



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

## Industrialización de un nuevo modelo de Heat Pump eDPEO e instalación de una línea de montaje en Valeo Térmico

Autor/es

Eduardo Sirvent Arnal

Director/es

Marta Manso Nerín

Director/es

Jesús Antonio Royo Sánchez

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2023



# Resumen

## Industrialización de un nuevo modelo de Heat Pump eDPEO e instalación de una línea de montaje en Valeo Térmico.

El siguiente trabajo se ha desarrollado en el sector industrial de la automoción, concretamente en la empresa Valeo Térmico S.A.U, situada en Zaragoza. El objetivo de este trabajo es mostrar la industrialización de un nuevo modelo de Heat Pump en una línea de producción en I ya existente, así como la instalación de una nueva línea de montaje idéntica para aumentar la capacidad de producción de piezas Heat Pump.

En el trabajo a acometer, se realizará primero la industrialización del nuevo modelo de Heat Pump eDPEO en la línea existente, para poder suministrar piezas al cliente. En la correspondiente línea se monta actualmente los modelos del Heat Pump eCMP, ya instaurados en fabricación en serie.

Posteriormente se abordará la instalación de una nueva línea de montaje en I para adecuar y aumentar la capacidad de producción de ambos modelos del Heat Pump.

Los principales procesos necesarios para la industrialización y la instalación de la nueva línea son los siguientes:

- Diseño de las paletas de montaje para el nuevo modelo eDPEO.
- Diseño de las paletas de helio para el nuevo modelo eDPEO.
- Introducción paletas de montaje del modelo eDPEO en la línea actual.
- Instalación de la segunda línea en I.
- Instalación de herramientas de control de calidad del producto: visión 2D y visión 3D.
- Evaluación de capacidad y eficiencia de la nueva línea de montaje.
- Realización de los documentos técnicos necesarios para el arranque de la línea.



# Índice

<b>1. Introducción</b> .....	8
1.1    Objetivos del proyecto .....	8
1.2    Alcance del proyecto .....	8
1.3    Contexto del proyecto.....	9
<b>2. Introducción al sistema Heat Pump y la línea de montaje en I</b> .....	10
2.1    Sistema Heat Pump .....	10
2.2    Modelo eCMP, componentes y proceso de fabricación .....	11
2.3    Modelo eDPEO, componentes y proceso de fabricación.....	11
2.4    Línea de montaje en I y utillajes para los modelos eDPEO y eCMP .....	13
<b>3. Diseño de utillajes para eDPEO</b> .....	16
3.1    Paletas de montaje o simples.....	16
3.2    Paletas universales o de helio.....	18
<b>4. Línea de montaje en I L001</b> .....	22
4.1    Funcionamiento de la línea .....	22
4.2    Control de la línea .....	29
4.3    Periféricos de la línea .....	31
4.4    Diferencias entre la línea L001 y L002.....	35
<b>5. Comprobación de estanquidad de las piezas</b> .....	38
5.1    Funcionamiento de la máquina de helio.....	38
5.2    Aceptación de paletas de helio eDPEO en la máquina de helio .....	38
5.2.1    Test estático.....	39
5.2.2    Test dinámico .....	39
<b>6. Industrialización de los modelos eDPEO en la línea L001</b> .....	41
<b>7. Proceso de fabricación eDPEO</b> .....	43
7.1    Cálculo del tiempo ciclo y balanceo de puestos .....	45
<b>8. Control por visión para modelos eDPEO</b> .....	47
8.1    Cámara de control 3D .....	47
8.2    Cámara de control 2D .....	50
8.3    Visión cámaras WS51 y WS52 .....	51
8.4    Cámara de registro impresora .....	53
<b>9. Conclusiones</b> .....	55

---

<b>10. Bibliografía</b> .....	57
<b>ANEXOS</b> .....	58
Documentación técnica.....	59
Anexo A .....	60
Anexo B .....	70



# 1. Introducción

## 1.1 Objetivos del proyecto

El objetivo de este trabajo es mostrar la industrialización de un nuevo modelo de Heat Pump llamado eDPEO en una línea de montaje en I, L001, ya instalada en Valeo Térmico S.A.U, así como la instalación de la siguiente línea en I destinada al montaje de Heat Pump, L002, que será la única línea en la que se fabricarán los nuevos modelos eDPEO tras su montaje en la planta.

Se mostrará, a su vez, la evolución del proyecto eDPEO, con la correspondiente metodología de Valeo en lo que a proyectos se refiere, a partir del STEP 5, en el que se desarrolla el diseño de los utillajes a utilizar en las líneas de montaje para los nuevos modelos, los cuales se han diseñado previamente en el STEP 4.

Se mostrará el funcionamiento de los componentes de la línea de montaje instalada en la planta, así como las principales diferencias y mejoras implementadas en la nueva línea de montaje que se va instalar en la planta para la fabricación de nuevos modelos de Heat Pump.

## 1.2 Alcance del proyecto

En primer lugar se mostrarán los modelos de Heat Pump que se fabrican en la planta. A continuación se presentará el proceso necesario para la implementación del nuevo modelo Heat Pump en la línea actual, diseño de las paletas de montaje y universales, su correspondiente validación para su uso en la línea de montaje, así como las auditorías internas necesarias para la mejora en la implementación del modelo a nivel de documentación necesaria para la formación de los operarios. Se mostrará a su vez el proceso de montaje de los nuevos modelos, así como la metodología utilizada para la reducción del tiempo ciclo en su montaje.

Por otra parte se describirán el funcionamiento de la línea de montaje, layout de la línea, periféricos requeridos para la estandarización Valeo de la línea, validaciones correspondientes, modificaciones realizadas en la nueva línea L002, control de estanqueidad de las piezas fabricadas y el nuevo control por visión para controlar las piezas recién ensambladas.

Se presentará la documentación técnica pertinente para la formación de los operarios, mantenimiento autónomo de la línea, instrucciones para los líderes de la línea, ayudas visuales para el control por visión, etc.

Se llevará a cabo un análisis de capacidad de fabricación de la nueva línea, mediante una auditoría realizada por parte de cliente.

Finalmente se expondrán las conclusiones de la instalación de la nueva línea y de la industrialización del nuevo modelo Heat Pump, así como de las nuevas mejoras a aplicar en ambos casos.

En los anexos se mostrará información adicional para facilitar el entendimiento del proyecto.

### 1.3 Contexto del proyecto

El siguiente proyecto se llevará a cabo en Valeo Térmico S.A.U, una empresa situada en Zaragoza que forma parte de la multinacional Valeo, que se dedica al diseño, la producción y la venta de elementos y sistemas del sector de la automoción. Concretamente Valeo Térmico S.A.U está especializado en el área de *Thermal Systems*, la cual abarca sistemas de refrigeración, climatización e intercambiadores de calor.

En este proyecto se va a abarcar la fabricación de sistemas Heat Pump, los cuales están destinados a la climatización de los vehículos eléctricos.

El contexto del siguiente proyecto es la necesidad de implementar los nuevos modelos de Heat Pump eDPEO para venta a cliente en una línea de montaje instalada en la planta destinada a la producción en serie de otros modelos completamente diferentes a los nuevos modelos eDPEO. Esto conllevará el diseño de nuevos utillajes, así como modificaciones en la línea para poder fabricar los modelos eDPEO.

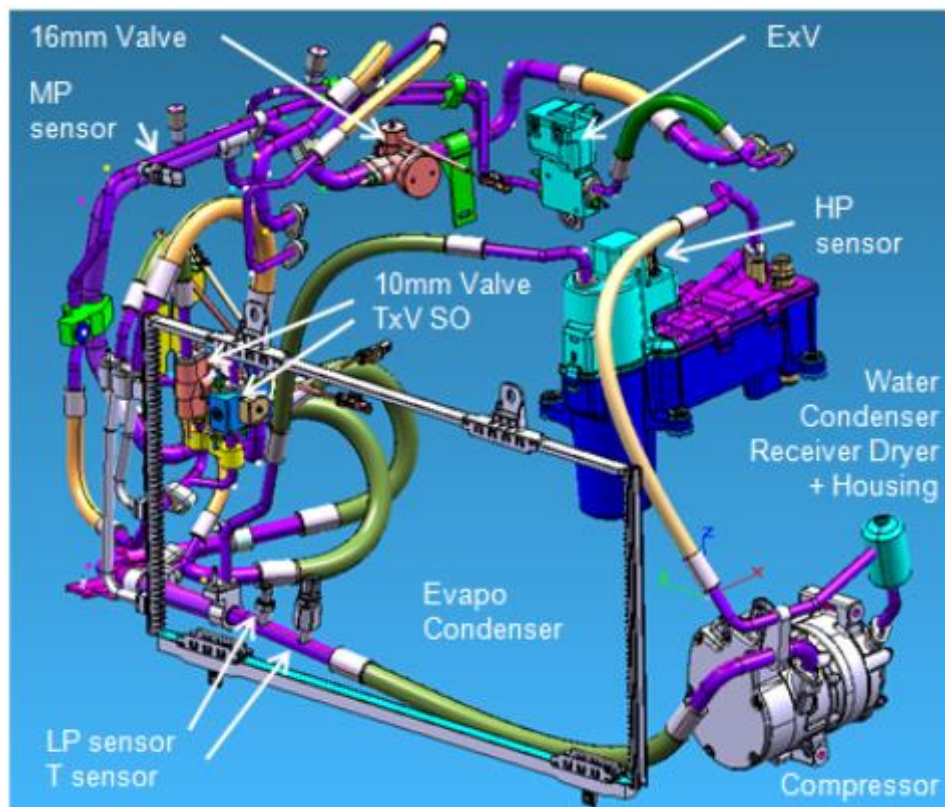
Este requerimiento de producción de nuevos modelos de Heat Pump eDPEO implicará a su vez la necesidad de instalar una nueva línea de montaje para mantener la capacidad de producción de los antiguos modelos, ya que la línea de montaje ya instalada no cuenta con la capacidad para fabricar ambos modelos.

## 2. Introducción al sistema Heat Pump y la línea de montaje en I

### 2.1 Sistema Heat Pump

Tras el desarrollo y la evolución de los vehículos eléctricos en las últimas décadas y su constante búsqueda para aumentar la autonomía de las batería eliminando así los consumos innecesarios y buscando su eficiencia, se introdujo la tecnología Heat Pump en el 2014, un sistema de calefacción diseñado para aumentar la autonomía de este tipo de vehículos especialmente en climas fríos.

El Heat Pump System es un conjunto de tubos y válvulas por el que circula un refrigerante (1234y) a altas presiones con el objetivo de generar energía térmica a partir del calor residual que genera el vehículo. El refrigerante del circuito pasa de líquido a gas por un compresor, para después ser convertido a líquido de nuevo por un condensador. Mediante este proceso se consigue generar la energía térmica que tras pasar por una bomba de calor, se puede utilizar para la calefacción del interior del vehículo de forma eficiente.



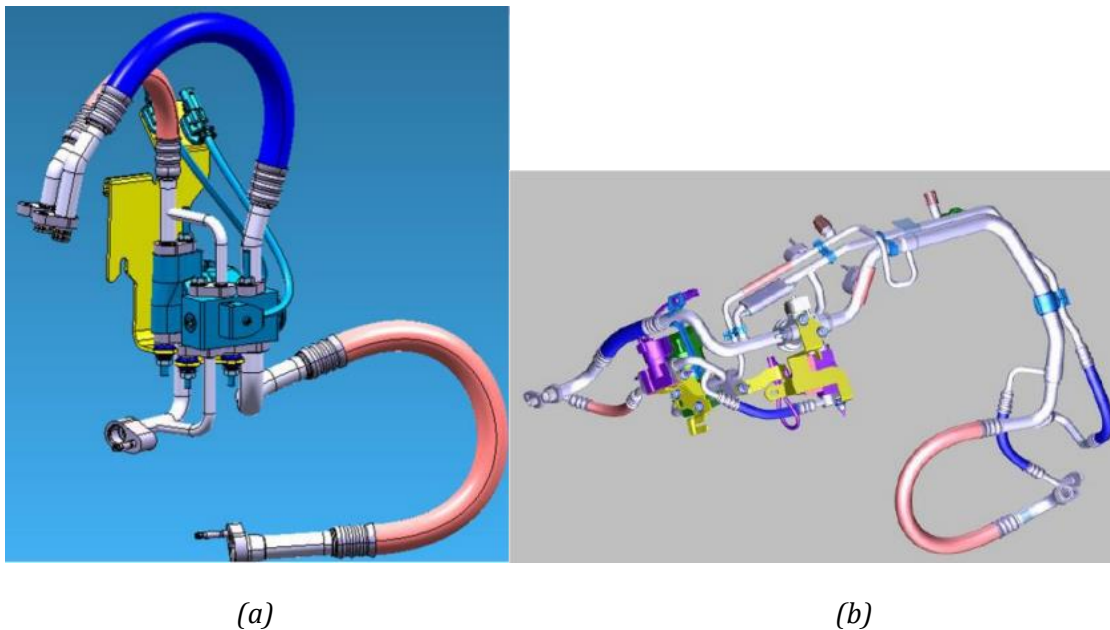
*Ilustración 2.1 Heat Pump System*

En Valeo Térmico S.A.U se realiza el montaje en serie de un sistema Heat Pump denominado eCMP, dentro del cual se realiza el montaje de dos modelos distintos denominados 751/439 y 074. Los componentes se fabrican externamente para su

posterior ensamblaje en la planta de Valeo y ser enviados al cliente. El nuevo sistema de Heat Pump que se va a implementar en la planta se denomina eDPEO y dentro de este sistema se realizará el montaje de dos modelos, el Módulo 3 y el Módulo 4.

## 2.2 Modelo eCMP, componentes y proceso de fabricación

Los modelos de Heat Pump eCMP son los modelos 751, 439 y 074, y son los que se fabrican actualmente en la actual línea de montaje L001. Las piezas de Heat Pump están compuestas por tubos por los que circula el gas, válvulas para regular el paso de este gas y una pata que permite la instalación de las piezas en los vehículos una vez lleguen al cliente, ensamblados entre sí mediante uniones atornilladas. Los modelos 751 y 439 son semejantes, pero con la diferencia de una malla protectora añadida en un tubo en el modelo 439, su montaje es exactamente el mismo, así como los utilajes utilizados. El 751 y el 439 son modelos complejos de montar, ya que tienen más componentes y se cuenta con 7 operarios en la línea para su montaje. Por otro lado, el montaje del modelo 074 es más sencillo y se cuenta con 6 operarios para su montaje, ya que su tiempo ciclo es menor al contar con menos componentes.

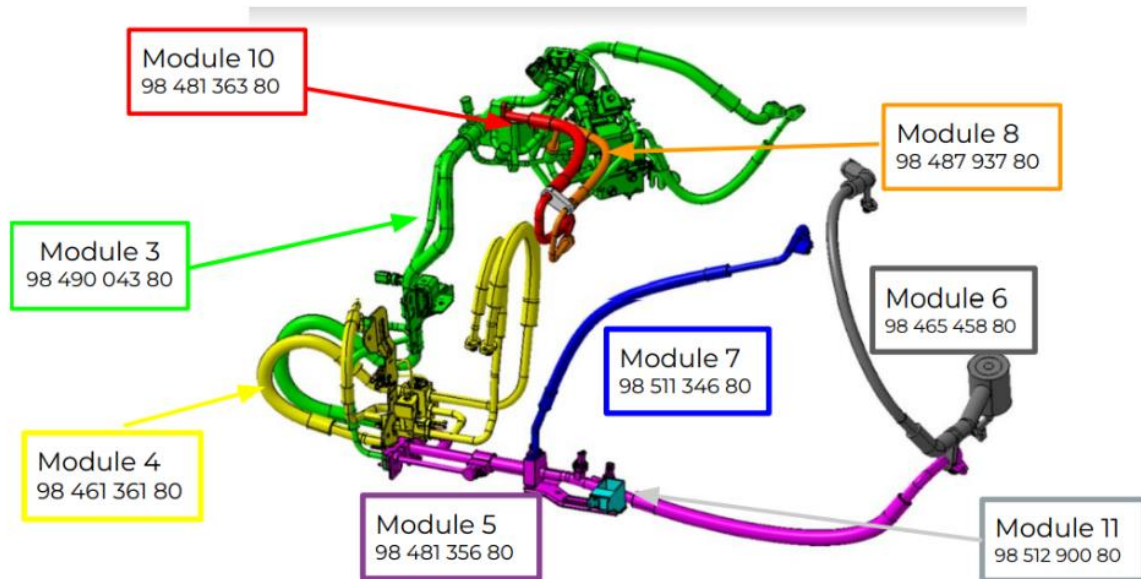


*Ilustraciones 2.2 Modelo 074 (a), modelo 751/439 (b)*

## 2.3 Modelo eDPEO, componentes y proceso de fabricación

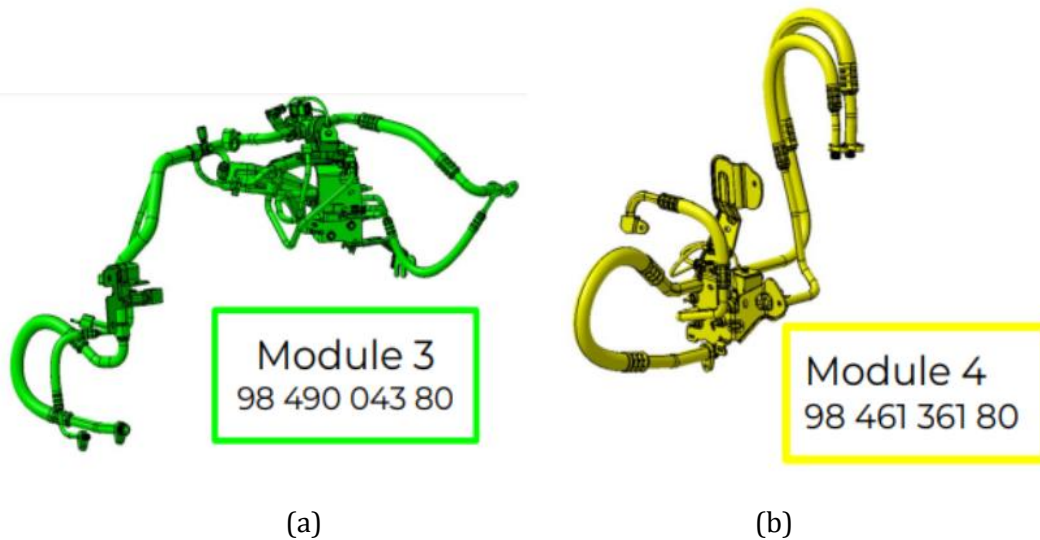
El modelo sobre el que se realizará la industrialización es el eDPEO, compuesto por diferentes módulos que son ensamblados por cliente para el montaje en el vehículo. Dentro de Valeo Térmico S.A.U se llevará a cabo el montaje de dos de estos módulos,

el Módulo 3 y el Módulo 4, mientras que los demás módulos de este modelo son de venta directa al cliente.



*Ilustración 2.3 Heat Pump System eDPEO*

Estos dos módulos están formados por tubos, válvulas, brackets, spreaders y patas metálicas unidas entre sí mediante tornillos y tuercas.



*Ilustraciones 2.4 Módulo 3 (a), Módulo 4 (b)*

El proceso de fabricación de estos módulos se puede desglosar en tres partes:

1. Montaje: se ensamblan los tubos y las válvulas y son atornilladas.
2. Comprobación de estanquidad: se introduce helio en estado gaseoso por el interior de la pieza a una presión de 16 bares, detectando las fugas con un espectrómetro.

3. Etiquetado y embalaje: se coloca a las piezas una etiqueta de proceso y una etiqueta de cliente para su posterior embalado para venta a cliente.

Los modelos eDPEO son similares a los modelos eCMP, ya que de la misma manera que estos, están formados por tubos y válvulas atornillados entre sí. La principal diferencia en la forma y dimensiones de los tubos y en las posiciones de atornillados, así como de otros componentes añadidos en los modelos eDPEO, implican el uso de nuevos utillajes adaptados a los nuevos modelos y a la línea en I actual, que más adelante se mostrarán, así como otras modificaciones en la línea realizadas para poder producir ambos nuevos Módulos.

## 2.4 Línea de montaje en I y utillajes para los modelos eDPEO y eCMP

Los utillajes utilizados en la línea en I para los modelos de Heat pump reciben el nombre de paletas y se cuenta con dos tipos de utillajes, las paletas de montaje o simples, sobre las que irán las piezas de Heat Pump para su ensamblado y que serán transportada por unas cintas transportadoras a través de la línea, y paletas universales o paletas de helio. Durante el proceso de montaje de piezas, se colocan las paletas de montaje superpuestas sobre las paletas de helio para realizar la prueba de estanqueidad con helio una vez que el aparato ya está ensamblado.

La función principal de las paletas de montaje es fijar las piezas de modo que se realice la correcta instalación de componentes durante el montaje de la pieza en la línea, mientras que la función de las paletas de helio es conectar las piezas a la máquina de comprobación con helio.

En el caso del modelo eCMP existen dos juegos de paletas de montaje, uno por cada modelo fabricado. En total existen 11 paletas de cada modelo. Por otro lado, existen paletas de helio comunes para ambas referencias.

Por contra, en el modelo eDPEO, se ha evolucionado y se ha realizado unos postizos intercambiables entre las referencias que se colocan sobre las paletas de montaje para no tener que cambiar completamente las paletas de montaje, y realizar un ahorro de tiempo al realizar un cambio de modelo. Las paletas de helio, son igualmente comunes para ambas referencias eDPEO. Al ser las piezas eDPEO distintas a las piezas eCMP, se realizará para los nuevos modelos eDPEO un nuevo diseño de paletas que permitan la sujeción de las nuevas piezas como bien se muestra en las siguientes imágenes.

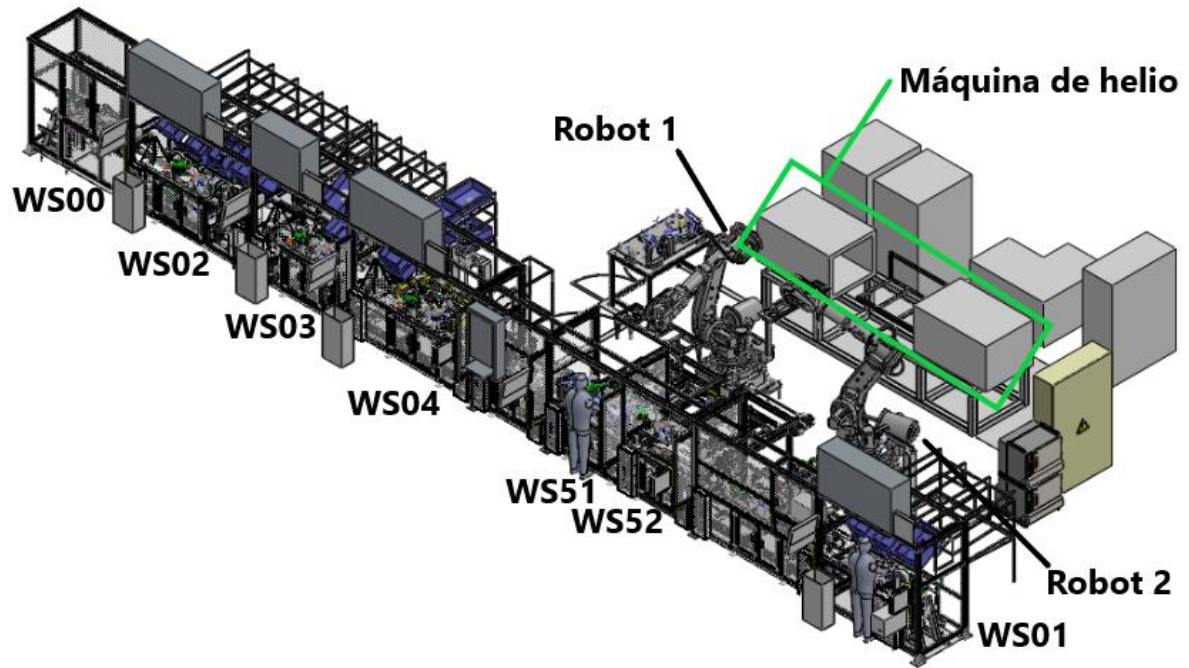


*Imagen 2.4.1 Paleta de montaje para modelo 074, eCMP*



*Imagen 2.4.2 Paleta de montaje para Módulo 4, eDPEO*

Para la fabricación de piezas de Heat Pump se cuenta con una línea en I, que recibe el nombre de L001, con 7 puestos de montaje, denominados WS01, WS00, WS02, WS03, WS04, WS51 y WS52.



*Ilustración 2.4.3 Línea de montaje L001*

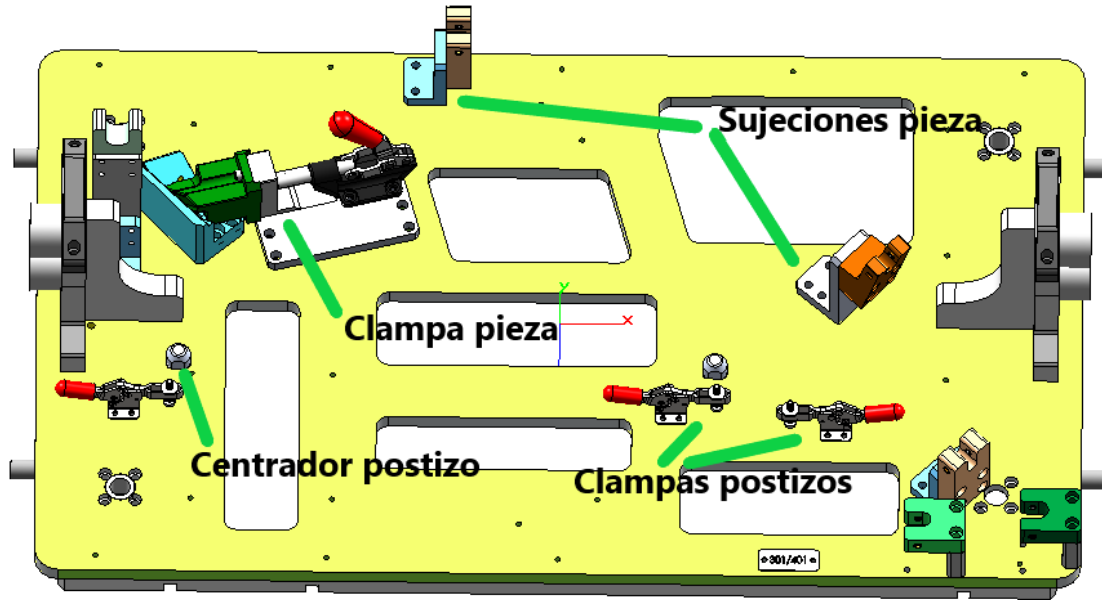
Las paletas de montaje con las piezas son transportadas por unas cintas superiores que atraviesan todos los puestos, y por debajo de estos por una cinta inferior para reiniciar el ciclo de montaje. La línea cuenta con atornilladores eléctricos para facilitar el atornillado de las piezas, así como de dos robots ABB en una célula encargados de la manipulación de paletas. Dentro de esta célula se encuentra situada una máquina de comprobación por helio para asegurar la estanqueidad de las piezas. Se cuenta con un control por visión de las piezas conformado por dos cámaras 2D y 3D para detectar defectos en las piezas. Más adelante se explicará a fondo el funcionamiento de la línea en I, la máquina de helio y el control por visión artificial.

### **3. Diseño de utillajes para eDPEO**

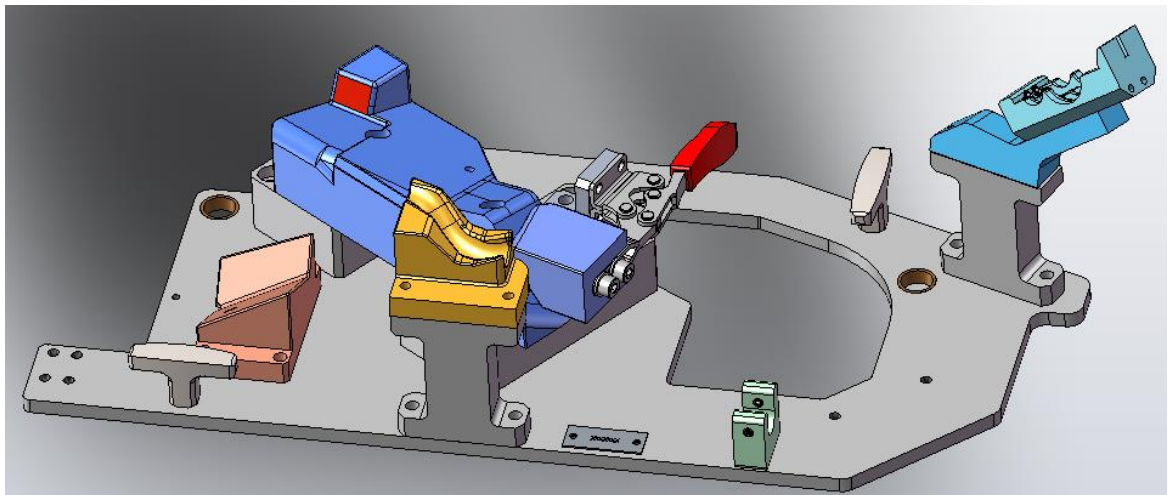
Los utillajes utilizados en la línea en I del Heat Pump reciben el nombre de paletas debido a su forma de plancha rectangular y se cuenta con dos tipos, las paletas de montaje o simples, y las paletas de helio o universales. Debido a las diferencias en forma, tamaño y montaje entre los modelo eDPEO y eCMP, se realizará un nuevo diseño de paletas para los modelos eDPEO, adaptados a las necesidades de los nuevos modelos para posibilitar su montaje.

#### **3.1 Paletas de montaje o simples**

Las paletas utilizadas para la sujeción de las piezas de Heat Pump eDPEO durante el paso a través de los puestos de montaje reciben el nombre de paletas de montaje o simples. Están compuestas por dos partes, una parte que es estándar para ambos modelos eDPEO, que es una plancha de aluminio de forma rectangular con unas guías diseñadas para su transporte en las cintas, y otra parte que recibe el nombre de postizo debido a que son extraíbles e intercambiables en función del modelo que se desee fabricar, los cuales van sujetos sobre las paletas de montaje mediante tres pequeñas clampas y unos centradores para fijar los postizos a las paletas de montaje. Sobre las paletas de montaje y los postizos se sujetarán los extremos de los tubos de las piezas y se clamarán las patas de las piezas para fijarlas a la hora del montaje. Para la identificación de las paletas de montaje se hace uso de detectores RFID situados en la parte inferior del utillaje de modo que se pueda controlar la ubicación por puestos de cada paleta. Las paletas de montaje cuentan con un soporte con dos cilindros huecos y cónicos a cada lateral para permitir la cogida con las garras de los robots. Se cuenta con 11 paletas de montaje para su uso en la línea para ambos modelos y 22 postizos, 11 para cada modelo.



*Ilustración 3.1.1 Vista superior paleta montaje eDPEO*



*Ilustración 3.1.2 Postizo Módulo 3 eDPEO*



*Imagen 3.1.3 Módulo 3 montado sobre paleta de montaje*

Para la sujeción de los extremos de los tubos, las paletas de montaje cuentan con unos prisioneros, formados por un pequeño tubo con rosca externa y con una bola metálica y un muelle en el interior que genera presión sobre los tubos fijando sus extremos.



*(a)*

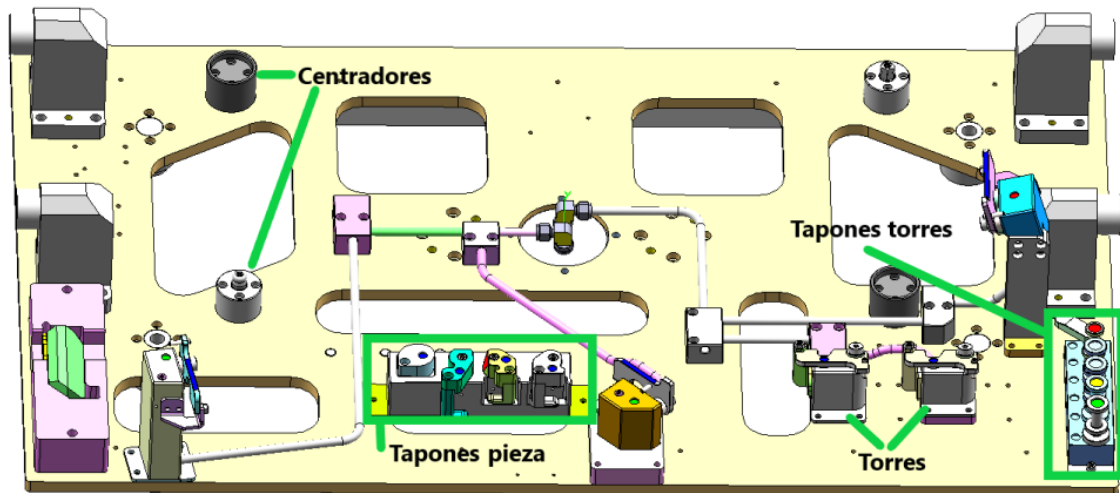


*(b)*

*Imágenes 3.1.4 Prisionero (a), sujeción de paletas con prisioneros (b)*

## 3.2 Paletas universales o de helio

Las paletas universales o de helio son estándar para ambos modelos y son los utillajes utilizados a modo de conexión entre la pieza y la máquina de helio.



*Ilustración 3.1.5 Vista superior paleta helio eDPEO*

Las paletas de helio cuentan un circuito interno formado por tubos soldados por el que circula el helio en forma gaseosa a alta presión. Dicho circuito se conecta a la pieza mediante unas torres con pestillos que permiten la fijación de los extremos de los tubos de las piezas a la paleta tras la dejada de la paleta de montaje sobre ella.



*Imagen 3.1.6 Conexión de los tubos a las torres de la paleta*

Para la superposición de las paletas de montaje sobre las paletas de helio, estas cuentan con unos centradores superiores que servirán para fijar las paletas de montaje. Cuentan con dos soportes a cada lado con un cilindro hueco y cónico para permitir que el robot 1 pueda coger la paleta de montaje y de helio a la vez mientras están superpuestas. Las paletas universales cuentan además con tapones que permiten inhabilitar torres en función del modelo a producir, ya que cada modelo cuenta con torres de conexión específicas, así como tapones para cerrar

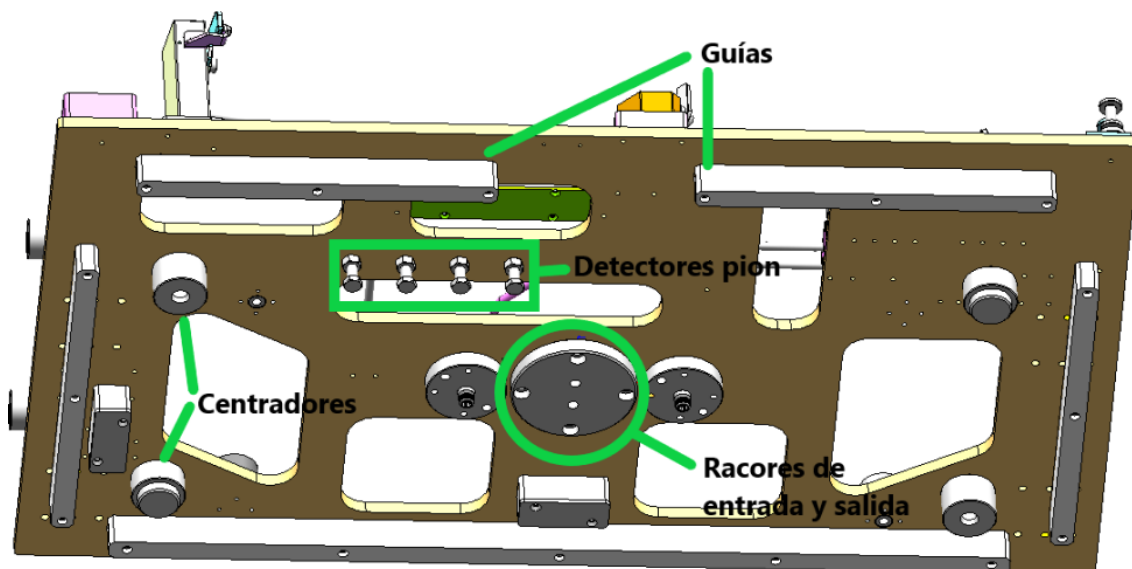
determinadas conexiones hembras de las piezas que se desee tapar para cerrar el circuito para el test de estanqueidad.



(a)

(b)

*Imágenes 3.1.7 Tapón para pieza (a), tapón para torre de paleta (b)*



*Ilustración 3.1.8 Vista inferior paleta helio eDPEO*

En la parte inferior cuentan con racores de entrada y salida para el flujo de helio, que se conectan a la máquina de helio. Las paletas de helio cuentan con centradores inferiores para ser fijadas por mesas centradoras ubicadas en los puestos. A la hora de identificar las paletas universales, se cuenta con un sistema de detectores con código binario, las paletas tienen 4 roscas que pueden llevar o no un tornillo y en función de la detección de tornillos en la paleta se genera un código de 4 dígitos en lenguaje binario que permite su identificación, hasta un máximo de 16 paletas. En su parte inferior se cuenta con guías destinadas al traspaso de estas paletas mediante cintas de transporte.



*Imagen 3.1.9 Módulo 4 sobre paleta de montaje y paleta de helio*

Para fijar los tubos a las torres de conexión de la paleta de helio, se cuentan con pestillos de sujeción que hacen tope con la brida de los extremos de los tubos. Para evitar su movimiento con el extremo de los tubos conectados a las torres, se cuenta con prisioneros que dejan fijos los pestillos.



*Imagen 2.1.10 Pestillo de sujeción para los extremos de los tubos*

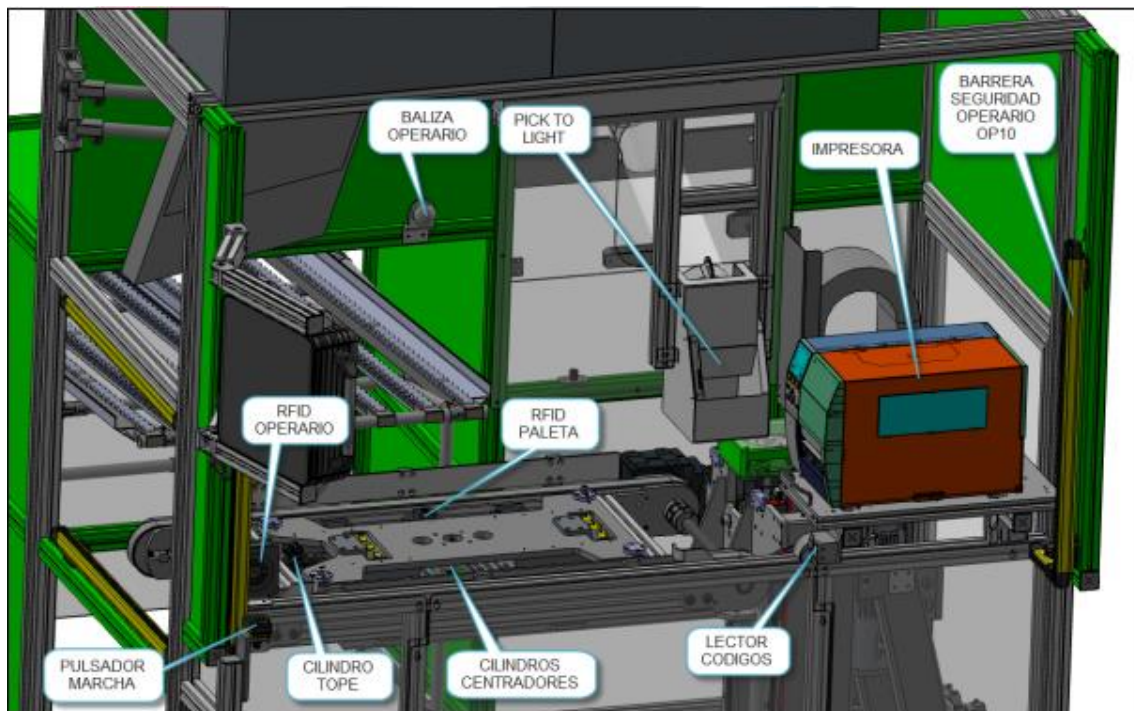
Se cuenta con 5 paletas de helio para su uso en la línea y la máquina de helio, de las cuales se le da uso a 4 y se guarda una paleta de repuesto en caso de que alguna paleta en uso tenga fugas.

## 4. Línea de montaje en I L001

La línea ya existente en Valeo Térmico es una línea en I y se denomina L001. En esta línea se fabrican los modelos eCMP y está conformada por 7 puestos de montaje, cuenta con una máquina de comprobación de helio y dos robots ABB cuya finalidad es la manipulación de las paletas. También cuenta con un perfilómetro en el que están instaladas dos cámaras, 2D y 3D, para el control de las piezas. Cada puesto está nombrado por el nombre WSXX, significando las siglas WS “WorkStation” y XX corresponde al número del puesto.

### 4.1 Funcionamiento de la línea

El funcionamiento de la línea es el siguiente, el ciclo se inicia en el puesto WS01, que es el último de la línea, pero el primero en el que comienza el montaje de las piezas. En este puesto se introduce una paleta de montaje para el ensamblaje de las piezas.

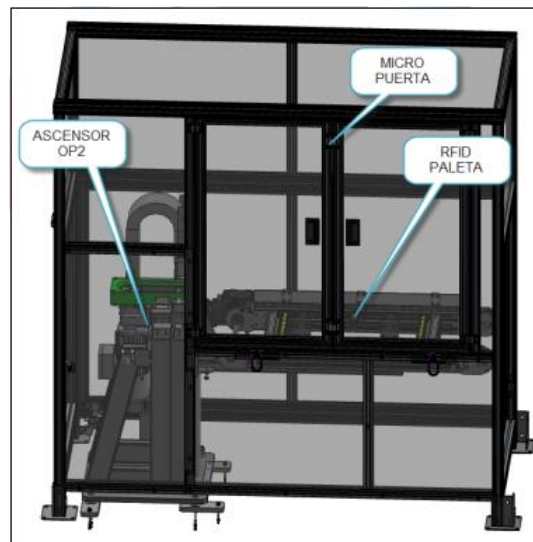


*Ilustración 4.1.1 Puesto WS01*

A través de los puestos de montaje se realiza el traspaso de paletas mediante cintas de transporte accionadas mediante motores eléctricos programables. Todos los puestos de la línea cuentan con lectores RFID para la identificación de las paletas de montaje así como la del operario trabajando en cada puesto. Todos los puestos de trabajo cuentan con barreras de seguridad que evitan el funcionamiento de las máquinas de cada puesto en caso de que un operario corte la barrera, así como otros elementos de seguridad como setas de emergencia o puertas con bloqueo. También todos los puestos cuentan con centradores de paletas encargados de elevar y sujetar

las paletas en cada puesto. Se cuenta también con balizas para informar a los operarios de cuando se requiere que entren en el puesto de trabajo, así como de pulsadores para validar los puestos. Los puestos cuentan con sistemas pick to light para informar al operario de la necesidad de añadir piezas en el montaje. Se cuenta con ventiladores en todos los puestos y pantallas con acceso a la documentación necesaria para el montaje, como modos operatorios o ayudas visuales.

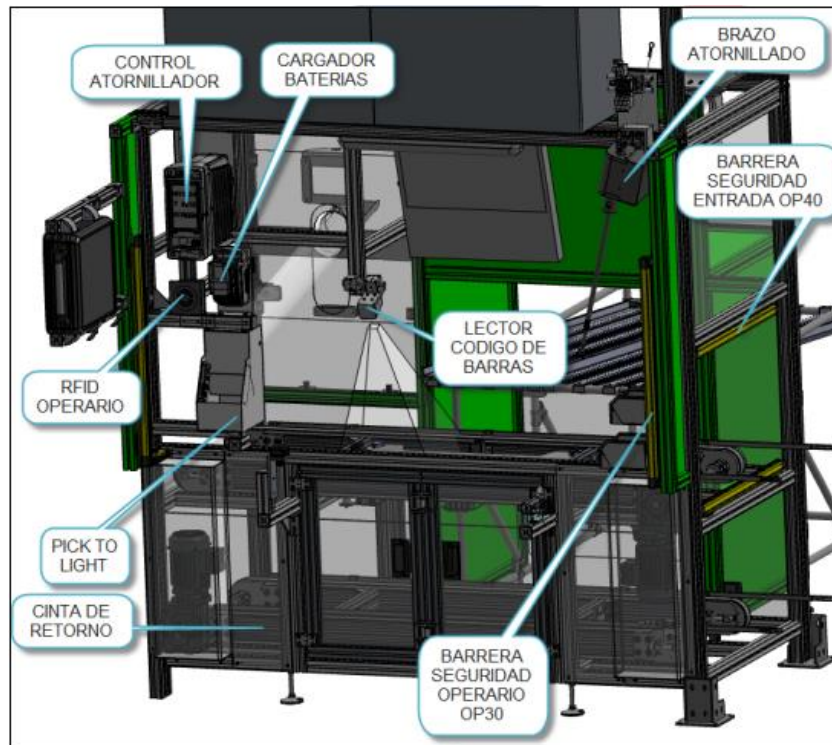
El puesto WS01 se diferencia por la presencia de la impresora de cliente, la cual imprime las etiquetas con la información requerida por el cliente, esta ha de ser leída por un lector datamatrix antes de la colocación en la pieza. Este puesto dispone de un ascensor encargado de descender la paleta a la cinta de retorno para enviarla, por debajo de los puestos de trabajo, hasta el siguiente puesto, WS00, situado en el lado contrario de la línea.



*Ilustración 4.1.2 antiguo puesto WS00*

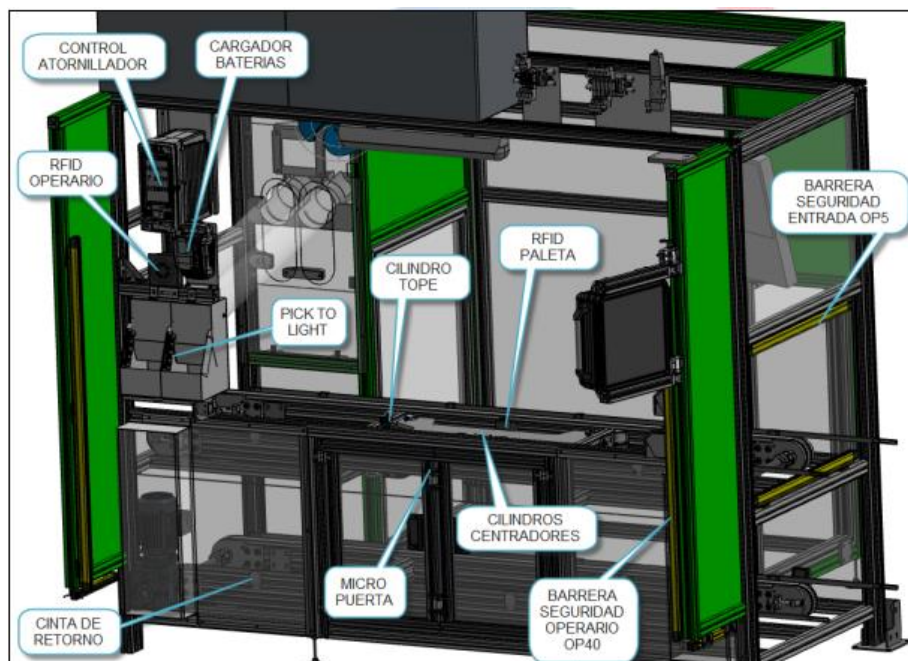
El puesto de trabajo WS00 en el comienzo de la línea era una zona de elevación y traspaso de paletas, pero para aumentar la capacidad de producción de los modelos 751 y 439 se eliminaron las puertas añadiendo un puesto más para reducir el tiempo ciclo de montaje del modelo 751/439.





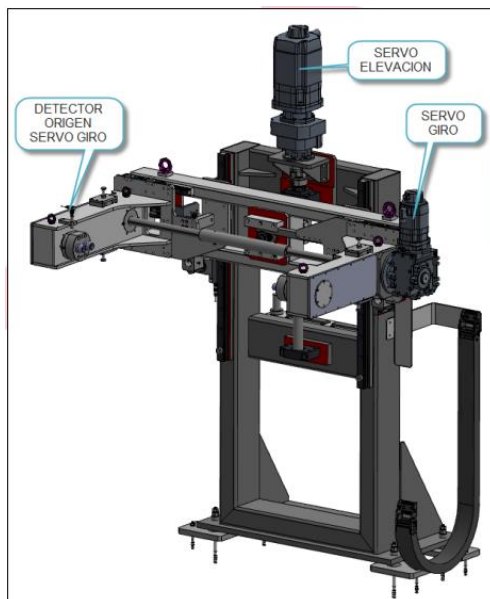
*Ilustración 4.1.5 Puesto WS03*

El puesto WS03 es idéntico al puesto WS02 y presenta los mismos elementos.



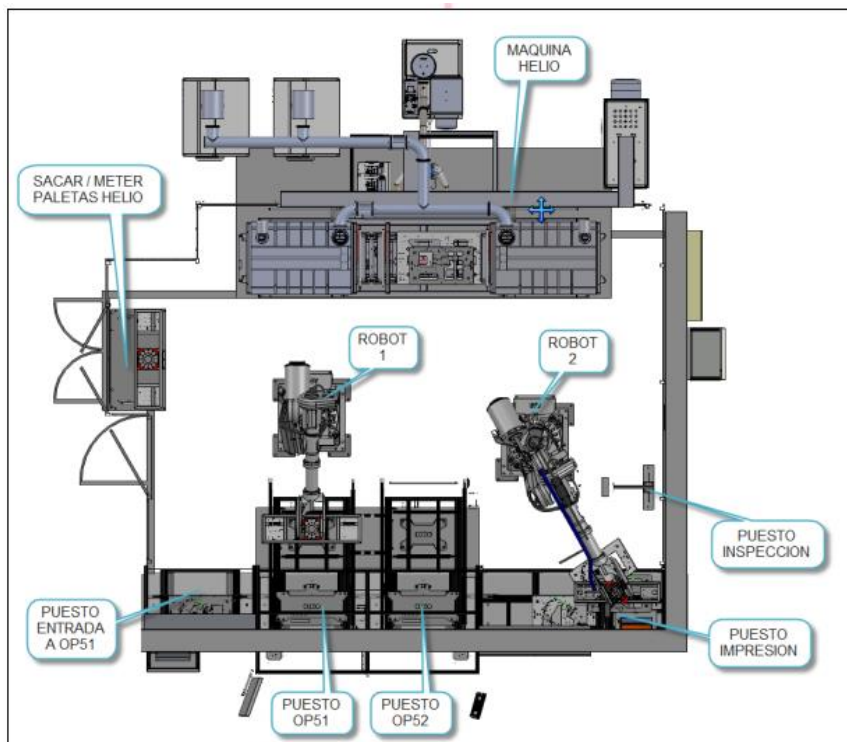
*Ilustración 4.1.6 Puesto WS04*

La diferencia entre el puesto WS04 y los dos anteriores es que dispone de un volteador para elevar las paletas de la cinta y posicionarlas para favorecer que el operario pueda realizar los atornillados.

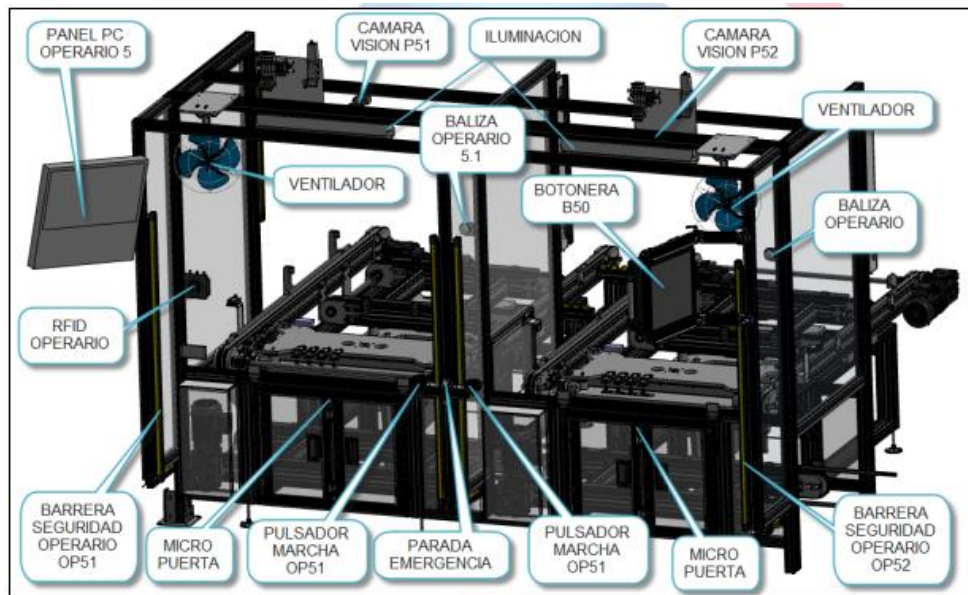


*Ilustración 4.1.6 Volteador de paletas*

A partir de este puesto la paleta de montaje será transportada a la célula robotizada, en la cual se encuentran 2 puestos WS51, WS52.

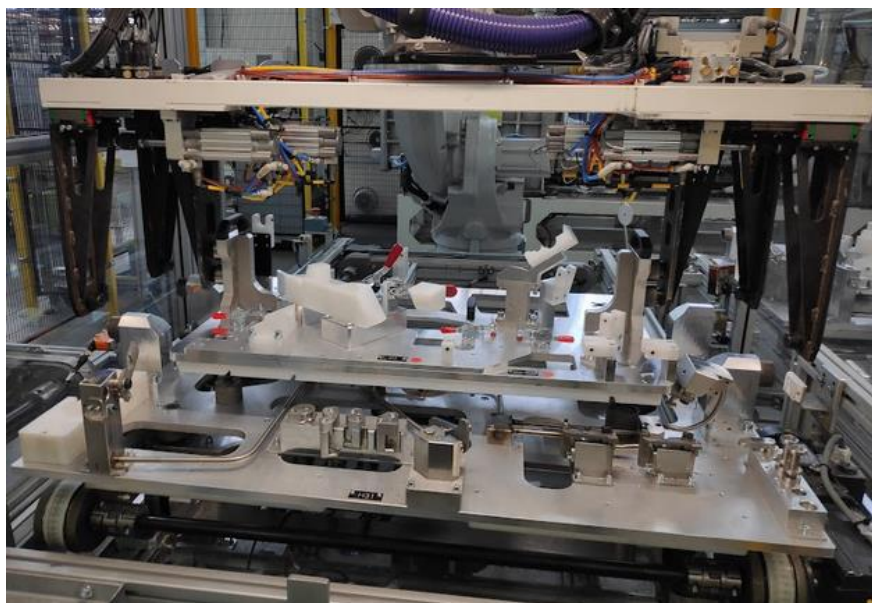


*Ilustración 4.1.7 Célula robotizada*



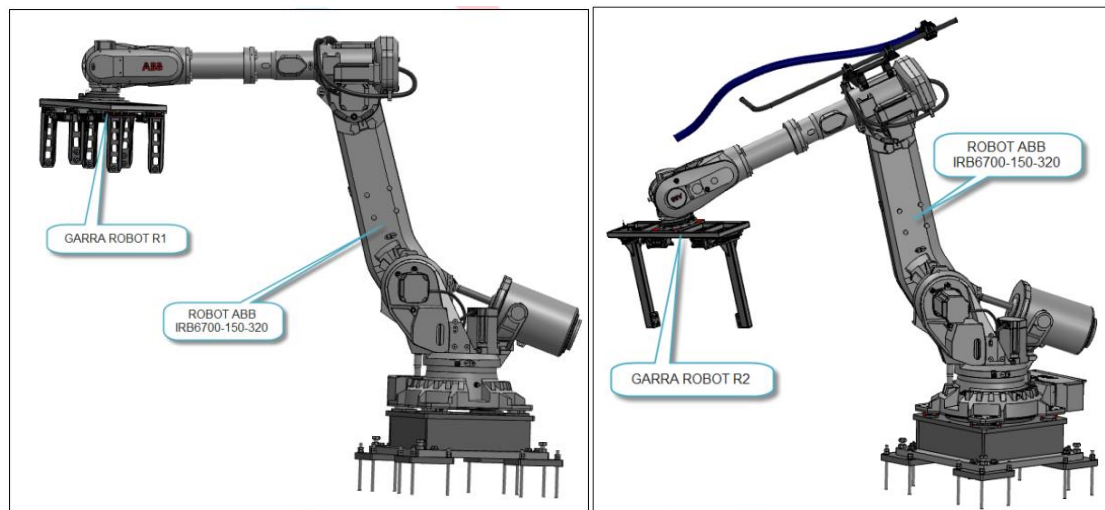
*Ilustración 4.1.8 Puestos WS51 y WS52*

Una vez se ha validado el puesto WS04, la paleta llega al puesto de entrada a WS51 en el que será cogida por el robot 1 para después ser dejada en el puesto WS51. En este puesto el robot colocará la paleta de montaje sobre la paleta de helio para después ser volteados ambos mediante un volteador que inclina las paletas 45 grados para facilitar la labor de montaje al operario. Una vez validado el puesto, el volteador vuelve a su posición de origen y el robot 1 cogerá ambas paletas a la vez y las dejará sobre la cámara abierta de la máquina de helio donde se conectará a los racores de la paleta de helio y se llevará a cabo el ciclo de la máquina de helio, que posteriormente será explicado en detalle.



*Imagen 4.1.9 Robot 1 cogiendo paletas*

Finalizado este ciclo, el mismo robot cogerá ambas paletas y las dejará en el puesto WS52, donde serán volteadas de nuevo mediante un volteador de manera semejante al puesto WS51. Tras la validación del puesto, el robot 2 cogerá la paleta de montaje y la llevará junto al perfilómetro donde realizará los movimientos necesarios para la toma de imágenes por parte de ambas cámaras. La paleta de helio será transportada de nuevo al puesto WS51 mediante un sistema de retorno con cintas tras ambos puestos de trabajo. Para la frenada de las paletas en las cintas de traspaso se cuenta con dos detectores de presencia, situados junto a las cintas. Los detectores están colocados uno a cierta distancia del otro, ya que cuando el primer detector detecta la presencia de la paleta de helio, se reduce la velocidad de las cintas, y cuando la paleta es detectada por el segundo, se frena la cinta parando la paleta. El funcionamiento del sistema de identificación de paletas de helio, los detectores de presencia de paletas e ilustraciones de las garras de los robots 1 y 2 se mostrará en el Anexo B.



(a)

(b)

Ilustración 4.1.10 Robot 1 (a), robot 2 (b)

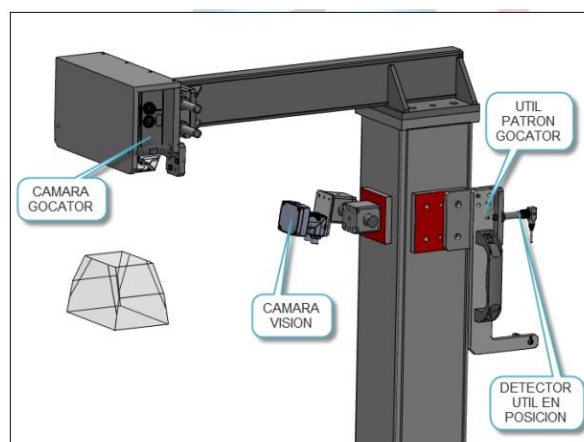


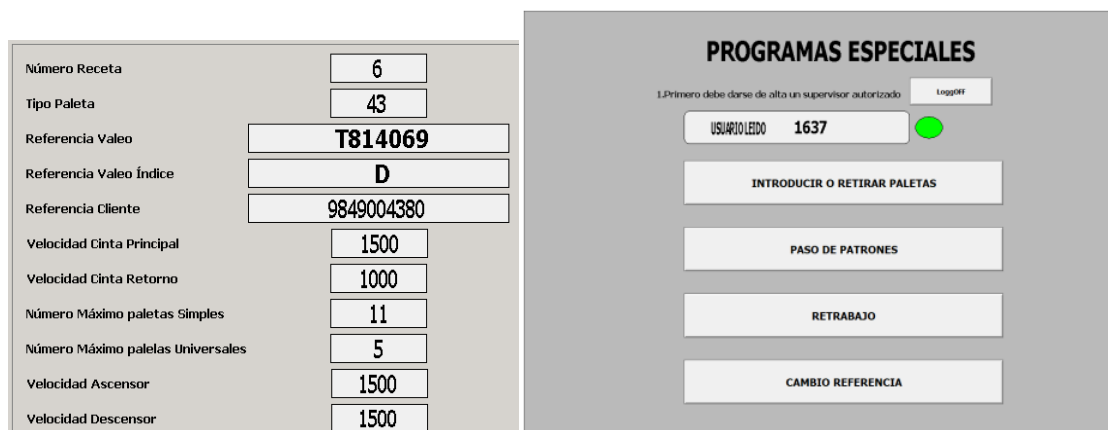
Ilustración 4.1.11 Perfilómetro y cámaras 2D y 3D

En el puesto de impresión un manipulador articulado coge la etiqueta de proceso impresa mediante un sistema de succión por vacío y la coloca sobre la pieza, al acercar el robot 2 la paleta de montaje junto a la impresora. Tras el etiquetado, la paleta será transportada por una cinta hasta el puesto WS01 de vuelta, donde el operario colocará la etiqueta de cliente sobre la pieza previamente al embalado.

Para la retirada e introducción de paletas de helio se cuenta con una mesa en el interior de la célula, donde el robot 1 podrá dejar o coger las paletas de helio deseadas para realizar los cambios de modelos o en caso de fuga de una paleta de helio.

## 4.2 Control de la línea

La línea de montaje L001 está programada mediante PLC y cada modelo cuenta con una receta cargable en el PLC desde el ordenador central, que son específicas para cada modelo de Heat Pump, en la que se pueden modificar los parámetros de la línea que se requieran como por ejemplo la altura que se desee que ascienda el volteador, así como los grados que se desee que rote. Desde este ordenador central se puede mandar las instrucciones de cambio de modelo, introducción o sacada de paletas, status de las paletas de montaje en línea, así como el programa de paso de patrones para verificar el correcto funcionamiento de la máquina de helio y el control por visión. Imágen de la receta completa en Anexo B.



*Imágenes 4.2.1 Parámetros modificables receta y programas especiales*

Así mismo cada puesto cuenta con una consola en la que se dan las indicaciones a seguir por el operario y los atornillados a realizar en caso de presencia de atornillador en el puesto. Mediante esta consola también se permite el cambio de la línea a manejo manual, de modo que se pueda manipular los sistemas de cada puesto individualmente de forma segura, mandar a origen las partes del puesto o realizar el registro de operario. En caso de algún fallo en el puesto de trabajo, en la consola se muestra el fallo ocurrido.



*Imagen 4.2.2 Consola del puesto WS03*

A su misma vez ambos robots cuentan con un controlador independiente, mediante se pueden manipular los programas de funcionamiento de manera manual mandando las instrucciones desde una tableta conectada a este.



*Imagen 4.2.3 Tableta de manipulación de robots*

El sistema de control de estanqueidad, la máquina de helio, cuenta también con una consola independiente, desde donde se pueden manipular las bombas de vacío, las válvulas de la cámara, su apertura o cierre, así como la introducción de helio o nitrógeno en el interior de las paletas.



*Imagen 4.2.4 Consola de la máquina de helio*

### 4.3 Periféricos de la línea

La línea L001 no solo está compuesta por la línea de montaje en I en sí, sino que cuenta con un layout en una zona de la nave, dentro del cual se puede encontrar el stock plano, mesas de control, etc. Ver layout de la línea L001 en el Anexo B.

Para el suministro de componentes en la línea de fabricación se cuenta con estanterías con guías con rodillos denominados racks, tanto en la parte delantera de los puestos como en su parte trasera para la retirada de cajas vacías.



*Imagen 4.3.1 Racks de suministro de componentes*

Tras la retirada de la pieza del puesto WS01, las piezas se colocan en unas estanterías con dos niveles clasificadas en función del color de estas, blanco para las piezas OK, rojo para las piezas NOK, y amarillo para las piezas a reintroducir en la línea (por ejemplo para piezas NOK de atornillado). Se cuenta con 4 carros blancos, 2 amarillos y 1 rojo.



*Imágenes 4.3.2 Carros amarillo, rojo y blanco.*

Tras la colocación de las piezas sobre sus respectivos carros, se recogen y se realizan dos tipos de control de calidad previamente al embalado de las piezas, se denominan control 100 y GP12 y se realizan sobre dos mesas situadas junto al puesto WS01. En

el control GP12 se controla la presencia de todos los componentes de las piezas y se realiza un marcaje a cada uno de ellos para asegurar la presencia de estos. En el control 100 se realiza el montaje de la pieza sobre una maqueta de geometría con la posición de la pieza montada en el vehículo para verificar la correcta geometría de las piezas montadas.



(a)

(b)

*Imágenes 4.3.3 Puestos GP12 (a), control 100 y maquetas de geometría (b).*

En cada turno de producción se cuenta con un líder en los operarios, que es el encargado de gestionar a los demás operarios durante el montaje, realizar informes en caso de fallos en la línea o informar de las piezas fabricadas rellenando los partes de producción. Para ello cuentan con un pupitre desde donde pueden realizar tales acciones.



*Imagen 4.3.4 Pupitre para el líder*

Se cuenta con un stock plano formado por guías entre las que se introducen rollers, los cuales son carros con ruedas sobre los que se apilan las cajas con componentes.



*Imagen 4.3.5 Stock plano*

Para el almacenaje de las paletas de montaje y de helio, se cuenta con dos estanterías con varias alturas para las paletas de montaje y una estantería con varias alturas

para las paletas de helio y cuentan con capacidad de almacenaje para 12 y 8 utillajes respectivamente.



(a)

(b)

*Imágenes 4.3.6 Estantería paletas de helio (a), estantería paletas de montaje (b)*

#### 4.4 Diferencias entre la línea L001 y L002

La segunda línea de Heat Pump que va a ser instalada en Valeo Térmico S.A.U recibe el nombre de L002 y su principal función será la producción de los nuevos modelos eDPEO, así como aumentar la capacidad de fabricación para modelos eCMP. El diseño y el montaje de la línea en planta no se van a abarcar, ya que ha sido realizado por una empresa externa a Valeo. La línea L002 es casi idéntica a la línea L001 ya que se fabricó en base a los planos de la primera línea, no obstante, cuenta con varias diferencias importantes respecto a la anterior línea.

La característica más diferenciable de la L002 es la presencia de atornilladores eléctricos conectados por cable en vez de con batería extraíble, cambio realizado debido a la baja capacidad de las baterías y con el objetivo de evitar la constante puesta a cargar de estas. Estos nuevos atornilladores presentan cabezales intercambiables de diferentes longitudes, esto permite el atornillado de diferentes modelos, ya que los atornilladores convencionales utilizados en la línea L001 presentan cabezales fijos, específicos para los modelos eCMP. Además, la línea L002 no presenta atornillador en el puesto WS02.



*Imagen 4.4.1 Atornillador por cable*

La segunda característica de la L002 respecto de la L001 es el uso de una distinta cámara 3D para el control de las piezas. Se optó por utilizar una cámara 3D COGNEX en la L002 en vez de la cámara 3D GOCATOR para reducir el tiempo ciclo de la toma de imágenes. Más adelante se explicará el funcionamiento de la nueva cámara 3D.

Otra característica de la L002 son los modelos que se fabricarán en la línea, ya que tras su instalación, se fabricarán ambos modelos eDPEO y el modelo 074, que hasta ahora se fabricaba en la L001, pero para aumentar la capacidad de fabricación de 751 y 439 se comenzará a montar en esta nueva línea.

Debido al peso y tamaño de los componentes de los modelos eDPEO, la línea L002 contará con dos elevadores de rollers simples en puesto WS01 y dos elevadores para rollers dobles en el puesto WS00.

La línea L002 cuenta con un layout distinto al de la L001, ya que se cuenta con una estantería de paletas de montaje únicamente y se cuenta con una estantería extra para los postizos de montaje.



*Imagen 4.4.2 Estantería para postizos eDPEO*

El stock plano está diseñado para almacenar y suministrar componentes eDPEO para la producción continua de un día mientras que en la línea L001 se almacenan los componentes para los modelos eCMP. Hay diferencia de tamaños en los carros para las piezas, que son más anchas en la línea L002, ya que están diseñadas específicamente para almacenar los modelos eDPEO. Ver Layout de la línea L002 en el Anexo B.

## 5. Comprobación de estanquidad de las piezas

Para comprobar la correcta estanquidad de las piezas ensambladas, se cuenta con una máquina de comprobación con helio, que introduce helio en estado gaseoso en el interior de las piezas a alta presión para detectar fugas en el caso de que las hubiese.

### 5.1 Funcionamiento de la máquina de helio

Para comprobar el correcto funcionamiento de las piezas montadas, se comprueban mediante un test de estanquidad con helio, ya que debido al pequeño tamaño de sus átomos, permite obtener un nivel mayor de estanquidad que si se realizase la comprobación con aire a presión. El ciclo da comienzo con el cierre de la cámara y hacer vacío entre dos juntas presentes en las puertas de las cámaras para asegurar el correcto cierre. Se realiza el vacío en el interior de la cámara, eliminando así la presencia de oxígeno. A continuación se realiza el vacío en el interior de la pieza y se introducirá nitrógeno en su interior a una presión de 5 bares al comienzo, si no se detectan fugas, se introducirá el nitrógeno a 15 bares de presión. Si no se han detectado fugas al introducir nitrógeno, se introduce helio al interior de la pieza de la misma manera que el nitrógeno, a 5 y 15 bares respectivamente. Una vez se ha finalizado el testeo con helio, se redirige el gas sobrante de la pieza hacia un recuperador de helio.

El ciclo que realiza la máquina de helio es modificable ya que dispone de diferentes programas de uso en los que se pueden ajustar los diferentes parámetros de funcionamiento de la máquina, en este caso se cuenta con un programa de uso para cada modelo.

Para obtener el valor de la fuga en la pieza, se hace uso de un espectrómetro, mediante el cual podemos obtener el valor de la tasa de fuga en la cámara. Para ello se debe realizar diariamente la calibración dinámica de la máquina con el uso de una fuga calibrada. El programa de la calibración se lanza desde la consola central de la línea y a partir de ahí se calcula un ratio entre el valor obtenido mediante el espectrómetro y el valor de la fuga calibrada. Multiplicando el valor obtenido con el espectrómetro en un ciclo normal por el ratio obtenido en la anterior calibración se puede obtener el valor de la fuga en la cámara y consecuentemente el valor de fuga de la pieza.

### 5.2 Aceptación de paletas de helio eDPEO en la máquina de helio

Para verificar la estanquidad de las paletas universales nuevas del modelo eDPEO y validar su uso en las líneas, se deben hacer dos test en la máquina de helio de modo

que se pueda comprobar que la paleta no fugue y mantenga la presión del helio correctamente.

## 5.2.1 Test estático

El test estático consiste en calcular la curva de pérdida de presión que tiene la paleta durante 30 minutos. Para ello, se cierra la cámara con la paleta de helio dentro, con la paleta de helio cerrada mediante tapones, después se introduce helio en el interior de la paleta a una presión de 16 bares y se cierra la entrada y salida del circuito de helio de la máquina. A partir de ahí, cada 2 minutos y durante media hora, se deben tomar los valores de la presión y de la tasa de fuga de la cámara de la pantalla de la consola. Una vez se han tomado los valores, se hace obtiene el nivel del background de la paleta haciendo la división con el valor límite de fuga establecido,  $5,00 \cdot 10^{-5}$  mB l/s, y se evalúa si la paleta es válida.

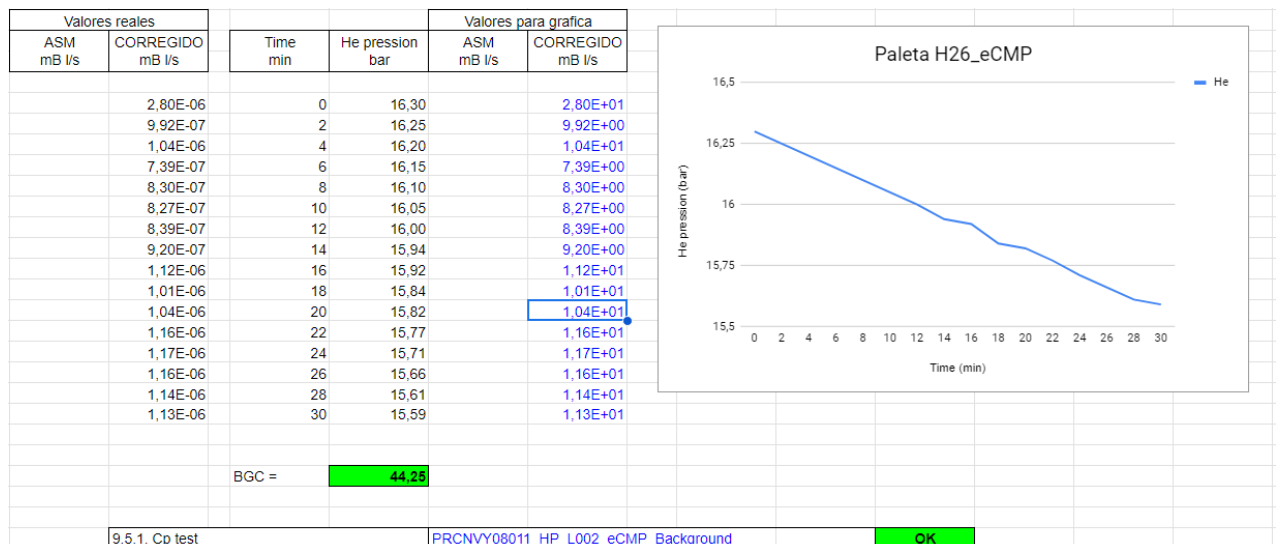


Imagen 5.2.1 Curva de pérdida de presión de paleta de helio

## 5.2.2 Test dinámico

Para realizar el test dinámico se debe introducir la paleta universal en la máquina de helio para lanzar un total de 30 ciclos. Se debe apuntar el valor de la tasa de fuga en la cámara y se compara entre dos límites de fuga determinados. Mediante este test se obtiene la repetibilidad de las paletas.

	Coordinate 1	Coordinate 2	Coordinate 3	Coordinate 4	Coordinate 5	Coordinate 6	Coordinate 7	Coordinate 8
	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	03/04/2023	03/04/2023	03/04/2023	03/04/2023	03/04/2023
	CP TEST HP-H12	CP TEST HP-H25	CP TEST HP-H26	CP TEST HP-H27	CP TEST HP-H28	CP TEST HP-H29	CP TEST HP-H23	CP TEST HP-H13
	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar	tooling 15bar
Characteristic nominal	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09	1,30E-09
tolerance +	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09	1,43E-09
tolerance -	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09	1,17E-09
6	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
7	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	4,74E-09	1,31E-09
8	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
9	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
10	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	6,68-e-8	1,32E-09
11	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
12	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
13	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	2,70E-08	1,32E-09
14	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
15	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
16	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
17	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,35E-09	1,32E-09
18	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
19	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
20	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
21	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	2,31E-07	1,32E-09
22	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
23	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,92E-09	1,32E-09
24	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
25	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
26	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
27	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
28	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
29	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09
30	1,33E-09	1,33E-09	1,33E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09	1,32E-09

Imagen 5.2.2 Valores de fuga para paletas de helio

## **6. Industrialización de los modelos eDPEO en la línea L001**

Debido a la necesidad de fabricar piezas por requerimiento del cliente, se realizará la industrialización de modelos eDPEO en la línea L001, del Heat Pump, diseñada para modelos eCMP, ya existente en la planta, a pesar de que los modelos eDPEO se fuesen a fabricar únicamente en la línea 2 del Heat Pump desde un comienzo, una vez fuese instalada.

Para la industrialización de los nuevos modelos eDPEO, inicialmente, se deben haber fabricado los utillajes adaptados a este nuevo modelo, que se corresponde a las paletas de montaje y paletas de helio mostradas anteriormente, ya que las paletas ya existentes están diseñadas específicamente para los modelos eCMP y no permiten la correcta sujeción de los nuevos tubos. Se deberá a su vez generar dos nuevas recetas, una para cada modelo, que permitan adaptar los nuevos modelos a la línea de montaje a nivel de número de atornillados, movimientos del volteador de paletas, identificación de los nuevos utillajes, etc. Se deberá realizar el diseño de etiquetas de proceso y cliente específico para los nuevos modelos. Es necesario a su vez modificar los parámetros de par y entrega de potencia de los motores eléctricos de las cintas de traspaso de paletas de helio, debido al incremento en peso respecto a las de los modelos eCMP.

Dado que en la línea L001 estaba destinada a la producción de modelos eCMP, a la hora de fabricar el nuevo modelo se deberá realizar el cambio de modelo, para ello se debe cambiar la receta desde la consola central de la línea, una vez realizado, el programa de la línea pedirá realizar el cambio de las paletas de eCMP a eDPEO, que se llevará a cabo en el puesto WS01. Primero se sustituyen las paletas de montaje de la línea y a continuación se hará el cambio de las paletas universales en la mesa de entrada de la célula robotizada.

Mientras se lleva a cabo el cambio de modelo, se deben retirar las cajas de componentes de los modelos eCMP de las estanterías con rodillos para sustituirlos por los componentes eDPEO.

Una vez se haya realizado el cambio de modelo y la línea esté preparada para producir, se realiza la formación de operarios, en la que se muestra el proceso de montaje y se explica cada paso mediante los modos operatorios, que es la documentación que muestra el proceso de montaje.

Durante la producción se cuenta con un programador que se encarga de solucionar los problemas que van surgiendo y de depurar el programa de la línea a medida que se vayan arreglando los fallos en la línea debidos a programación. La depuración de errores que surjan en la producción de modelos eDPEO en la línea L001 será de ayuda a la hora del arranque de la L002, ya que son líneas casi semejantes a nivel de programación y para el programa de la línea L002 se comenzará de base con el de la

---

línea L001. Se reportan los problemas que han surgido apuntándolos en el QRAP, documento de la línea cuya finalidad es mantener un registro de los problemas ocurridos y la solución tomada en cada caso, para solventar el problema en un futuro en caso de que vuelva a suceder.

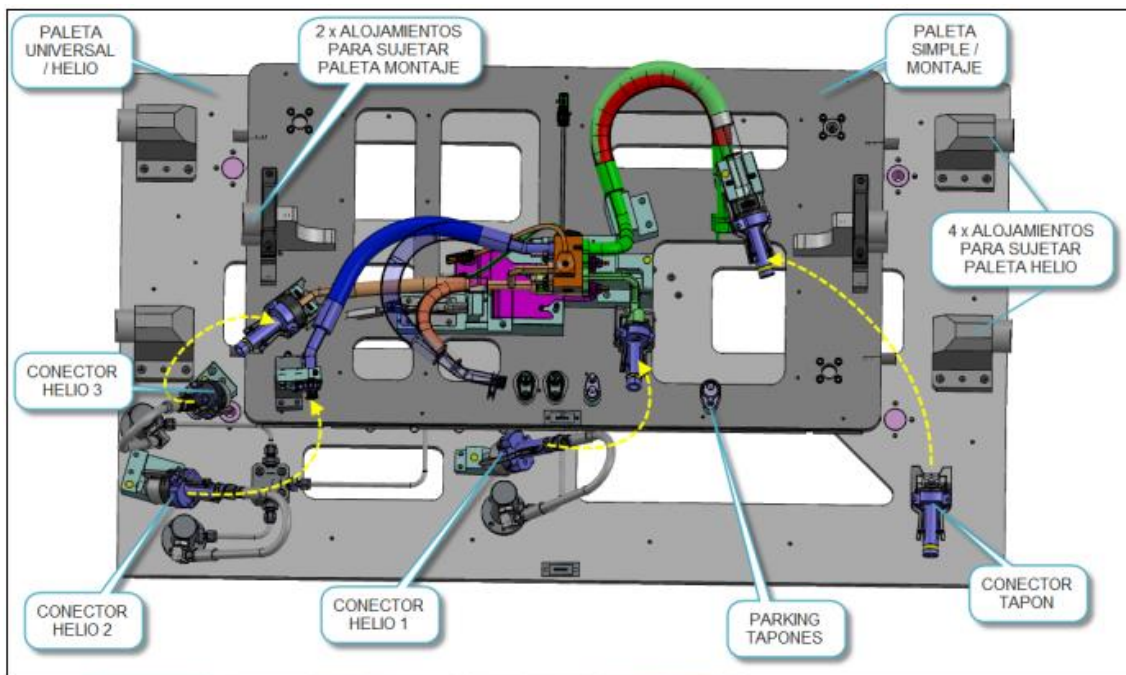
Una vez se finaliza la producción se declaran las piezas fabricadas para contabilizar el número de componentes utilizados, se rellena un informe de industrialización en el que se informa a dirección sobre el resultado obtenido, y se vuelve a realizar el cambio de modelo de vuelta a los modelos eCMP.

Se realizan auditorías internas para ambos modelos durante las industrializaciones para evaluar los documentos generados para el montaje de los modelos, de esta manera se logra adecuarlos a la línea L001, ya que se habían creado en un inicio para la futura línea L002, la cual tiene pequeñas variaciones respecto a la primera línea que influyen directamente en el montaje como el control por visión, carente en la L001 para los modelos eDPEO.

La necesidad de fabricar modelos eDPEO y aumentar la capacidad de la L001 implicó la necesidad de instalar una nueva línea de montaje para estos modelos, de esta manera se tomó la decisión de instalar la segunda línea de Heat Pump, diseñada específicamente para estos modelos.

## 7. Proceso de fabricación eDPEO

El proceso de montaje de los modelos de Heat Pump abarca 4 partes: montaje, atornillado, conexionado a paleta de helio y etiquetado. En los puestos WS01, WS00 y WS02 se realiza ensamblado de los tubos, válvulas, colocación de tuercas a mano y otras acciones manuales como la colocación de separadores de tubos de plástico o ruteado y conexionado de los cables de las válvulas. En los puestos WS03 y WS04 se realizan los atornillados de los tornillos y de las tuercas, pudiendo incluir el montaje de algún tubo en caso de obtener una mejora en el tiempo ciclo de la línea. En el puesto WS51 se retiran tapones de plástico que están colocados en los extremos de los tubos y se conectan a las torres de las paletas de helio, mientras al puesto WS52 llega la paleta de helio una vez se ha realizado el test de estanqueidad, con los tubos conectados a las torres de la paleta de helio, de modo que se debe revertir el proceso del anterior puesto, se desconectan los extremos de los tubos de las torres de la paleta y se vuelven a tapar con los tapones.



*Ilustración 7.1 Conexionado de pieza a paleta de helio*

Los componentes de las piezas de Heat Pump, los tubos y las válvulas, llegan desde los proveedores con tapones de plástico transparente y opaco que se deben retirar justo antes de su correspondiente montaje. La función de los tapones de los extremos de los tubos es mantener la limpieza interna de las piezas.



(a)

(b)

*Imágenes 7.2 Válvula Módulo 3 con tapones opacos (a), tubo Módulo 3 con tapones transparentes (b)*

Cuando la pieza vuelve al puesto WS01 se debe colocar sobre la pieza la etiqueta de cliente y después se retira la pieza de la paleta y se vuelve a comenzar el ensamblado de una nueva pieza.

El montaje de los Módulos 4 es muy distinto al de los Módulos 3, debido a que hay una diferencia en el número de componentes utilizados en su montaje. Para ensamblar un Módulo 4 se requieren 4 tubos y 2 válvulas, mientras que para ensamblar un Módulo 3 se necesitan 6 tubos y 5 válvulas, además de otros componentes como separadores de plástico y metálicos. El proceso de montaje concreto para cada modelo en cada puesto se podrá visualizar en los modos operatorios en el Anexo A, así como los componentes de cada modelo con imágenes de cada uno de ellos.

En el proceso de fabricación del Módulo 4, no se da uso al puesto WS00 ya que el tiempo ciclo de montaje de este modelo es bajo al tener menos componentes, de 60 segundos aproximadamente, siendo el cuello de botella el ciclo de la máquina de helio, mientras que el tiempo ciclo de montaje es de 40 segundos aproximadamente en cada puesto. No obstante en el montaje de los Módulos 3 sí que se da uso al puesto WS00, ya que para este modelo, cuyo montaje es más extenso al tener más componentes en su ensamblaje, el cuello de botella se encuentra en el montaje, siendo el tiempo ciclo de este de 65 segundos aproximadamente.

## 7.1 Cálculo del tiempo ciclo y balanceo de puestos

Para el cálculo del tiempo ciclo en cualquier proceso de fabricación en Valeo se utiliza el sistema de cálculo de tiempos MOST “Maynard Operation Sequence Technique” mediante el cual se evalúan las acciones a realizar por el operario y se asignan una puntuación a cada movimiento para obtener el tiempo total para cada acción de montaje.

Sequence	Distance	Work instruction	Technical sequences	Frequ	TMU	dmh	Sec	Min
MOST eDPEO assembly Module 4								
					1120	112	40.32	0.67
Controlled move	WROH	Coger etiqueta de cliente y pegar	A 1 B 1 G 1 M 1 X 1 I 1 A 1 1 0 3 6 0 3 0	1	130	13	4.68	
Controlled move	PIH	Esperar lectura	A 1 B 1 G 1 M 1 X 1 I 1 A 1 0 0 0 6 0 0	1	60	6	2.16	
Controlled move	WROH	Coger clampa y abrirla	A 1 B 1 G 1 M 1 X 1 I 1 A 1 1 0 1 1 0 1 0	1	40	4	1.44	
General move	WROH	Coger extremos de los tubos y quitarlos de las fijaciones	A 1 B 1 G 1 A 1 B 1 P 1 A 1 1 0 3 0 0 0	4	160	16	5.76	
General move	WROH	Coger la pieza de la paleta y posicionarla en el embalaje final. Volver a la posición del puesto	A 1 B 1 G 1 A 1 B 1 P 1 A 1 1 0 3 16 0 6 16	1	420	42	15.12	
General move	3 Steps WROH	Coger pata T814084 y posicionala en el utilillaje	A 1 B 1 G 1 A 1 B 1 P 1 A 1 6 0 3 6 0 3 0	1	180	18	6.48	
Controlled move	WROH WROH	Cerrar clampa para sujetar la pata	A 1 B 1 G 1 M 1 X 1 I 1 A 1 1 0 3 3 0 0 0	1	70	7	2.52	
General move	WROH WROH	Validar puesto	A 1 B 1 G 1 A 1 B 1 P 1 A 1 1 0 1 1 0 0 0	1	30	3	1.08	
General move	2 Steps KIH	Salir de la barrera	A 1 B 1 G 1 A 1 B 1 P 1 A 1 3 0 0 0 0 0 0	1	30	3	1.08	

Imagen 7.1.1 MOST montaje de Módulo 4 en puesto WS01

El cálculo de tiempo de montaje mediante la metodología MOST cobra gran importancia en una línea en I, ya que permite obtener el tiempo ciclo de cada puesto. De esta manera se facilita el proceso de equilibrado de los puestos al tener la posibilidad de detectar los cuellos de botella de un modo más eficaz. Esto permite que se pueda alternar el montaje de algunos componentes en el proceso de ensamblado para balancear el tiempo ciclo de los puestos de trabajo.

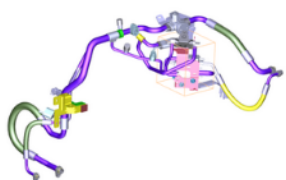
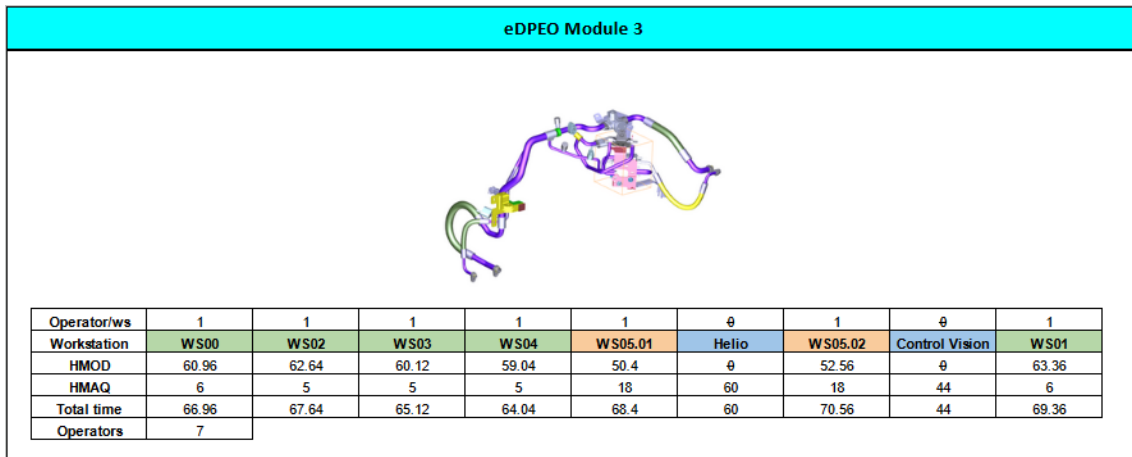
eDPEO Module 3									
									
Operator/ws	1	1	1	1	1	ø	1	ø	1
Workstation	WS00	WS02	WS03	WS04	WS05.01	Helio	WS05.02	Control Vision	WS01
HMOD	50.16	47.52	79.24	59.04	50.4	ø	52.56	ø	74.16
HMAQ	6	5	5	5	18	60	18	44	6
Total time	56.16	52.52	80.24	64.04	68.4	60	70.56	44	80.16
Operators	7								

Imagen 7.1.2 Tiempos ciclo de cada puesto, obtenidos mediante cálculo MOST, sin equilibrado de puestos, Módulo 3.



*Imagen 7.1.3 Tiempos ciclo de cada puesto, obtenidos mediante cálculo MOST, con equilibrado de puestos, Módulo 3.*

A la hora de calcular el tiempo ciclo total de la línea, es necesario tener en cuenta los frecuenciales generados a partir de la reposición de componentes y desecho de las cajas vacías, ya que no se dispone del mismo número de componentes en cada caja para cada referencia, ni el mismo número de cajas por roller, lo cual afecta directamente en el tiempo ciclo de la línea. Los MOST de ambos modelos se podrán visualizar en el Anexo A.

## 8. Control por visión para modelos eDPEO

En la nueva línea de montaje se contará con un sistema de visión 3D COGNEX L4300, que funciona creando una nube de puntos mediante un láser para rechazar las piezas carentes de algún componente o que estén deformadas geométricamente. También se contará con una cámara COGNEX 2D IS 2800 cuya función será controlar las juntas y los tapones de los extremos de los tubos, así como de otros defectos que, por movimientos y tamaño de las garras del robot, no se han podido programar al no poder generar un barrido con el láser de la cámara 3D correctamente.

Tanto la cámara 3D como la 2D se colocan con el objetivo de controlar las partes de las piezas cuyo montaje es más crítico basándose en el AMFE de proceso. Para ello se crea un listado de los puntos a controlar por ambas cámaras. Dicho listado será de ayuda a la hora de conocer qué puntos se deben analizar en las piezas mediante el control por visión. Este listado de puntos a controlar se puede visualizar en el Anexo A.

Se realizará la instalación de dos cámaras de visión en los puestos WS51 y WS52 que se dedicarán a controlar que los pestillos de las paletas de helio se encuentren cerrados o abiertos.

### 8.1 Cámara de control 3D

Tanto esta cámara de visión como la cámara 2D se encuentran colocadas en un perfilómetro en el interior de la célula robotizada, de esta manera se realiza la toma de imágenes a medida que el robot 2 realiza la manipulación de las paletas.

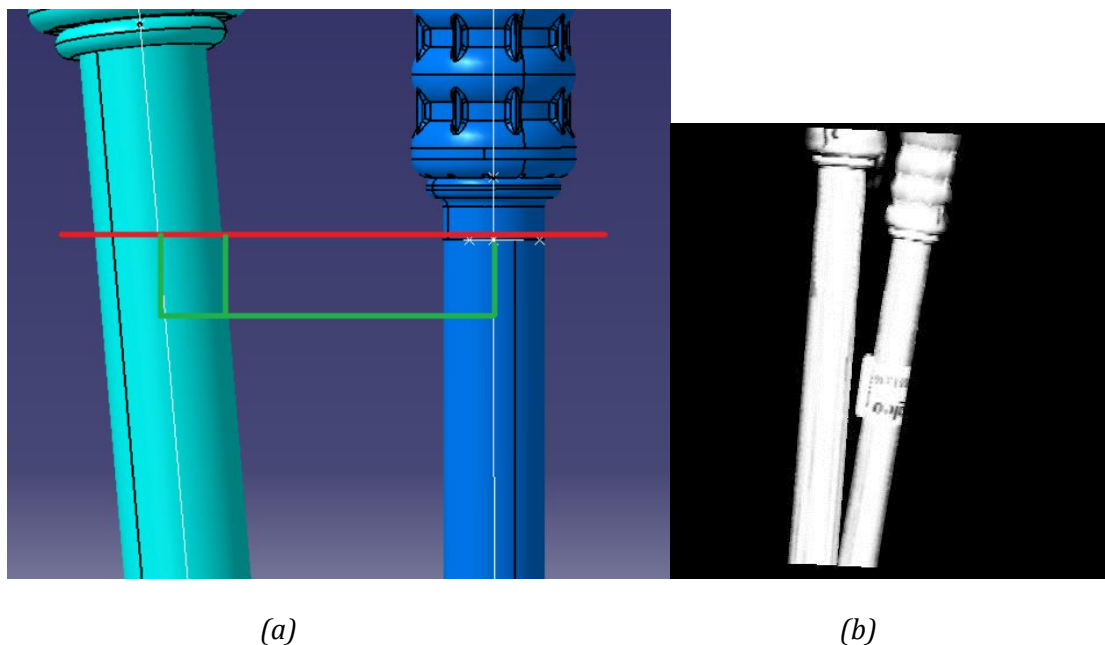
Como bien se ha comentado anteriormente, la cámara COGNEX 3D utiliza el programa In-Sight Vision Suite y funciona creando una nube de puntos mediante un láser, es decir la cámara tiene dos partes, una que está conformada por el láser, que es emitido en forma de línea vertical, y otra parte, que la conforma la cámara que visualiza este láser. Para poder visualizar el láser, al ser estático el robot debe hacer un movimiento de barrido, captando así la cámara la nube de puntos generada por el láser en este movimiento. Debido al tamaño de los utillajes, las piezas, las garras del robot y las limitaciones de espacio, algunos puntos se controlarán mediante la visión 2D al no poderse llevar a cabo los movimientos necesarios para generar la nube de puntos deseada.



*Imagen 8.1.1 3D de ruteado de cables en Módulo 4*

Para programar la visión 3D se introducen los parámetros a controlar de manera manual, de modo que el programa compara los datos introducidos con las medidas tomadas de las piezas.

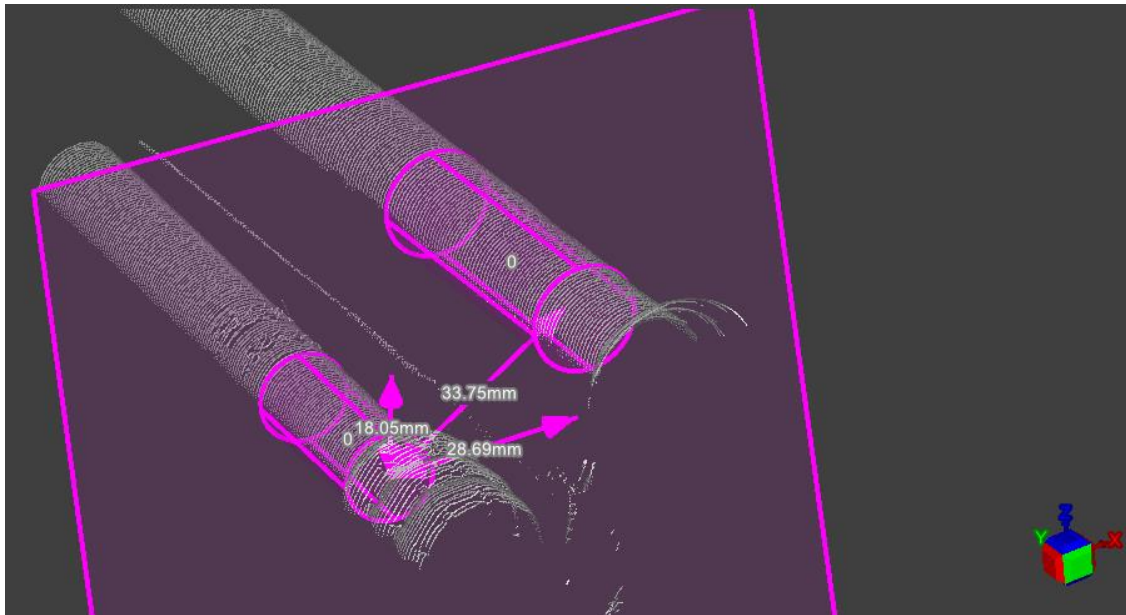
Un punto importante en la programación de la visión 3D del Módulo 4 es el control de geometría de tubos referencia 86 y 87. Tras la obtención de un valor de criticidad de 1 en el AMFE de proceso, se definió que, ante posibles deformaciones en el proceso de montaje, se debía evaluar la distancia entre los tubos mostrados en la siguiente imagen:



*Imágenes 8.1.2 Tubos 86 y 87 en plano (a), imagen tomada por cámara 3D (b)*

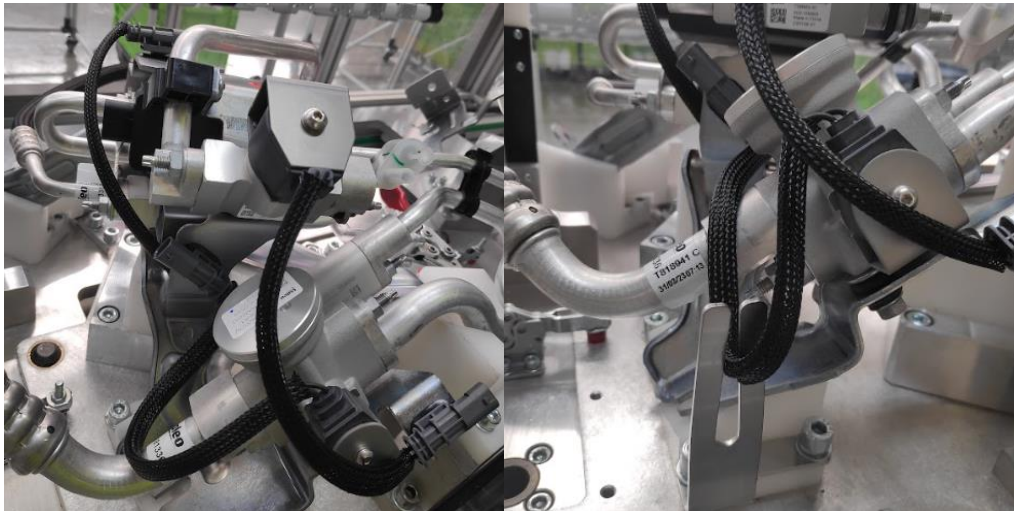
Para ello, en el programa de la visión 3D se tomó como referencia el abocardado del tubo azul. A partir de esa referencia se genera un plano perpendicular al eje de dicho tubo, a 5 milímetros del final del abocardado, el cual se traza hasta el tubo verde

hasta cortar con el eje de dicho tubo (línea roja). Se generan dos puntos, uno en cada eje de cada tubo y se realiza el programa para que obtenga la medida real de la distancia entre ambos puntos (línea verde), calculando las posiciones de los tubos en función de la profundidad de la nube de puntos obtenidos mediante el láser, de modo que se compara con la distancia introducida manualmente con su correspondiente tolerancia, obtenida mediante los planos 3D de la pieza, de esta manera se consigue controlar las posibles deformaciones entre estos tubos.



*Imagen 8.1.3 imagen del programa de la cámara 3D, con medidas.*

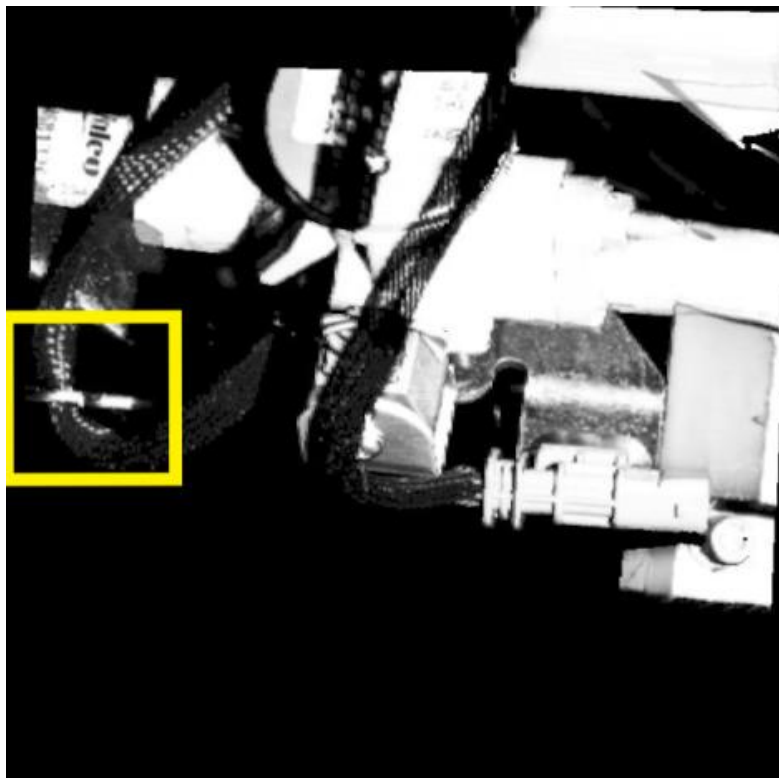
Otro punto importante a abordar en el control de la cámara 3D es el ruteado de los cables, ya que la incorrecta posición de los conectores de los cables conlleva al no funcionamiento del sistema de climatización. El ruteado de los cables genera una variabilidad enorme en sus posiciones al ser flexibles, haciendo imposible su control mediante la visión al no tener una posición fija. Para poder realizar un control efectivo del correcto conexionado y ruteado de estos, se vio necesario instalar una horquilla metálica en los utillajes, tanto para el Módulo 3 como para el Módulo 4, de manera que se pudiese asegurar una posición fija de un cable, aislándolo de los otros cables. Tras esta implementación se programa que la visión calcule la profundidad de los cables, consiguiendo así diferenciar un cable del otro y asegurándose que el ruteado sea el correcto y deseado al no poder alcanzar los demás cables la posición del cable fijado.



(a)

(b)

*Imágenes 8.1.4 Ruteado de cables (a), Horquilla para cable (b), Módulo 3*



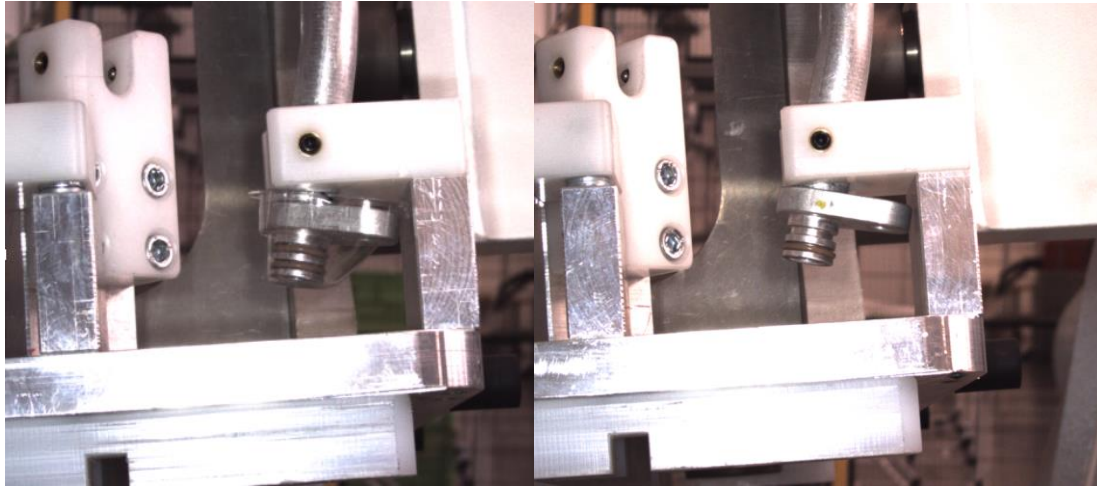
*Imagen 8.1.5 Control de la horquilla con la cámara 3D en Módulo 3*

## 8.2 Cámara de control 2D

La cámara 2D, situada junto a la 3D, utiliza el programa In-Sight Vision Suite y tiene la función principal de controlar los tapones de la pieza, así como las juntas de los extremos de los tubos. No obstante, como bien se ha comentado anteriormente,

también es utilizada para controlar los puntos de la pieza no accesibles para la visión 3D.

A diferencia de la 3D, la cámara 2D de COGNEX toma una imagen instantánea, de modo que no requiere el movimiento constante del robot para la captura de la foto.



(a)

(b)

*Imágenes 8.2.1 Pieza OK (a), pieza NOK (b)*

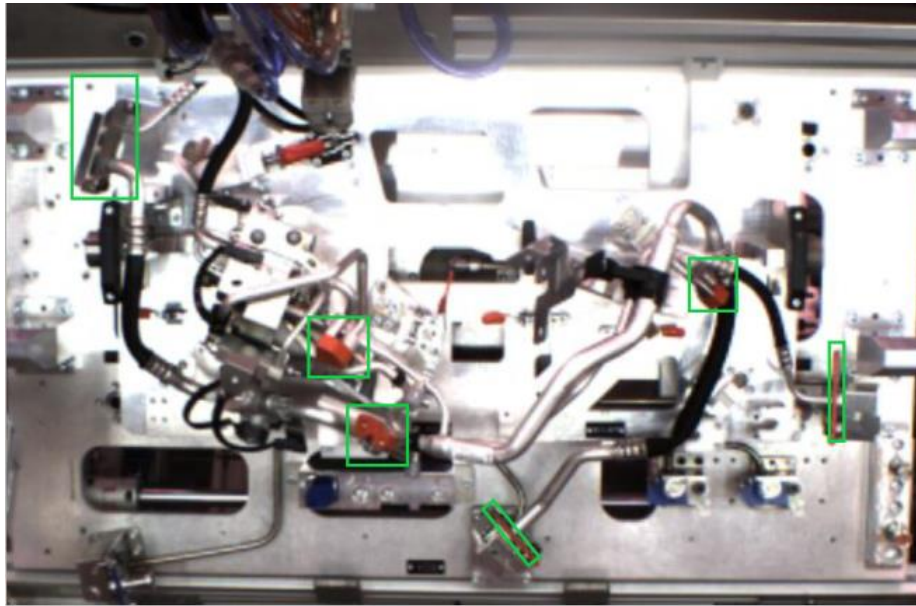
La programación de esta cámara se realiza mediante el sistema “*deep learning*”. Este sistema se basa en la memorización de defectos, por lo tanto para que este pueda distinguir las piezas OK de las NOK, necesita haber almacenado y clasificado imágenes OK y NOK. Para ello se determina con el proveedor del control de visión tomar el número de 1500 imágenes de cada módulo para poder implementar el programa de manera eficaz y sea capaz de tomar decisiones. Dentro de este número, se deben incluir 20 imágenes al menos para cada defecto que se desea controlar con el programa para que sea capaz de distinguir cada defecto posible en las piezas.

### 8.3 Visión cámaras WS51 y WS52

Son dos cámaras situadas en la altura sobre los puestos WS51 y WS52 que utilizan el programa In-Sight Explorer.

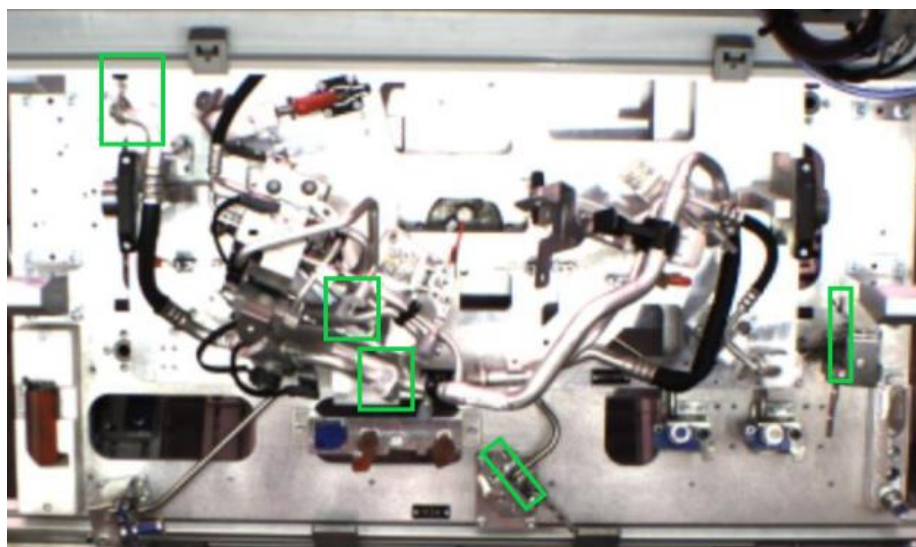
La principal función de este control de visión es el siguiente:

En el caso del puesto WS51, el objetivo es que las paletas no se introduzcan en la máquina de helio con los pestillos abiertos o los tapones sin colocar, ya que, debido a la alta presión del helio, los tubos se soltarían de la paleta, ocasionado la contaminación de helio en el interior de la cámara y el rechazo de la pieza por fuga.



*Imagen 8.3.1 Puntos de control en puesto WS51*

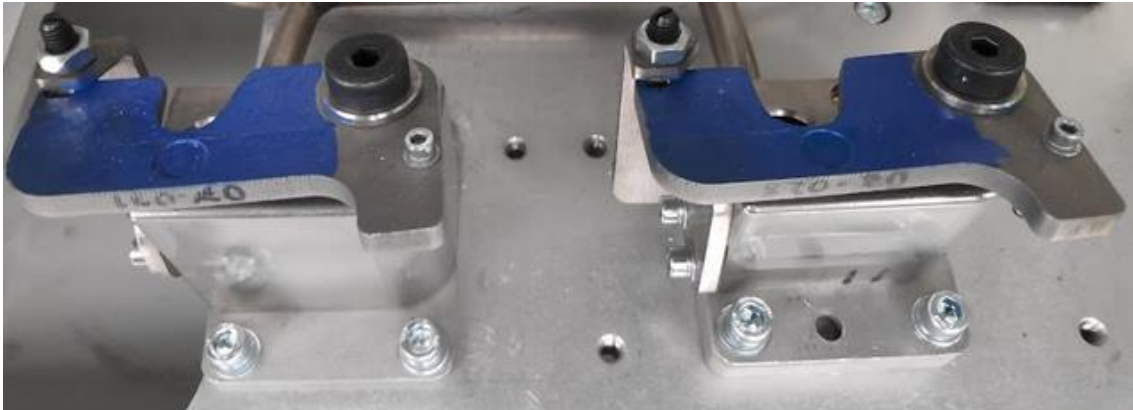
En el puesto WS52 se controla que los pestillos estén abiertos a la hora de validar el puesto, esto es importante pues así se asegura que, si por algún casual el operario no desconecta los extremos de los tubos de la paleta de helio, la paleta de montaje no se quede enganchada a la paleta de helio en la recogida del robot 2, ya que esto provocaría la colisión de la paleta de helio con el propio puesto, dañándose la propia paleta y la pieza.



*Imagen 8.3.2 Puntos de control en puesto WS52*

Para esta visión, el programa toma decisiones en función de colores detectados, de modo que, al pintar los pestillos y tapones de color azul o rojo, el programa de visión es capaz de controlar si el pestillo está abierto o cerrado. Se utilizará el color azul para los tapones y pestillos usados durante la fabricación del Módulo 4, mientras que el color rojo se utilizará para el Módulo 3.

Al inicio de la industrialización se utilizó pintura para que el programa pudiese determinar los colores, pero debido al uso, la pintura pierde intensidad, de modo que el programa terminaba por no detectar los pestillos. De este modo se tomó la decisión de atornillar unos casquillos de plásticos de colores en los tapones y pestillos del mismo color, azul y rojo, para evitar la pérdida de intensidad del color. Para poder implementar este nuevo sistema de colores se tuvo que reprogramar las zonas en las que debe haber presencia de color para detectar los casquillos, ya que los pestillos adquieren distinta forma con los casquillos atornillados.



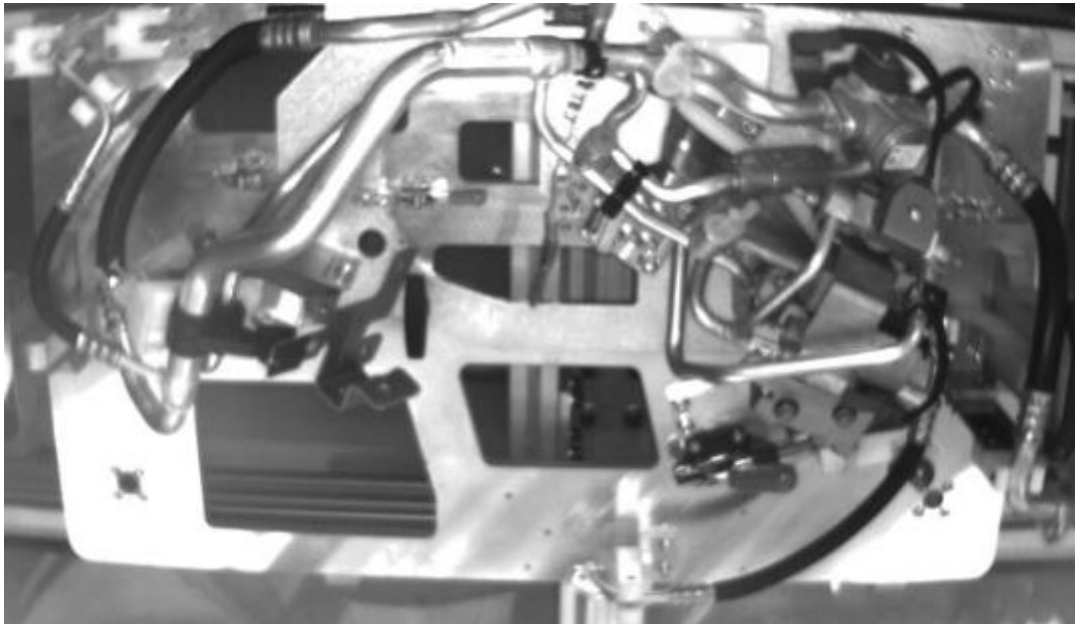
*Imagen 8.3.3 Pestillos de sujeción con pintura*



*Imagen 8.3.4 Pestillos de sujeción con casquillos instalados*

## 8.4 Cámara de registro impresora

Tras la colocación de la etiqueta de proceso sobre la pieza, se toma una imagen de la paleta con la pieza únicamente a modo de registro.



*Imagen 8.4.1 imagen de la cámara de la impresora de un Módulo 3*

## 9. Conclusiones

Tras la industrialización de un nuevo modelo en una línea de montaje y la puesta a punto de una línea de montaje similar a la actual instalada en planta, la conclusión que se ha obtenido es que la realización de ambos proyectos es de una dificultad muy elevada. Para llevar a cabo un proyecto de tales dimensiones es imprescindible contar con un equipo y un jefe de proyectos preparados para sacar las acciones adelante.

Respecto a los nuevos modelos instaurados en Valeo, se ha logrado que su montaje en las líneas sea factible, ya sea a nivel de tiempo ciclo o a nivel de dificultad de montaje.

Por otro lado, respecto a la nueva línea de montaje, se ha conseguido su puesta a punto correctamente, así como de la nueva máquina de helio. Se ha comprobado su rendimiento a pleno funcionamiento, cumpliendo con los volúmenes de producción esperados. Para que la visión funcione correctamente aún es necesario realizar parte de las 1500 piezas establecidas para finalizar la programación, por lo que a día de hoy aún no está depurada. El control de las piezas se realiza actualmente al 100% en las mesas de control 100 y GP12 al no tomar decisiones la visión.

La muestra del correcto funcionamiento de la nueva línea y la implementación de los nuevos modelos fue la realización de tres auditorías externas realizadas por parte de cliente en las que se comprobaron la capacidad de producción de ambos modelos y se evaluó la calidad de los documentos técnicos implantados. Las auditorías de capacidad consisten en la producción continua durante 3 horas seguidas, comparando el tiempo ciclo por pieza obtenido con el estimado mediante los MOST de ambos modelos. La línea superó sin ningún problema ambas auditorías de capacidad, al igual que la auditoría de calidad de documentación.

PARTS CONCERNED			STANDARD+EXTRA CAPACITY (parts/week)			
Name	Part Numbers	EIP or PPAP Status	PCAT type (PCAT 1, 2 or 3)	Requested to Supplier	Run Observation	Estimated Target
Mod3 (e-DPEO)	9849004380		PCAT 2	1050 p/week	1070 p/week	1050 p/week
Mod4 (e-DPEO)	9848136180		PCAT 2	1050 p/week	1070 p/week	1050 p/week

*Tabla 9.1 Resultados de las auditorías de capacidad*

No obstante aún quedan pendientes mejoras a realizar en la línea de montaje y en las paletas de los nuevos modelos. Algunas mejoras a implementar son:

- Instalación de consignas mecánicas en los ascensores de los puestos WS01 y WS00, ya que no basta con consignar la corriente de la línea debido a que si se necesita realizar alguna operación sobre estos elevadores, aún existe el riesgo de que estos descendan mientras se esté trabajando en ellos.

- 
- Depurar el PLC de la máquina de helio, ya que para realizar el test dinámico en las paletas, es necesario lanzar los 30 ciclos manualmente desde su consola. Lo ideal sería generar un programa que los realiza automáticamente y anotase los datos de fuga.
  - Mover la impresora de proceso al puesto WS01, donde será colocada a mano por el operario, ya que con el brazo articulado ocurre en muchas ocasiones que no recoge la etiqueta.
  - Elaborar una ficha técnica para el tensado de las cintas, ya que no existe ningún sistema de control para saber cuánto se deben tensar.
  - Elaborar una ayuda visual del control por visión para el Módulo 3, ya que debido a que no se han producido piezas apenas desde la implementación del programa de visión, hay pocas imágenes disponibles.

## 10. Bibliografía

1. Patrón, D. (2016). ¿Qué es el Heat Pump en Aire Acondicionado y cómo funciona? *Intensity*. Recuperado de <https://intensity.mx/es/blog/que-es-el-heat-pump-en-aire-acondicionado-y-como-funciona>
2. Roncero, A. (2021) ¿Para qué sirve la bomba de calor en un coche eléctrico? *Highmotor*. Recuperado de <https://www.highmotor.com/para-que-sirve-bomba-calor-coche-eléctrico.html>
3. Cuevas, C. Lemort, V. (Agosto de 2016). Caracterización experimental y modelación de una bomba de calor reversible para un vehículo eléctrico [Entrada en un blog] Recuperado de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052016000500006](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000500006)
4. Fuentes, V. (10 de junio de 2020). Así ha mejorado el sistema de bomba de calor en los coches eléctricos de Hyundai y Kia, aumentando su autonomía [Entrada en un blog] Recuperado de <https://www.motorpasion.com/hyundai/asi-ha-mejorado-sistema-bomba-calor-coches-electricos-hyundai-kia-aumentando-su-autonomia>
5. Fernández, A. (11 de junio de 2020). Bomba de calor, qué es y cómo funciona un componente clave para los coches eléctricos. *Motor.es*. Recuperado de <https://www.motor.es/noticias/bomba-de-calor-coches-electricos-202068189.html>
6. Maynard Operation Sequence Technique. (14 de marzo de 2020). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 13 de mayo de 2023 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Maynard\\_Operation\\_Sequence\\_Technique](https://es.wikipedia.org/wiki/Maynard_Operation_Sequence_Technique)
7. Thermal Systems (2023). Valeo. Disponible en <https://www.valeo.com/en/thermal-systems/> [Consultado 14-04-2023].