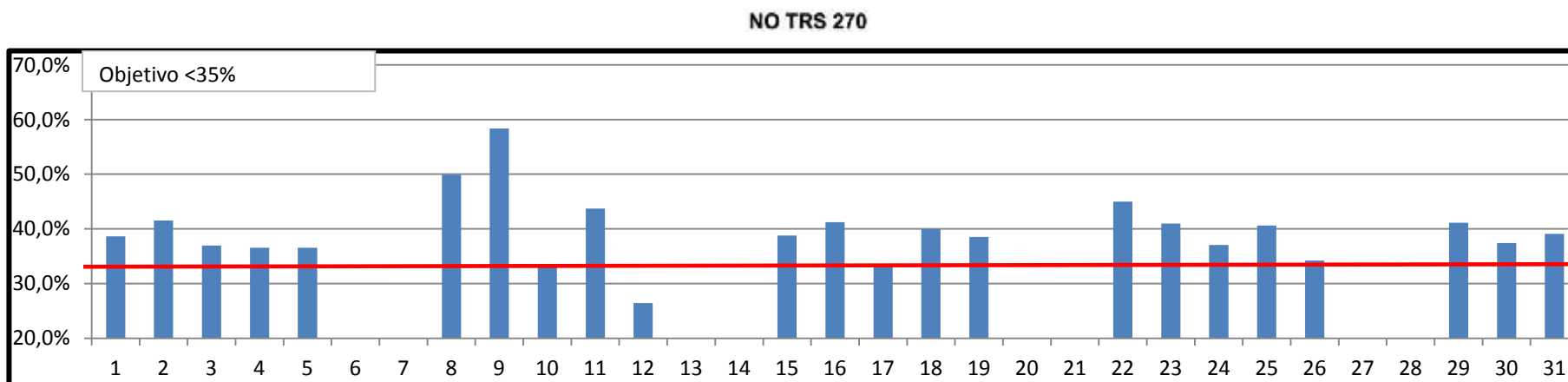
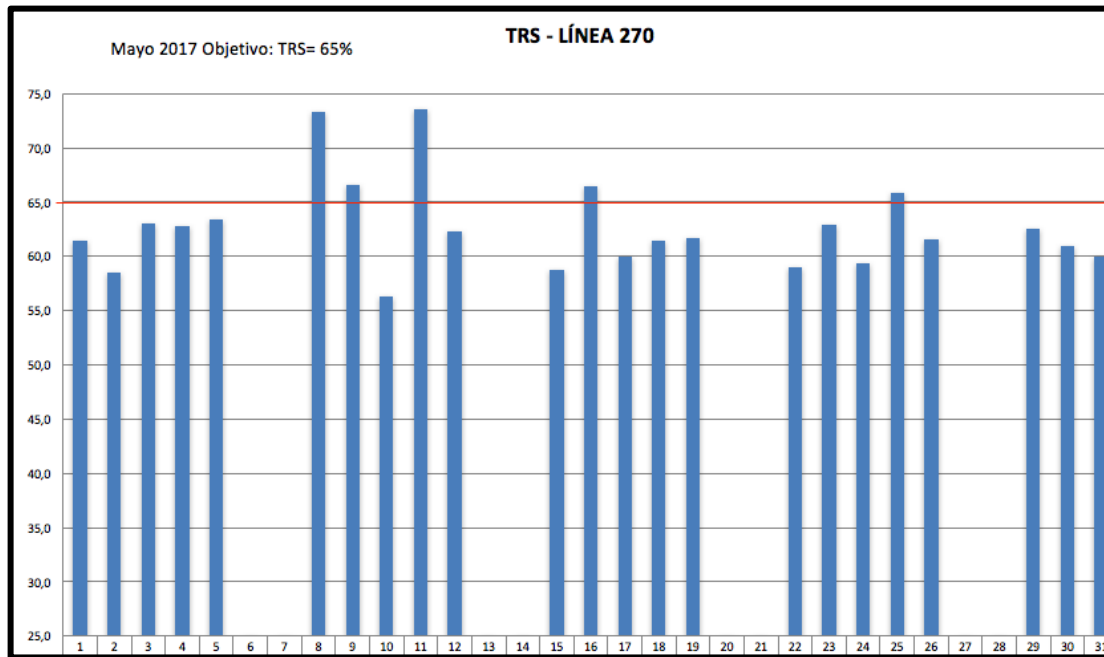
NO TRS - LÍNEA 270

MES DE MAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO	
CALIDAD	10	15	19	10	8			14	16	14	16	9			13	13	25	9	7			13	13	11	14	8			0	7	8	11,5	
CAMBIO DE REFERENCIA	123	154	132	191	132			134	187	112	125	127			122	171	136	155	163			184	164	125	146	154			173	126	148	181,5	
PAÑADAS PROGRAMADAS	50	50	50	50	50			50	50	50	50	50			50	50	50	50	50			50	50	50	50	50			50	50	50	50,0	
AVERÍA	162	100	95	196	175			173	252	74	55	82			94	95	44	96	71			74	95	86	39	111			40	163	85	106,9	
FALTA MATERIAL	8	6	0	4	12			16	7	7	10	8			11	0	9	16	9			0	14	0	15	8			15	6	4	4	7,6
MICROPANADAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MES DE MAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
CALIDAD	0,69%	1,04%	1,32%	0,69%	0,56%			0,97%	1,11%	0,97%	1,11%	0,63%			0,90%	0,90%	1,04%	0,63%	0,49%			1,04%	0,90%	0,76%	0,97%	0,56%			0,00%	0,49%	0,56%	0,80%
CAMBIO DE REFERENCIA	8,54%	10,69%	9,17%	13,26%	9,17%			9,31%	12,99%	7,78%	8,68%	8,82%			8,68%	11,88%	9,44%	10,76%	11,32%			12,78%	11,39%	8,68%	10,14%	10,69%			12,01%	8,75%	10,28%	12,60%
PAÑADAS PROGRAMADAS	10,40%	10,40%	10,40%	10,40%	10,40%			10,40%	10,40%	10,40%	10,40%	10,40%			10,40%	10,40%	10,40%	10,40%	10,40%			10,40%	10,40%	10,40%	10,40%	10,40%			10,40%	10,40%	10,40%	10,40%
AVERÍA	11,25%	7,08%	6,60%	13,61%	12,15%			12,01%	17,50%	5,14%	3,82%	5,69%			6,53%	6,60%	3,06%	6,67%	4,93%			5,14%	6,60%	5,97%	2,71%	7,71%			2,78%	11,32%	5,90%	7,42%
FALTA MATERIAL	0,56%	0,42%	0,00%	0,28%	0,83%			1,11%	0,49%	0,49%	0,69%	0,56%			0,76%	0,00%	0,63%	1,11%	0,63%			0,00%	0,97%	0,00%	1,04%	0,56%			0,42%	0,28%	0,28%	0,53%
MICROPANADAS	7,17%	11,91%	9,48%	-1,71%	3,43%			16,10%	15,85%	8,60%	19,01%	0,34%			11,73%	11,46%	8,92%	10,41%	10,79%			15,64%	10,69%	11,23%	15,36%	4,30%			15,49%	6,20%	11,65%	10,18%

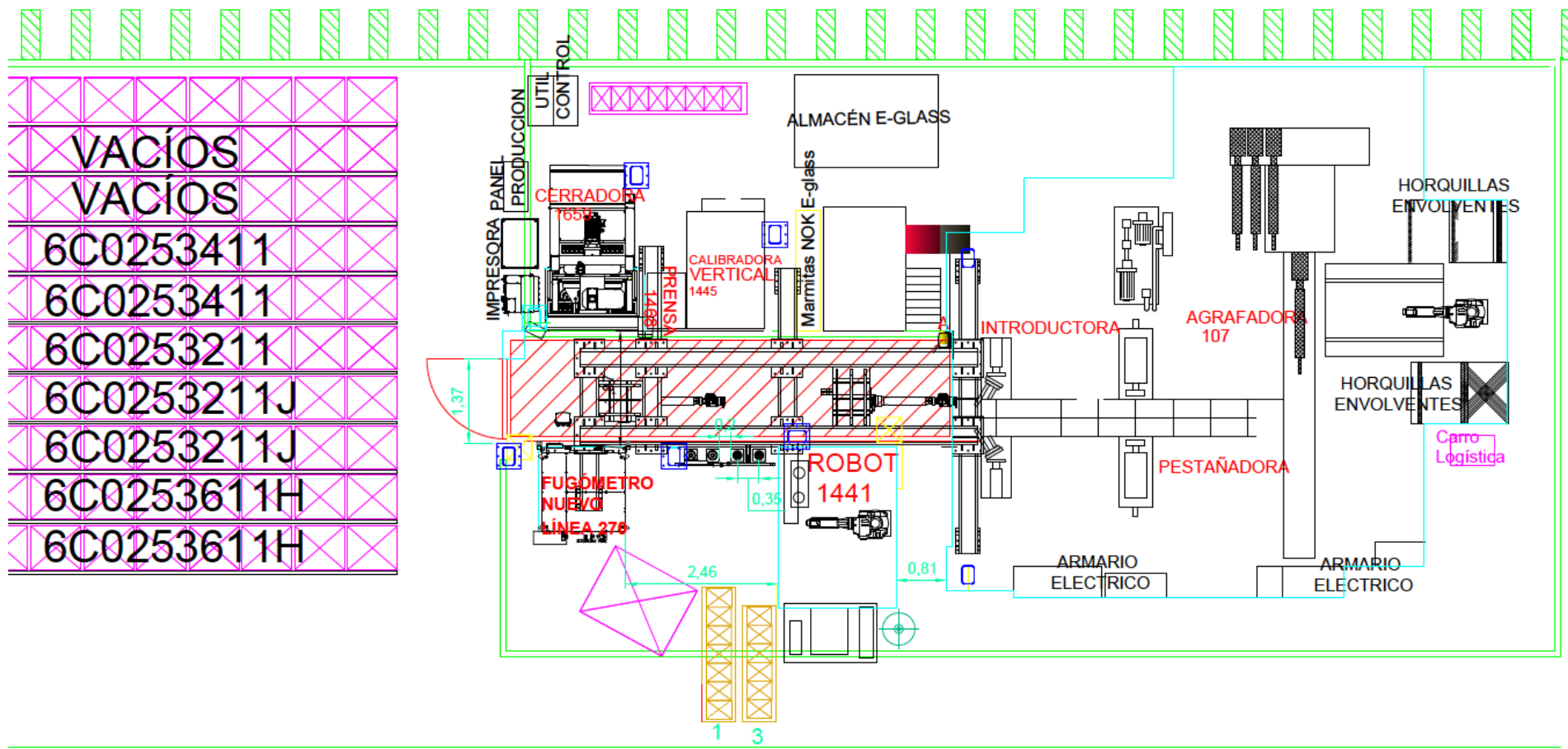
TRS - LÍNEA 270

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15			
Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS		
1577	61,4	1491	58,5	1740	63,0	1593	62,8	1654	63,5	0	0	0	0	1272	73,4	1159	66,6	1004	56,3	989	73,6	1030	62,3	0	0	0	0	777	58,8		
16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31	
Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS	Prod	TRS		
1191	66,5	1657	60	1100	61	1277	62	0	0	0	0	1523	59	958	63	1425	59	1668	66	1698	62	0	0	0	0	1540	63	1554	61	1655	60

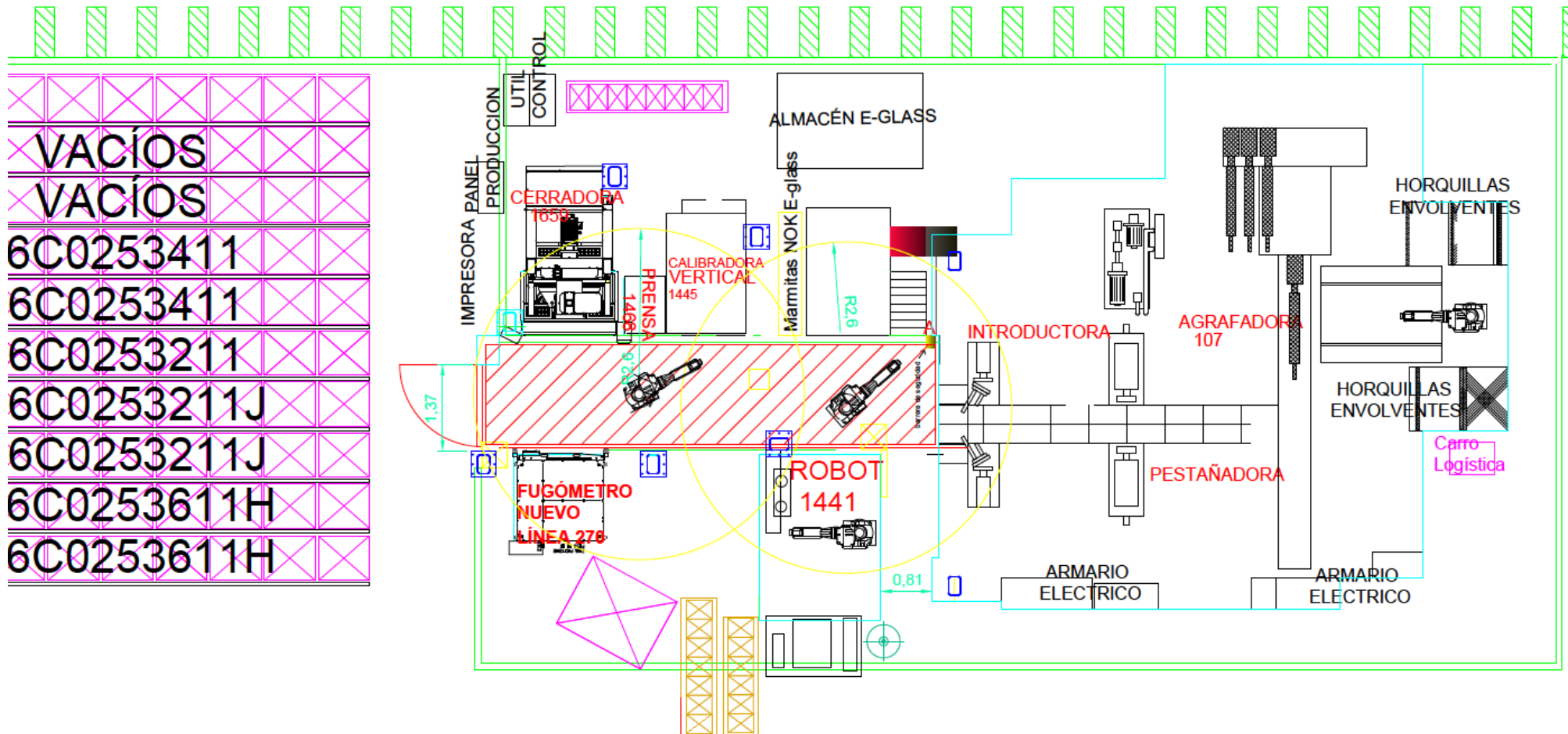


10.3. Anexos referentes a la situación futura (línea automatizada)

- A) Layout de la línea en la situación futura (automatizada). Layout con robots y estructura de sujeción de los mismos (centro de la imagen en línea negra), zona de seguridad/trabajo de los robots (rayado en rojo) y columnas de apoyo de la estructura (azul).



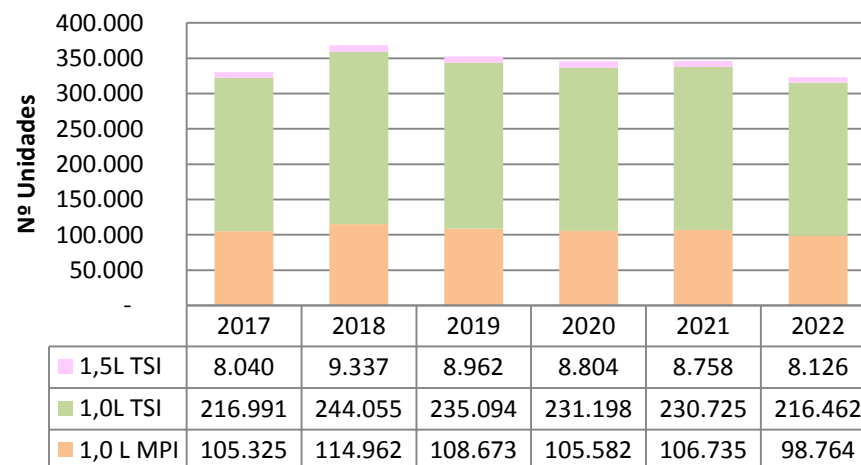
- B) Layout de la línea en la situación futura (automatizada). Layout con robots (centro de la imagen en línea negra), alcance de los mismos (amarillo), zona de seguridad/trabajo de los robots (rayado en rojo) y columnas de apoyo de la estructura (azul).



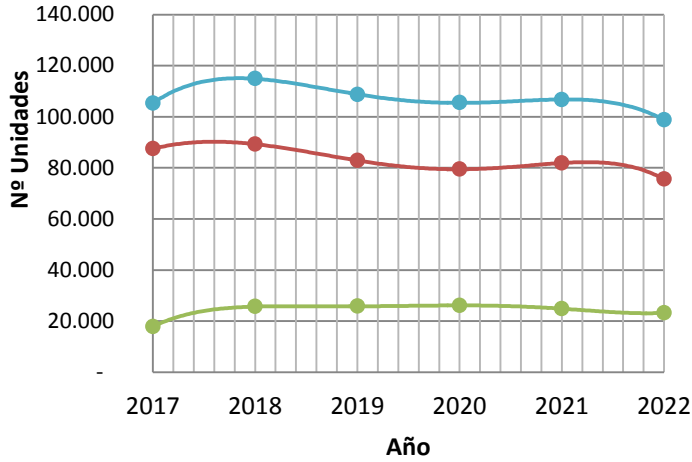
C) Volúmenes de demanda (estimados) de modelos de la plataforma MQB entre los años 2017 y 2022

Designación	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.0l MPI - Iberia TOTAL	105.325	114.962	108.673	105.582	106.735	98.764
1,0L 44/55kW MPI -VW	87.494	89.281	82.895	79.452	81.894	75.542
1,0L 44/55kW MPI -Seat	17.831	25.681	25.777	26.129	24.841	23.222
1.0l TSI - Iberia TOTAL	216.991	244.055	235.094	231.198	230.725	216.462
1,0L 66/81kW TSI - VW	126.901	129.491	120.230	115.237	118.778	109.566
1,0L 66/81kW TSI - Seat	90.090	114.564	114.864	115.961	111.947	106.896
1.5l TSI - Iberia TOTAL	8.040	9.337	8.962	8.804	8.758	8.126
1,5L 110kW ACT TSI - VW	5.343	5.452	5.062	4.852	5.001	4.614
1,5L 110kW ACT TSI - Seat	2.697	3.885	3.900	3.953	3.757	3.512

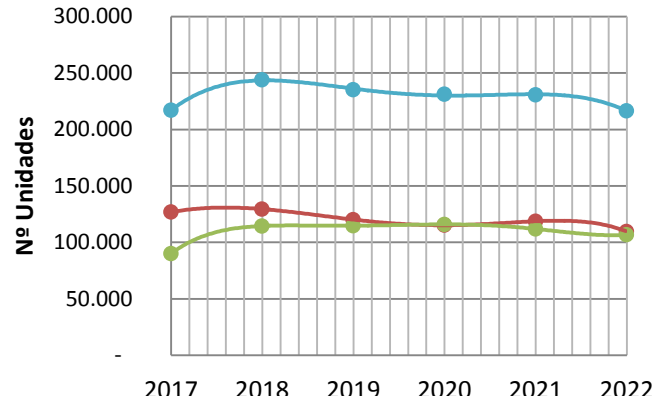
Demanda anual por modelo de MQB



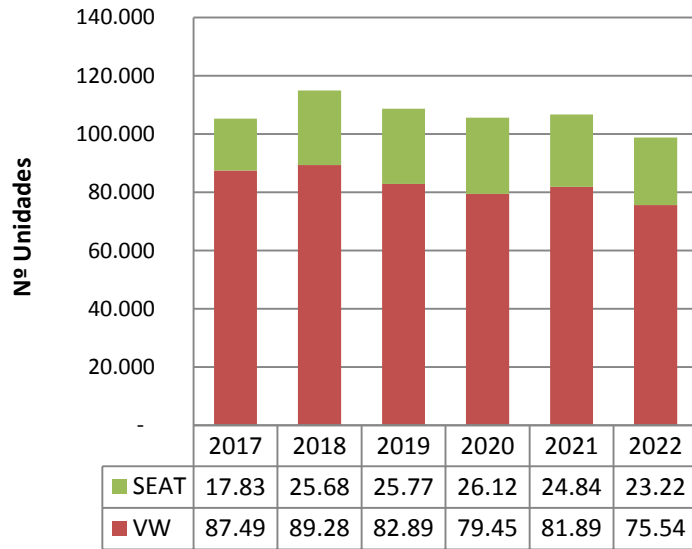
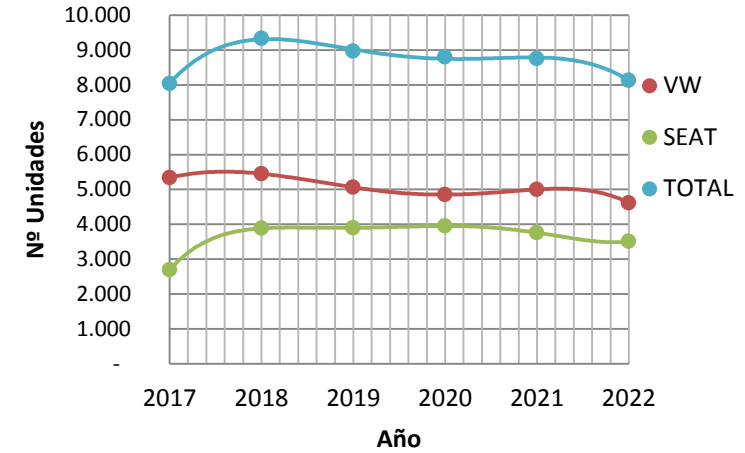
1,0 MPI



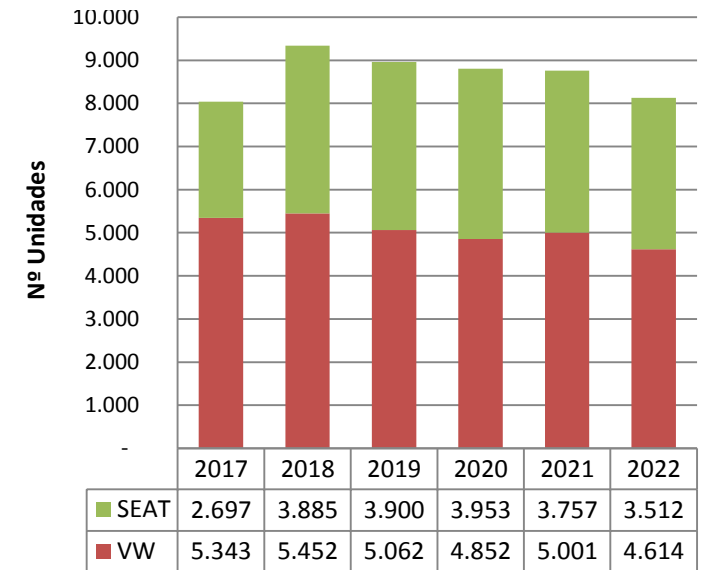
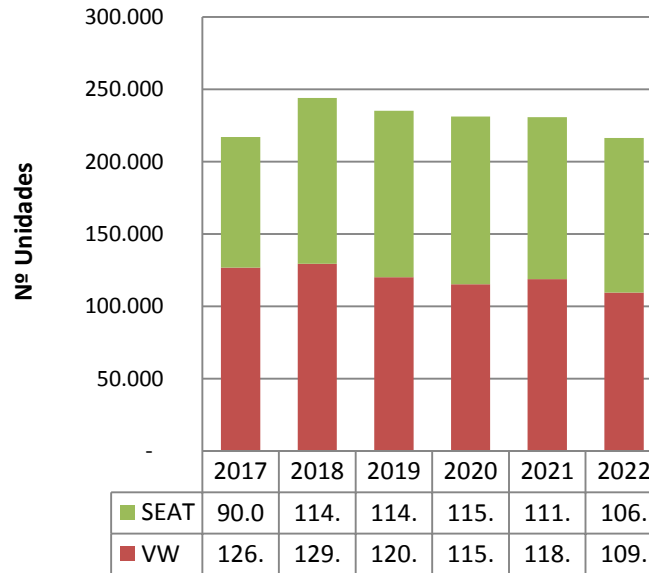
1,0 TSI



1,5 TSI



1,0 TSI



- D) Estudio de tiempos de línea en situación futura (un operario y dos robots). Incluye Medida del Tiempo Ciclo (TCT), Tabla de Combinación de Tareas (TCT) y Esquema de Tareas Estándar (ETE).

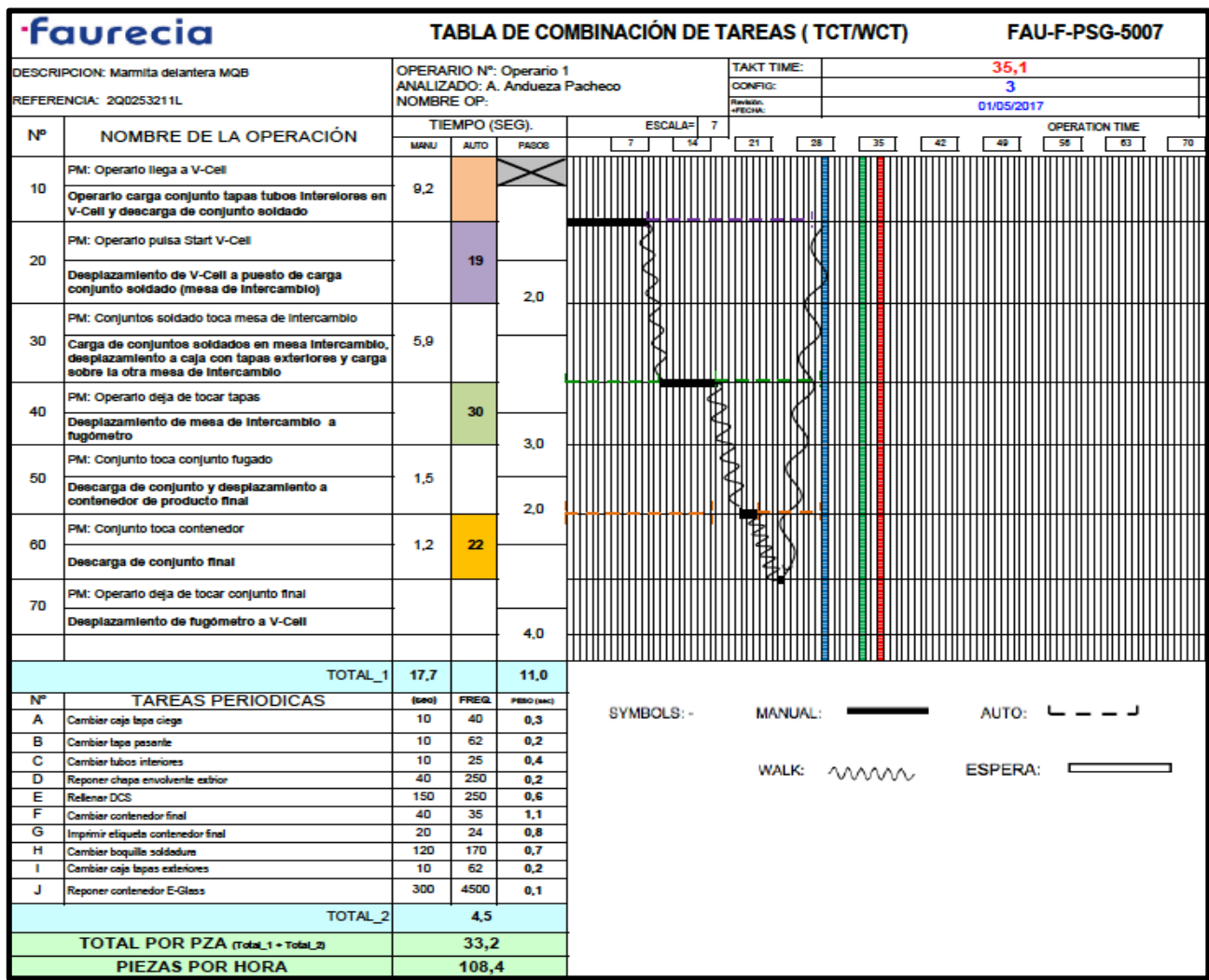
ESTUDIO DE TIEMPOS

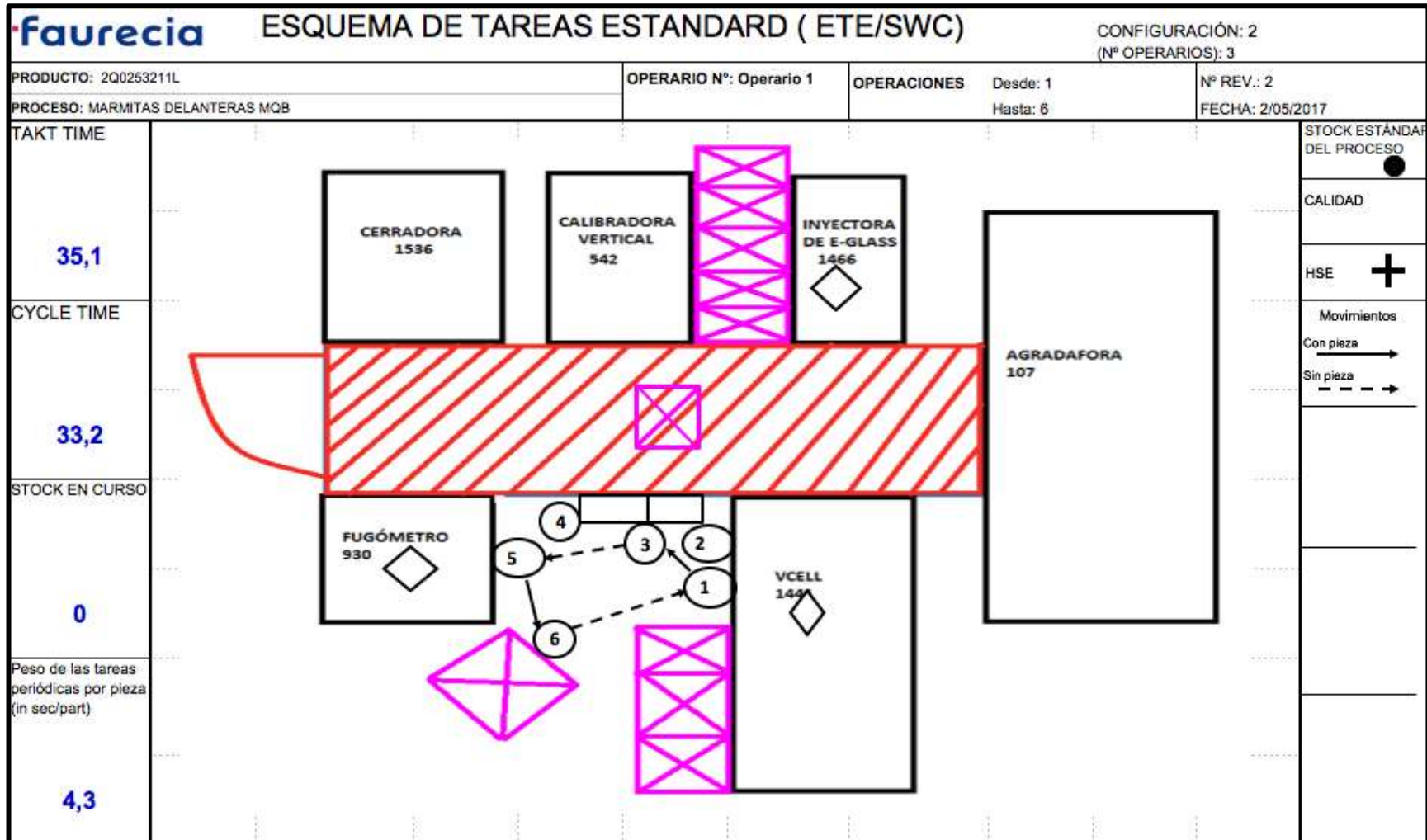
1 OPERARIO + 2 ROBOTS MANIPULADORES




Para operario:

faurecia		MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)								
PRODUCTO: 2Q0253211L		OPERARIO N°: 1					CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 1			
PROCESO: Marmitas delanteras MQB		ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco					Operario + 2 Robots			
FECHA: 01-Jun-2017		HORA: 11:00								
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Operario llega a V-Cell									
	Operario carga conjunto tapas tubos interiores en V-Cell y descarga de conjunto soldado	9,31	8,50	9,20	8,78	9,12	8,982	8,5	9,31	9,53%
2	PM: Operario pulsa Start V-Cell									
	Desplazamiento de V-Cell a puesto de carga conjunto soldado (mesa de intercambio)	2,14	2,01	2,05	2,33	2,54	2,214	2,01	2,54	26,37%
3	PM: Conjuntos soldado toca mesa de intercambio									
	Carga de conjuntos soldados en mesa intercambio, desplazamiento a caja con tapas exteriores y carga sobre la otra mesa de intercambio	6,64	6,27	5,87	5,74	6,02	6,108	5,74	6,64	15,68%
4	PM: Operario deja de tocar tapas									
	Desplazamiento de mesa de intercambio a fugómetro	3,24	3,19	3,09	3,18	3,03	3,146	3,03	3,24	6,93%
5	PM: Conjunto toca conjunto fugado									
	Descarga de conjunto y desplazamiento a contenedor de producto final	2,85	2,43	3,02	2,68	2,54	2,704	2,43	3,02	24,28%
6	PM: Conjunto toca contenedor									
	Descarga de conjunto final	1,30	2,01	1,17	1,55	1,18	1,442	1,17	2,01	71,79%
7	PM: Operario deja de tocar conjunto final									
	Desplazamiento de fugómetro a V-Cell	3,82	3,60	3,68	3,89	4,13	3,824	3,6	4,13	14,72%
TIEMPO CICLO (CT)		29,3	28,01	28,08	28,15	28,56	28,42	28,01	29,3	
CT SIN ESPERAS		29,3	28,01	28,08	28,15	28,56	28,42	28,01	29,3	
OBSERVACIONES										
a										
b										
c										

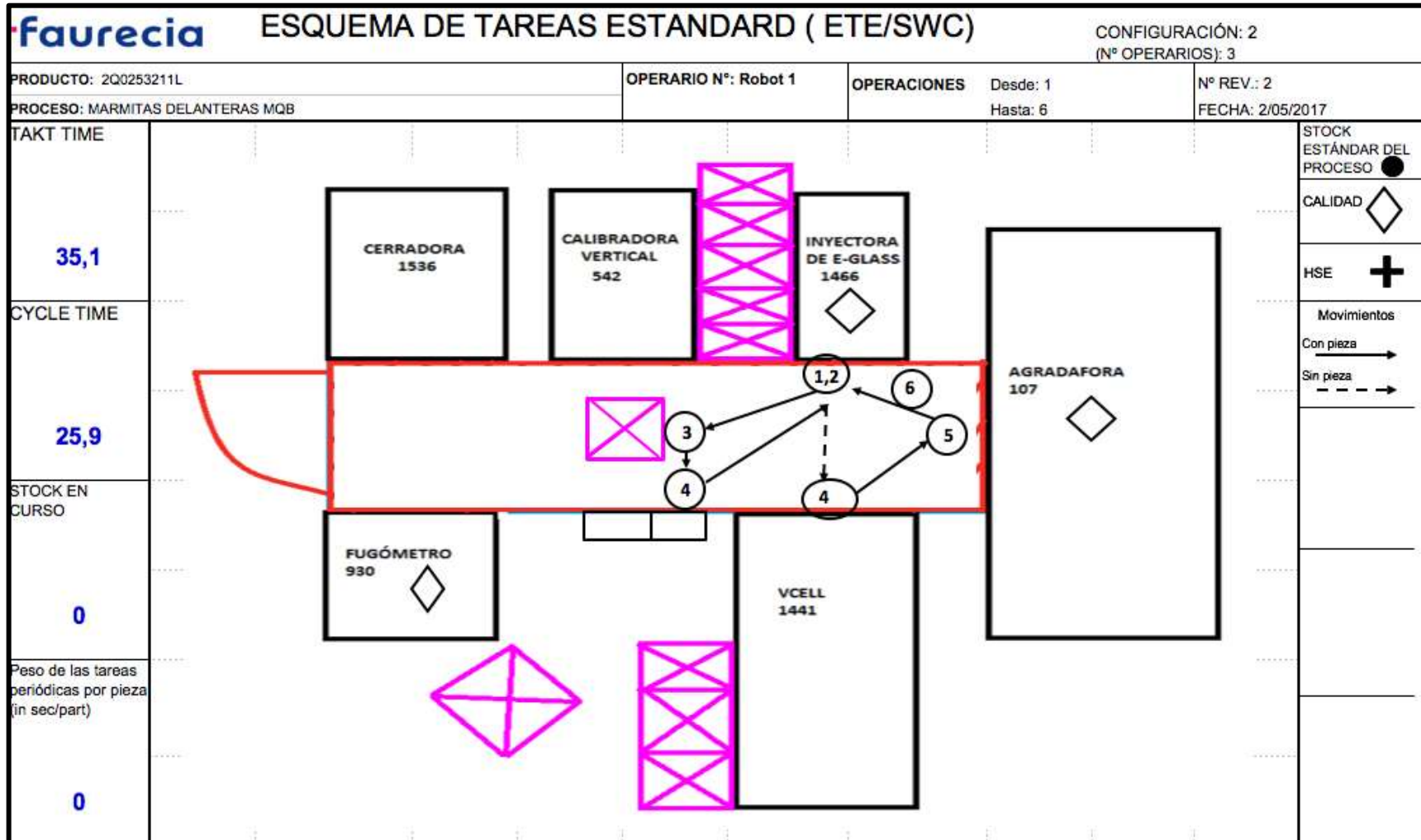





Para Robot 1:

 MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)										
PRODUCTO: 2Q0253211L PROCESO: Marmitas delanteras MQB FECHA: 05-may-2017					OPERARIO N°: 2 ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco HORA: 13:00			CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 3		
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Conjunto toca utillaje de inyectora	2,55	2,43	2,58	2,46	2,63	2,53	2,43	2,63	8,23%
	Carga conjunto en inyectora									
2	PM: Inicio ciclo inyectora	2,13	2,08	2,09	2,11	2,11	2,104	2,08	2,13	2,40%
	Inyectora queda habilitada para descarga									
3	PM: Robot toca conjunto en inyectora E-Glass	3,15	3,35	3,24	3,54	3,25	3,306	3,15	3,54	12,38%
	Desplazamiento conjunto a mesa intercambio para Robot 2 y descarga									
4	PM: Robot deja de tocar conjunto	7,56	7,55	7,69	7,68	7,52	7,6	7,52	7,69	2,26%
	Coger tapa exterior y colocarla sobre base utillaje E-Glass, desplazamiento a V-Cell y carga									
5	PM: Robot toca conjunto soldado	6,76	6,74	6,84	6,88	6,70	6,784	6,7	6,88	2,69%
	Desplazamiento de V-Cell a introductora y carga de los dos conjuntos soldados en introductores y descarga de conjunto									
6	PM: Inicio ciclo introductora	3,82	3,95	4,10	4,02	3,77	3,932	3,77	4,1	8,75%
	Desplazamiento conjunto de agrafadora a inyectora de e-glass									
TIEMPO CICLO (CT)		25,97	26,1	26,54	26,69	25,98	26,256	25,97	26,69	
CT SIN ESPERAS		25,97	26,1	26,54	26,69	25,98	26,256	25,97	26,69	
OBSERVACIONES										
a										
b										
c										

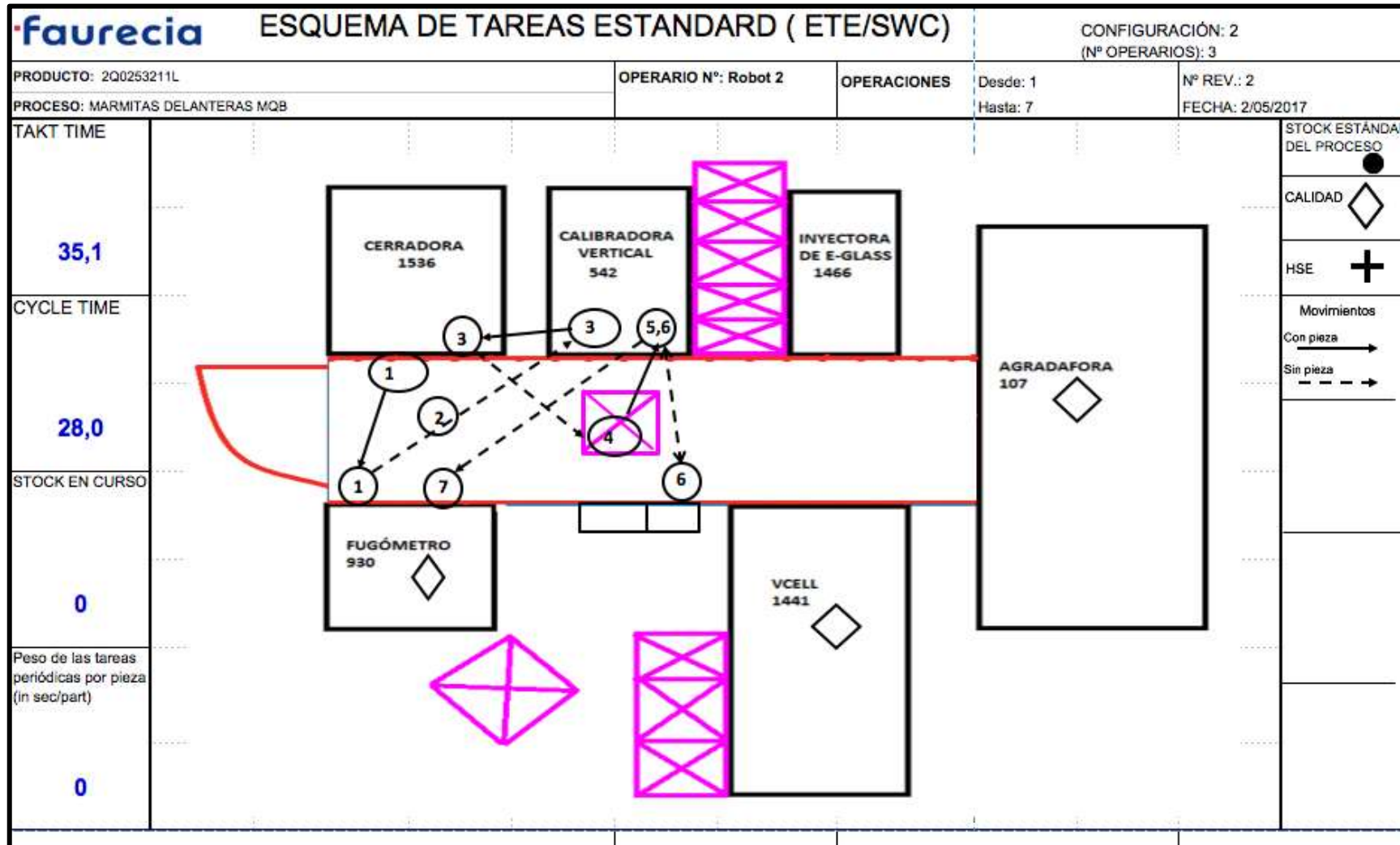
faurecia		TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT)				FAU-F-PSG-5007									
DESCRIPCIÓN: Marmita delantera MQB		OPERARIO N°: 2/3				TAKT TIME:		35,1							
REFERENCIA: 2Q0253211L		ANALIZADO: A. Andueza Pacheco				CONFIG:		2							
						Revisión:		01/05/2017							
Nº	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	TIEMPO (SEG.)			ESCALA= 7										
		MANU	AUTO	PASOS	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
10	PM: Conjunto toca utillaje de inyectora	2,6	0	0											
	Carga conjunto en inyectora														
20	PM: Inicio ciclo inyectora	2,1	22	0											
	Inyectora queda habilitada para descarga														
30	PM: Robot toca conjunto en inyectora E-Glass	0	0	3,2											
	Desplazamiento conjunto a mesa intercambio para Robot 2														
40	PM: Robot deja de tocar conjunto	3,0	0	4,5											
	Coger tapa exterior y colocarla sobre base utillaje E-Glass y desplazamiento a V-Cell														
50	PM: Robot toca conjunto soldado	6,7	0	0											
	Carga de los dos conjuntos soldados en introductores y descarga de conjunto														
60	PM: Inicio ciclo introductora	0	30	3,8											
	Desplazamiento conjunto de agrafadora a inyectora de e-glass														
TOTAL_1		14,4	0	11,5											
Nº	TAREAS PERIÓDICAS	(seg)	FREQ.	PESO (seg)	SYMBOLS: - MANUAL: ——— AUTO: - - - - | WALK: WALK: ~~~~~ ESPERA: ———										
TOTAL_2		0,0													
TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2)		25,9													
PIEZAS POR HORA		139,0													



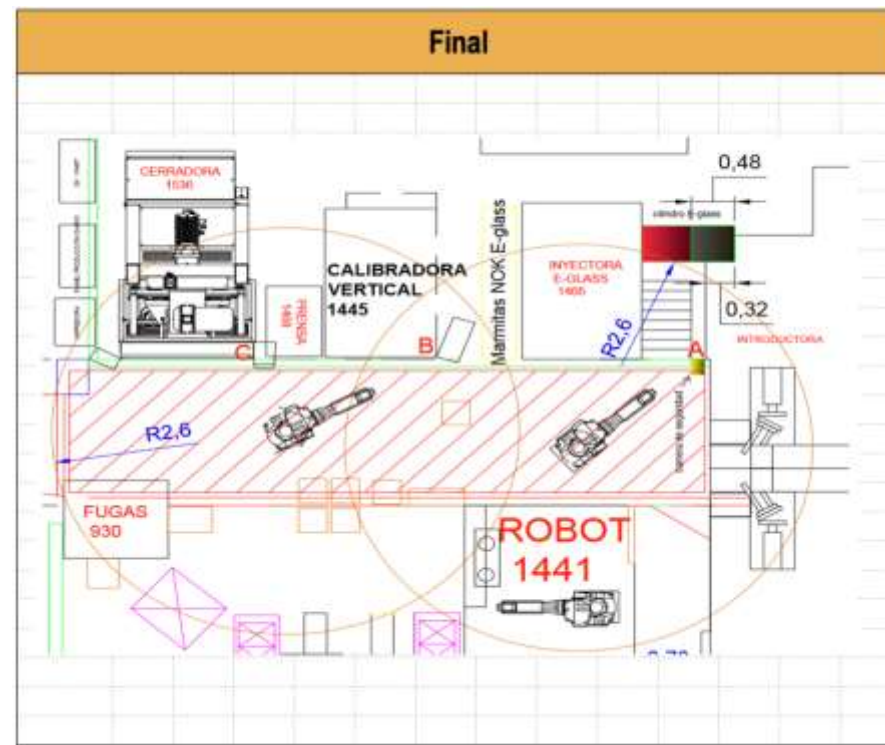
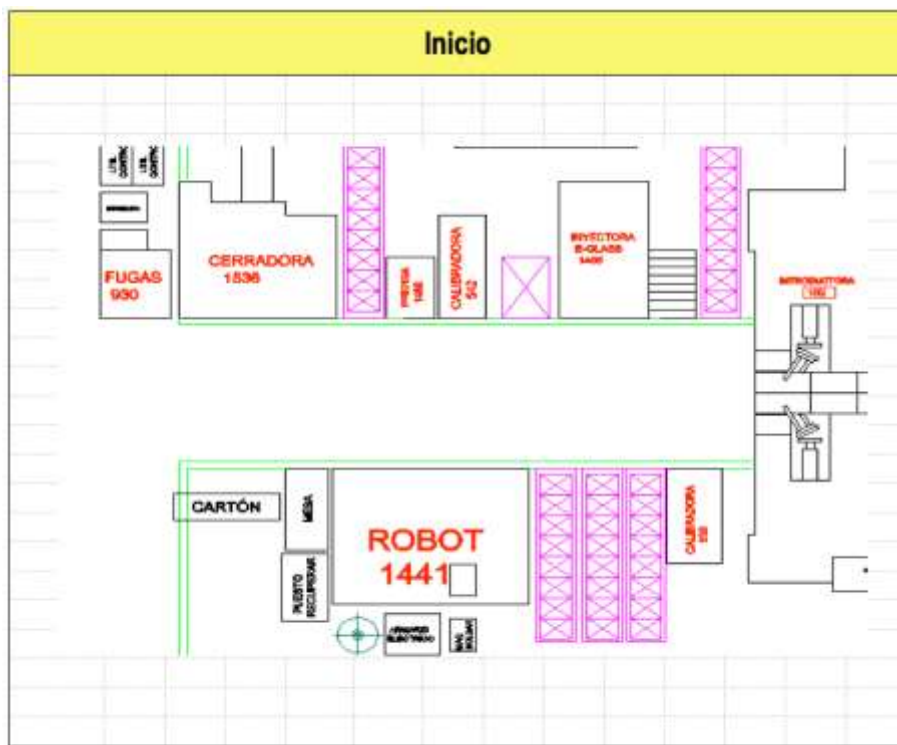
Para robot 2:

 MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)										
PRODUCTO: 2Q0253211L PROCESO: Marmitas delanteras MQB FECHA: 05-may-2017					OPERARIO N°: 3 ANALIZADO POR: Ariane Andueza Pacheco HORA: 13:00			CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 3		
N°	TAREAS ELEMENTALES	1	2	3	4	5	Aver.	Min	Max	V %
1	PM: Robot toca conjunto de cerradora Carga, desplazamiento conjunto de cerradora a fugómetro y descarga en fugómetro	4,36	4,42	4,47	4,33	4,73	4,462	4,33	4,73	9,24%
2	PM: Robot deja de tocar conjunto fugómetro Desplazamiento de fugómetro a calibradora.	3,22	2,15	1,97	2,05	2,08	2,294	1,97	3,22	63,45%
3	PM: Robot toca conjunto calibradora Carga y desplazamiento conjunto de calibradora a cerradora. Carga en cerradora.	5,73	5,76	5,80	5,82	5,79	5,78	5,73	5,82	1,57%
4	PM: Robot deja conjunto sobre cerradora Desplazamiento de cerradora a mesa de intercambio	2,10	1,93	2,05	2,01	2,06	2,03	1,93	2,1	8,81%
5	PM: Robot toca conjunto de mesa de intercambio Carga y desplazamiento de conjunto de mesa de intercambio a calibradora vertical. Descarga en calibradora	5,22	5,53	5,21	5,33	5,31	5,32	5,21	5,53	6,14%
6	PM: Robot deja conjunto sobre calibradora vertical Desplazamiento a mesa de intercambio y carga de tapa exterior.Desplazamiento a calibradora vertical y carga de tapa sobre conjunto.	4,63	4,73	4,66	4,31	4,84	4,634	4,31	4,84	12,30%
7	PM: Robot deja de tocar tapa Desplazamiento robot a fugómetro	3,55	3,49	3,50	3,34	3,44	3,464	3,34	3,55	6,29%
TIEMPO CICLO (CT)		28,81	28,01	27,66	27,19	28,25	27,984	27,19	28,81	
CT SIN ESPERAS		28,81	28,01	27,66	27,19	28,25	27,984	27,19	28,81	
OBSERVACIONES										
a										
b										
c										

faurecia		TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT)			FAU-F-PSG-5007													
DESCRIPCION: Marmita delantera MQB		OPERARIO Nº: 2/3			TAKT TIME:		35,1											
REFERENCIA: 2Q0253211L		ANALIZADO: A. Andueza Pacheco			CONFIG:		2											
					Revisión:		01/05/2017											
					FECHA:													
Nº	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	TIEMPO (SEG.)			ESCALA= 7													
		MANU	AUTO	PASOS	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70				
10	PM: Robot toca conjunto de cerradora	2,7	18	1,7														
	Carga, desplazamiento conjunto de cerradora a fugómetro y descarga en fugómetro																	
20	PM: Robot deja de tocar conjunto fugómetro	3,3	20	2,1														
	Desplazamiento de fugómetro a calibradora.																	
30	PM: Robot toca conjunto calibradora	2,7	11	2,8														
	Carga y desplazamiento conjunto de calibradora a cerradora. Carga en cerradora.																	
40	PM: Robot deja conjunto sobre cerradora	3,0	11	1,7														
	Desplazamiento de cerradora a mesa de intercambio																	
50	PM: Robot toca conjunto de mesa de intercambio	2,7	11	3,5														
	Carga y desplazamiento de conjunto de mesa de intercambio a calibradora vertical. Descarga en calibradora																	
60	PM: Robot deja conjunto sobre calibradora vertical	3,0	11	1,7														
	Desplazamiento a mesa de intercambio y carga de tapa exterior.Desplazamiento a calibradora vertical y carga de tapa sobre conjunto.																	
70	PM: Robot deja de tocar tapa	3,0	11	1,7														
	Desplazamiento robot a fugómetro																	
TOTAL_1		11,7		16,3														
Nº	TAREAS PERIÓDICAS	(sec)	FREQ.	PESO (sec)														
A																		
TOTAL_2				0,0														
TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2)				28,0														
PIEZAS POR HORA				128,7														



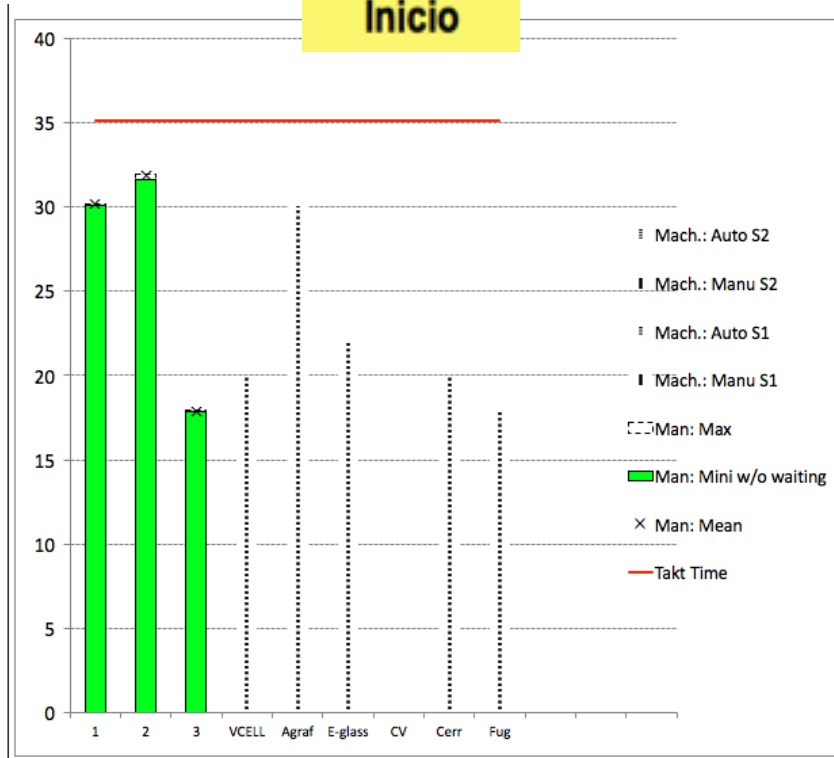
E) Diagrama tiempo ciclo de Inicio (fase 2; trabajo con 3 operarios) y final (tras automatizar; un operario y 2 robots)



Estudio de una posible automatización en una línea de montaje del sector automovilístico

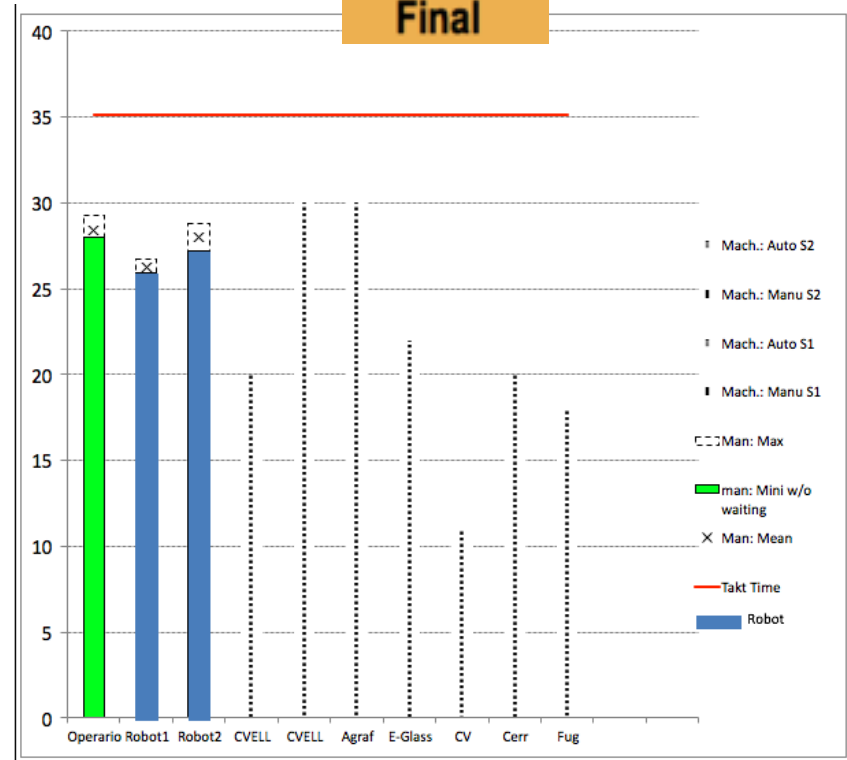
Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Pública de Navarra

Inicio



Date: 19/06/2017		Takt Time: 35,1 sec												Total		
OP / Mach.	OP	OP	OP	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.						
Name	1	2	3	VCELL	Agraf	E-glass	CV	Cerr	Fug							
Operator	Mini w/o waiting	30,068	31,6	17,839												79,507
	Mean	30,137	31,875	17,875												79,887
	Max	30,2	31,92	17,9												80,02
Machine	Side1															
	Auto				20	30	22	11	20	18						
	Side2															
	Auto															
	Sum															

Final



Date: 19/06/2017		Takt Time: 35,1 sec												Total		
OP / Mach.	OP	OP	OP	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.						
Name	Operario	Robot 1	Robot 2	CVELL	CVELL	Agraf	E-Glass	CV	Cerr	Fug						
Operator	Mini w/o waiting	28,01	25,97	27,19												81,17
	Mean	28,42	26,26	27,98												82,66
	Max	29,31	26,69	28,8												84,8
Machine	Side1															
	Auto				20	30	30	22	11	20	18					
	Side2															
	Auto															
	Sum															

F) Ficha técnica de los robots manipuladores instalados. Modelo: Fanuc M-710iC/45M

M-710iC/45M (High inertia version)

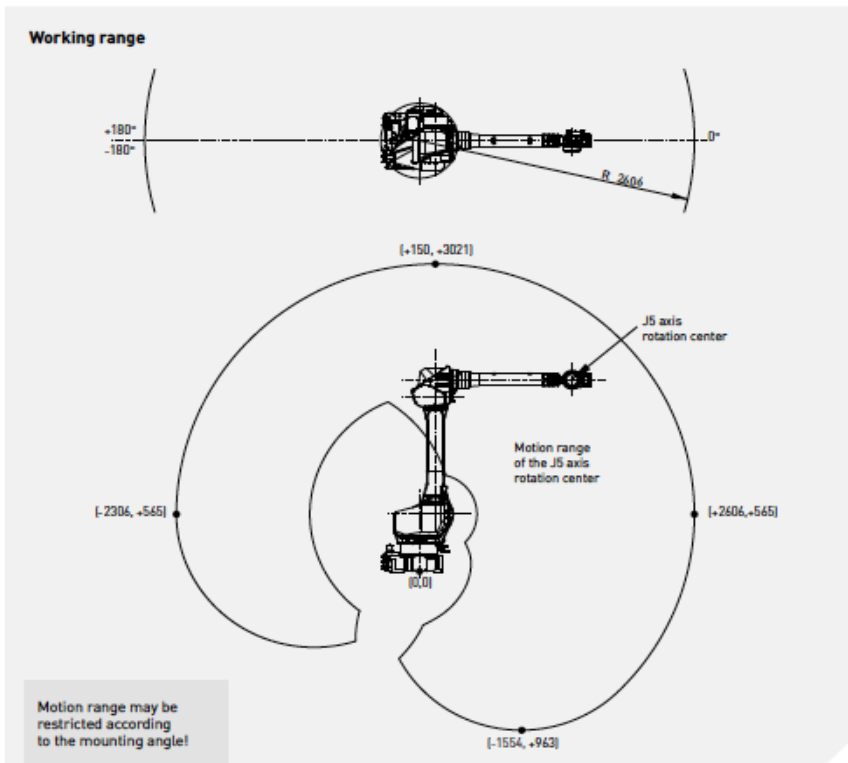




Max. load capacity
at wrist: **45 kg**



Max. reach:
2606 mm

Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range (°)								Maximum speed (°/s)								J4 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)	J5 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)	J6 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	E1	J1	J2	J3	J4	J5	J6	E1					
6	± 0.06*	570	360	225	440	800	250	800	-	180	180	180	250	250	360	-	206/28	206/28	127/20		



 Robot	M-710iC/45M
Robot footprint (mm)	535 x 550
Mounting position Floor	•
Mounting position Upside down	•
Mounting position Angle	•
 Controller	R30iB
Open air cabinet	-
Mate cabinet	o
A-cabinet	•
B-cabinet	o
iPendant Touch	•
Electrical connections	
Voltage 50/60Hz 3phase [V]	380-575
Voltage 50/60Hz 1phase [V]	-
Average power consumption [kW]	2.5
Integrated services	
Integrated signals on upper arm In/Out	8/8
Integrated air supply	1
Environment	
Acoustic noise level [dB]	71.3
Ambient temperature [° C]	0-45
Protection	
Body standard/optional	IP54/IP67
Wrist & J3 arm standard/optional	IP67