



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

ESTUDIO DE UNA LÍNEA AUTOMÁTICA DE ENSAMBLADO DE BIDONES PARA CICLISTAS DE 550ML.

*Escuela Superior de Ingenierías Industrial,
Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa*

Grado en Ingeniería Mecánica

MEMORIA

Autor: Jonatan Torres Ruiz

Director del TFG: Jordi Sans

Convocatoria: Extraordinaria, 30/09/2019

A mis padres,

Porque sin ellos no estaría aquí, gracias por tanto. Comprensión, cariño, paciencia, dedicación, sacrificio y humildad. Por enseñarme a ser hoy quien soy, como soy. Gran parte de esto le pertenece a ellos.

A mi familia,

Por estar cuando los he necesitado y comprenderme en los momentos de mayor agobio.

A mis amigos,

Por adaptarse a mi calendario cuando había exámenes o trabajos que entregar. Por apoyarme en todos los peores momentos, aguantarme y seguir queriéndome. Y por las noches de fiesta, ahogando penas o celebrando victorias.

A Rafael Sitjar, Jordi Sans, Francesc Montalà, Javier Álvarez y Víctor Mañosa,

Por ser referentes y guías en este camino, haciendo de la enseñanza con anécdotas algo más fácil de digerir aun teniendo dificultad. Y por enseñarme que aprobar no es lo mismo que aprender.

A Jordi Fornes, José Rosario y Josep García,

Por enseñarme que para llegar arriba hay que empezar desde abajo, con humildad y esfuerzo. Y por dejar en mis manos las herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo los prototipos para este proyecto. Conservo todas las extremidades intactas aún.

RESILIENCIA.

RESUMEN

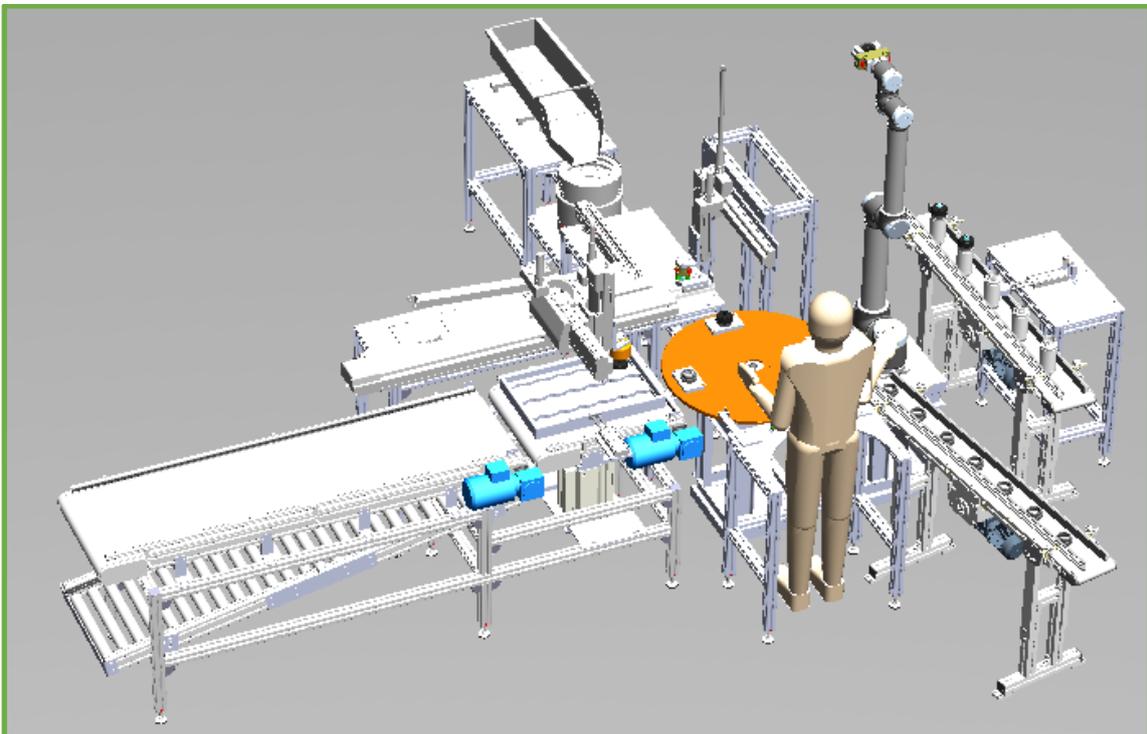
En el presente Trabajo de Final de Grado se pretende hacer el estudio de una línea automática para el ensamblaje de un bidón de bicicletas de 550ml.

Primeramente, se analizará el producto a ensamblar, materiales, zonas de contacto y especificaciones que el fabricante nos marque para, posteriormente, poder diseñar la línea.

Se realizará un diseño de tipo conceptual que contenga la maquinaria que se requiera para desarrollar el ciclo de trabajo, así como los útiles y elementos estructurales necesarios para ello. En éste podremos ver diferentes soluciones para distintas aplicaciones y el criterio seguido para su elección.

Seguidamente se calcularán los tiempos que van a afectar en la línea y que se deberán tener en cuenta para calcular la producción.

Finalmente se comentarán aspectos del lado de la seguridad, aunque no es el objetivo de este trabajo final de grado.



0.- Índice

0.- Índice	5
1.- Introducción	6
1.1.- Motivación personal.....	6
1.2.- Objetivo del trabajo	6
1.3.- Alcance del trabajo.....	6
2.- Desarrollo.....	8
2.1.- Especificaciones del producto	8
2.1.1.- Cuerpo.....	10
2.1.2.- Rosca.....	11
2.1.3.- Tapa	12
2.1.4.- Boquilla.....	14
2.1.5.- Detalles del ensamblado.....	15
2.2.- Especificaciones maquinaria	18
2.2.1.- Procedimiento de ensamblaje.....	18
2.2.2.- Elementos comunes.....	19
2.2.3.- ST0	21
2.2.4.- ST1	27
2.2.5.- ST2	33
2.2.6.- ST3	41
2.2.7.- ST4	49
2.3.- Tiempos de ciclo	58
2.4.- Seguridad	60
3.- Conclusiones.....	62
3.1.- Mejoras a implementar en la línea.....	62
3.2.- Recomendaciones para la continuación del trabajo	62
4.- Presupuesto.....	64
5.- Tabla de ilustraciones	66
6.- Referencias.....	68

1.- Introducción

1.1.- Motivación personal

Desde pequeño he sentido una gran curiosidad por cómo funcionan las cosas. Me compraban un juguete y a los dos días ya estaba desmontándolo para ver qué había dentro y cómo funcionaba.

Siempre que se rompía algo lo cogía para desmontar y poder ver sus entresijos.

Una vez decidí cursar ingeniería mecánica, vi que lo que me llamaba la atención era el diseño de maquinaria mediante software de diseño asistido por ordenador (CAD).

Fue gracias a profesores como Rafael Sitjar o Jordi Sans que mi inquietud por este mundo fue creciendo a la par que creando las bases que ahora tengo.

1.2.- Objetivo del trabajo

Explotar los conocimientos adquiridos en el transcurso del Grado en Ingeniería Mecánica en base a algo que aplicable a la vida cotidiana, como es una industria cualquiera que produce algo que consumimos.

Desarrollar y perfeccionar el criterio de elección de componentes y materiales dependiendo del caso y/o aplicación que se vaya a llevar a cabo.

Agilizar y optimizar los procesos de dibujo y modelado en el programa de diseño asistido por ordenador SolidWorks(CAD).

1.3.- Alcance del trabajo

No se colocará ningún elemento de tornillería, exceptuando el caso en el cual sea necesario para comprobar si obstaculiza o impide el correcto funcionamiento, montaje o mantenimiento de la línea.

No se realizarán cálculos de elementos finitos para comprobar si el conjunto aguanta el peso de la máquina, o si algún elemento puede resistir sometido a las fuerzas o momentos que esté recibiendo.

No se entrará en materia de control y programación, pero si se colocarán los sensores que se crean necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del ciclo de trabajo.

En el caso de que un componente tenga una gama de modelos CAD limitada, se escogerá el que mejor vaya para el conjunto sin ser el que se necesite, a modo conceptual.

2.- Desarrollo

2.1.- Especificaciones del producto

El objeto de estudio para el cual se diseñará la línea automática de ensamblaje es un bidón de agua para ciclistas de la marca ELITE, en concreto su modelo CORSA de 550ml de capacidad.

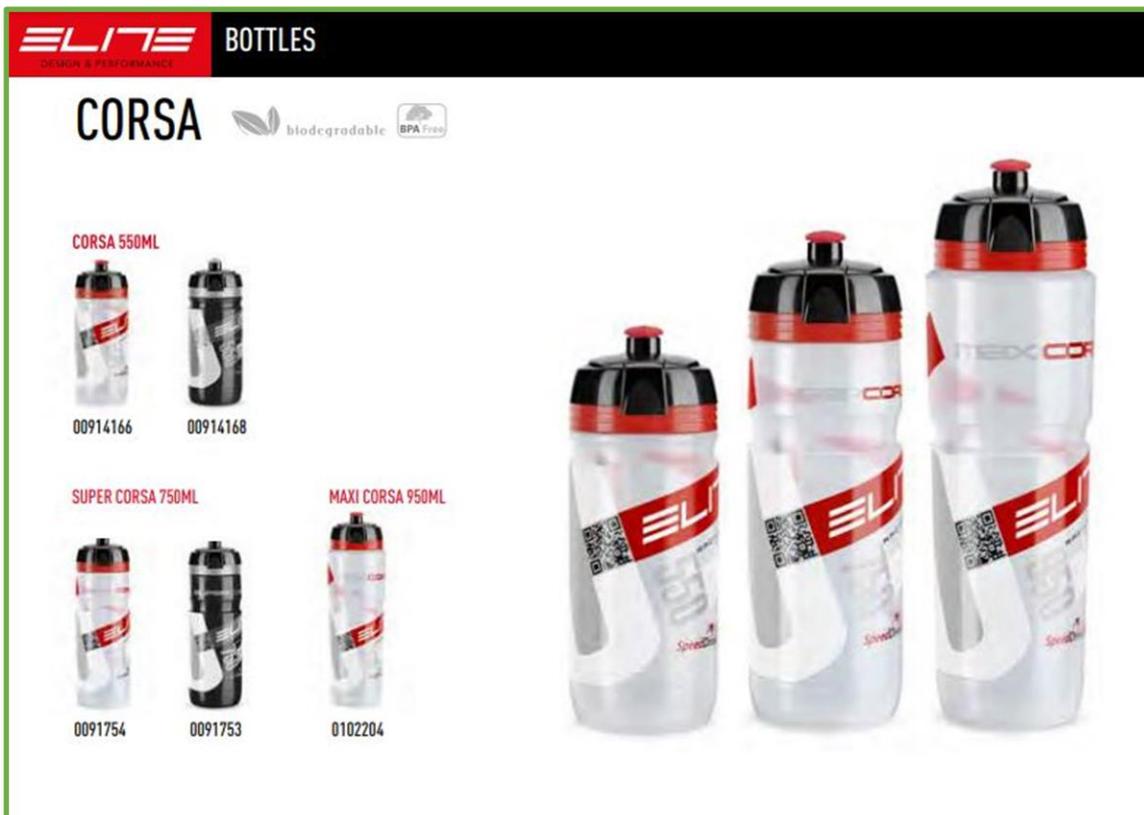


Imagen 1 - Gama bidones modelo CORSA de la marca ELITE. [2019-05-23] Recuperado de <https://www.elite-it.com/en/products/water-bottles/racing/corsa>

Se trata de un bidón de gama media con un cuerpo blando y diseño ergonómico que te permite apretar para beber mientras estás montado en la bicicleta. Su peso en vacío es de 87g, punto a favor debido a la exigencia de ligereza en este deporte y su diámetro exterior es de 74mm permitiéndole encajar en cualquier botellero estándar.

Está fabricado en polipropileno, polietileno y caucho termo plástico, todos ellos libres de BPA o bisfenol A el cual es potencialmente cancerígeno. Además, es completamente reciclable y biodegradable, y se puede lavar en lavavajillas.

Consta de cuatro partes como son el propio bidón o cuerpo del mismo, la parte que rosca al cuerpo, la tapa que encaja en la parte roscada y cierra el conjunto, y por último la boquilla, la cual se deberá sacar para poder permitir el paso del líquido hacia la boca (de abajo a arriba según la [Imagen 2]).

Debido a la imposibilidad de encontrar el modelo en formato 3D CAD se ha procedido a realizar un modelo simplificado del mismo, destacando medidas importantes y geometrías que fueran relevantes a la hora de ensamblar.



Imagen 2 - Explosionado bidón modelo 3D simplificado

A continuación, se pasará a entrar en detalle en cada una de las 4 partes que componen el bidón.

Posteriormente se especificarán los detalles a tener en cuenta a la hora de realizar el ensamblaje entre piezas.

2.1.1.- Cuerpo

El cuerpo es la parte que hace las veces de contenedor del líquido que se quiera beber.

Para facilitar su uso mientras se está pedaleando encima de la bicicleta se ha fabricado en Polietileno de Baja Densidad (LDPE por sus siglas en inglés), un material blando que permite apretarlo para impulsar el fluido hacia la boquilla de salida.

En la siguiente imagen [Imagen 3] se puede apreciar los detalles de la rosca exterior en la parte superior, que lo unen a todo el ensamble de las tres partes restantes del conjunto, rosca (2.1.2.), tapa (2.1.3.) y boquilla (2.1.4.).

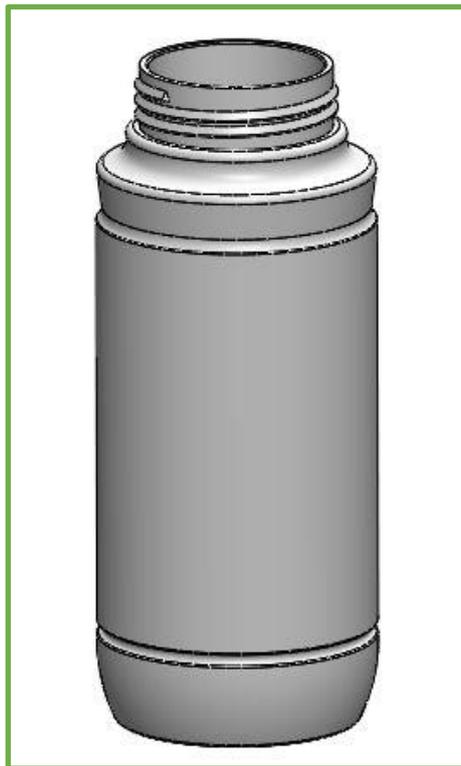


Imagen 3 - Cuerpo modelo 3D simplificado

2.1.2.- Rosca

La rosca es la parte que une el subconjunto de la tapa con el cuerpo. Está fabricado en Polipropileno (PP) que le confiere gran dureza y rigidez.

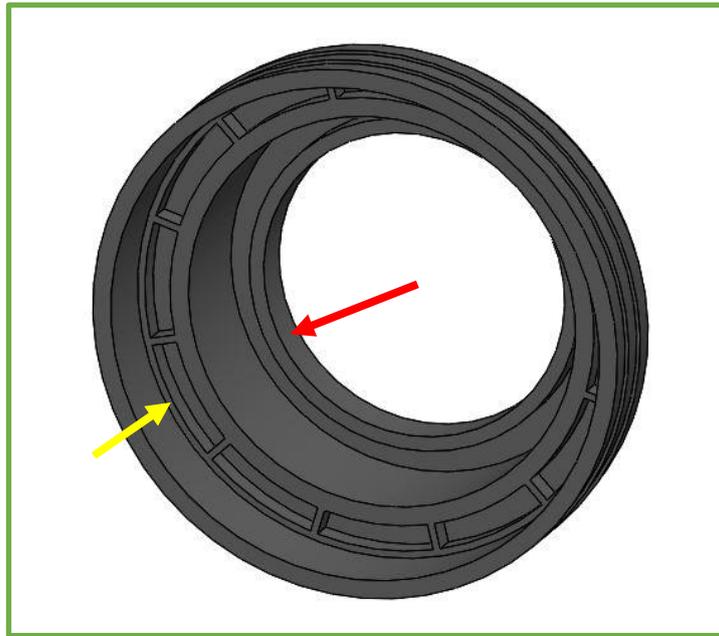


Imagen 4 - Rosca (parte inferior) modelo 3D simplificado

En el interior de la pieza [Imagen 4], se puede observar:

- Agujero interior donde encaja el aro interior de la tapa (2.1.3.). Color rojo.
- 12 ranuras en matriz circular. Color amarillo.

(Se ha omitido la representación de la parte hembra de la rosca, la cual rosca con el cuerpo (2.1.1.)).

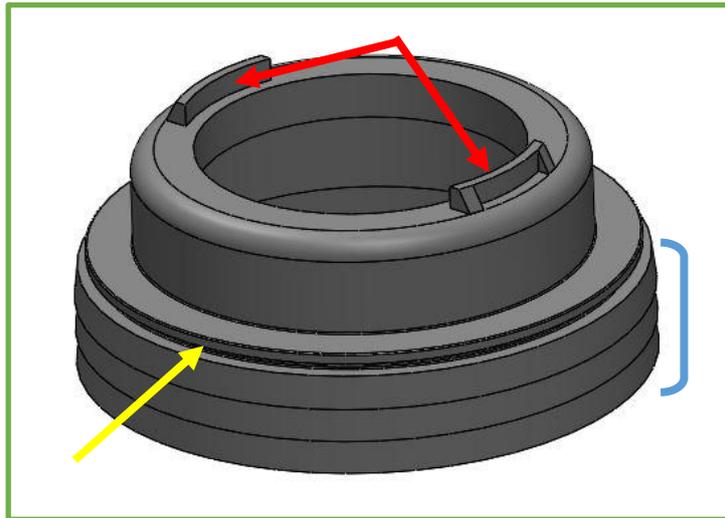


Imagen 5 - Rosca modelo 3D simplificado

En el exterior de la pieza [Imagen 5], se puede observar:

- a) Dos protuberancias radiales, las cuales centran la tapa (2.1.3.). Color rojo.
- b) Una hendidura perimetral, la cual mantiene encajada y unida la tapa (2.1.3.). Color amarillo.
- c) Tres estrías las cuales facilitan el agarre y evitan que se resbale de las manos con guantes, sudor, polvo, etc. Color azul.

2.1.3.- Tapa

La tapa es la parte que cierra el conjunto y a su vez alberga la boquilla (2.1.4.) la cual se saca para poder beber.

Está fabricada en Polipropileno (PP) que le confiere gran dureza y rigidez.

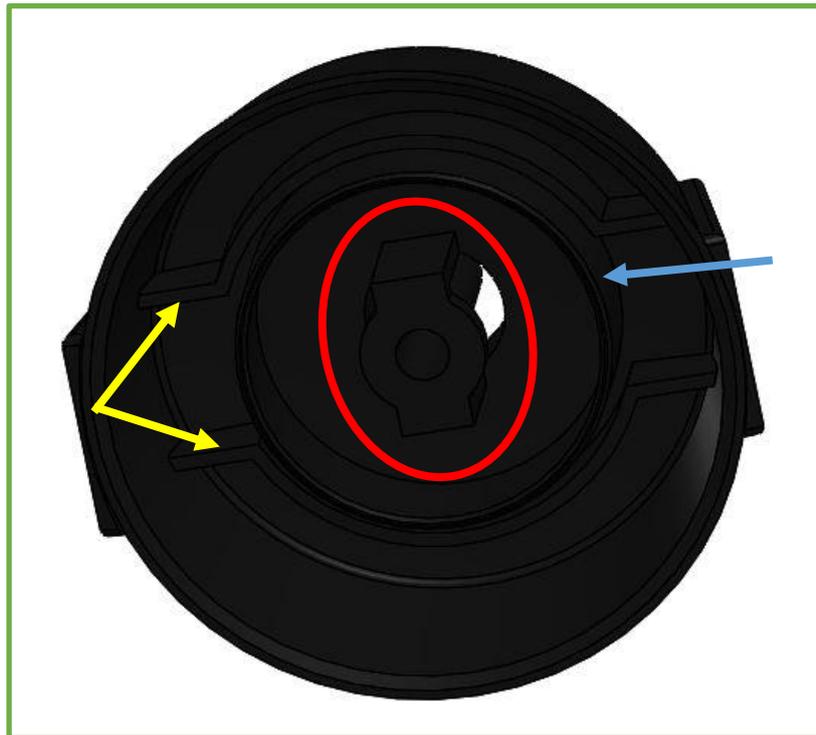


Imagen 6 - Tapa (parte inferior) modelo 3D simplificado

En el interior de la pieza [Imagen 6], se puede observar:

- Alojamiento de la boquilla (2.1.4.), tabicado para centrar ésta y evitar que gire. Color rojo.
- Aro interior, encaja en el agujero interior de la rosca (2.1.2.). Color azul.
- Dos nervios en forma de yugo, utilizados para centrar la tapa con la parte superior de la rosca (2.1.2.) como se indica en la [Imagen 5] apartado "a)". Color amarillo.

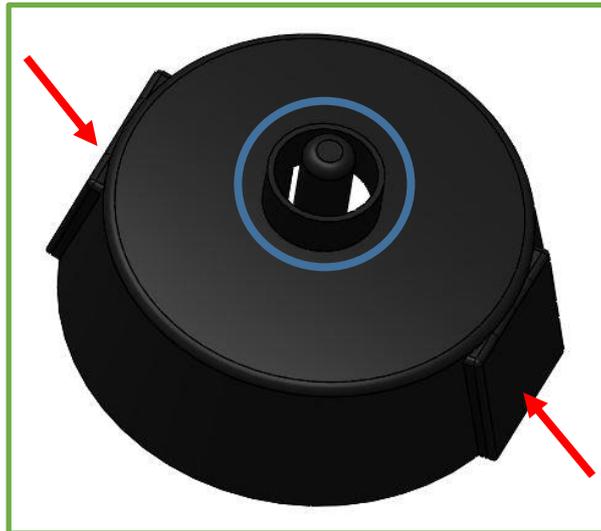


Imagen 7 - Tapa modelo 3D simplificado

En el exterior de la pieza [Imagen 7], se puede observar:

- a) Alojamiento boquilla, limita la entrada y salida de la misma mediante los tabiques mencionados en [Imagen 6] apartado a), y asegura la estanqueidad mediante el cilindro central. Color azul.
- b) Salientes longitudinales estéticos. Color rojo.

2.1.4.- Boquilla

Finalmente, la boquilla es la parte blanda que entra en contacto con la boca. En su posición inferior, cierra el recipiente para evitar la fuga de los líquidos de su interior. Para beber, se debe sacar hacia su posición más exterior con los dientes, permitiendo el paso de la bebida.

Está fabricada en Caucho termoplástico (TPE), material muy flexible y resistente al desgaste, así como a la temperatura.

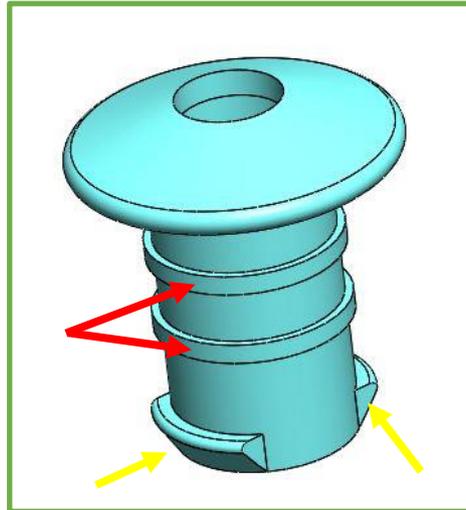


Imagen 8 - Boquilla modelo 3D simplificado

En la [Imagen 8], se puede observar:

- a) Dos aros cuya función es asegurar que existe estanqueidad con la pared de la tapa (2.1.3.). Color rojo.
- b) Dos labios los cuales limitan la salida de la boquilla haciendo tope con la parte interior de la tapa (2.1.3.). Color amarillo.

2.1.5.- Detalles del ensamblado

Una vez vistas todas las partes que forman el conjunto, se procede a especificar las zonas de contacto y las peculiaridades que tienen los diferentes componentes para ensamblar entre ellos.

- Entre rosca (2.1.2.) y tapa (2.1.3.) se aprecia:

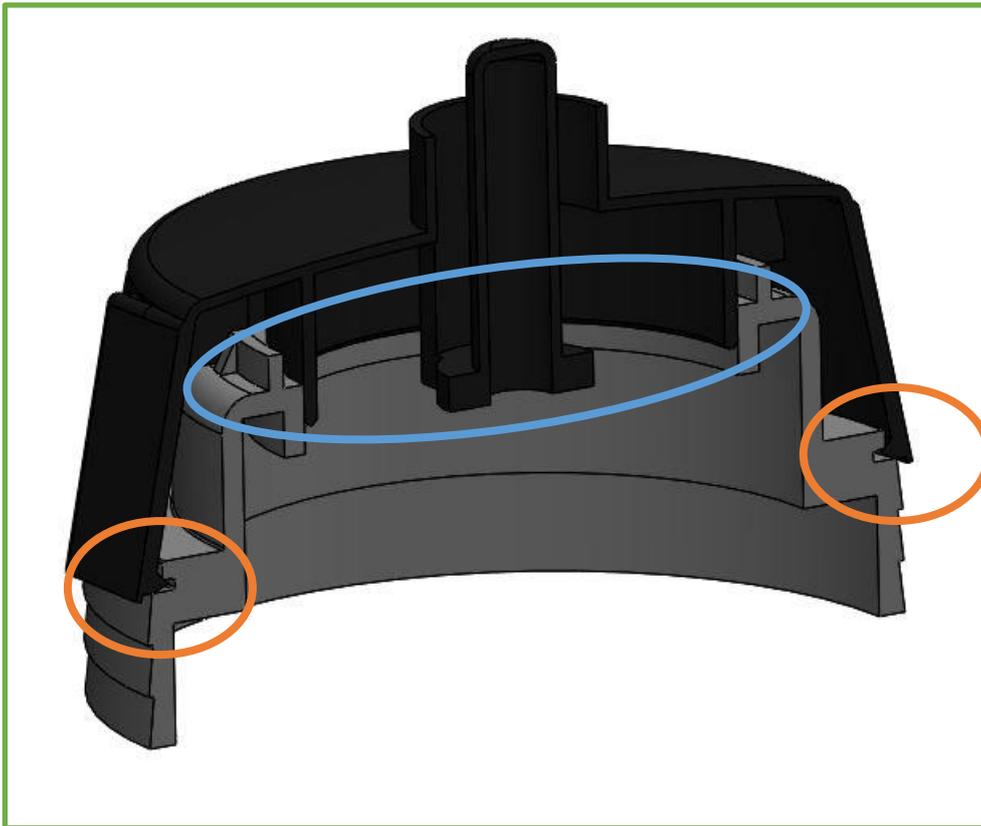


Imagen 9 - Corte subensamblaje Rosca+Tapa

-Indicado en color naranja, el labio perimetral de la tapa debe encajar en la hendidura perimetral de la rosca.-Indicado en color azul, el aro centrador de la tapa encaja en el agujero centrador de la rosca.

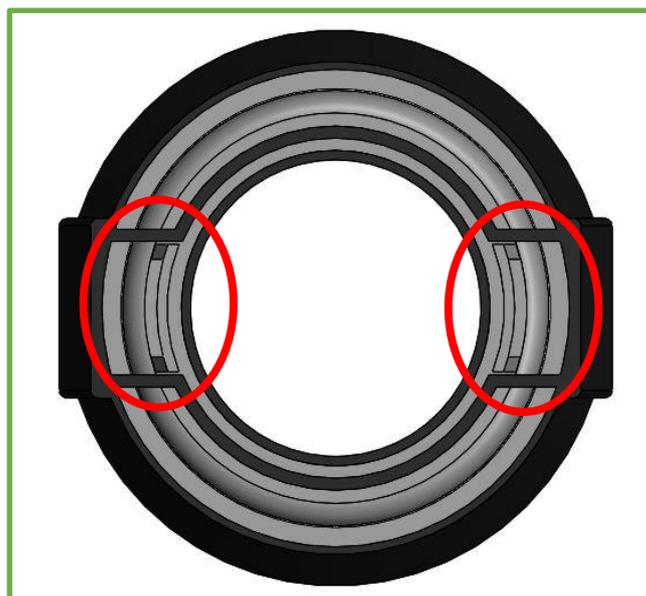


Imagen 10 - Corte (vista planta) subensamblaje Rosca+Tapa

-Indicado en color rojo, los nervios en forma de yugo (gris oscuro) de la tapa encajan y la centran con la rosca mediante las dos protuberancias radiales (gris claro) de ésta última.

- Entre tapa (2.1.3.) y boquilla (2.1.4.) se aprecia:

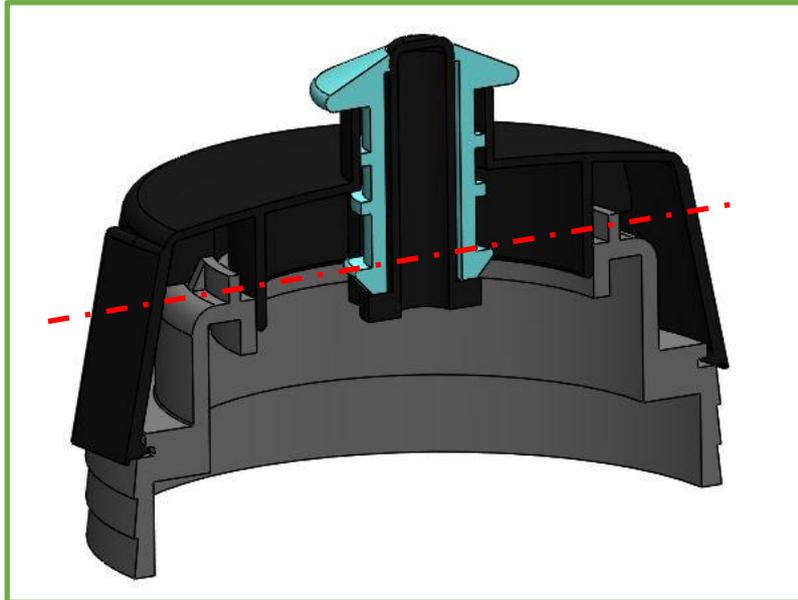


Imagen 11 - Corte subensamblaje Rosca+Tapa+Boquilla

-Indicado en color rojo, los dos labios de la boquilla quedan alineados con los dos salientes longitudinales estéticos de la tapa, y a su vez, con las dos protuberancias radiales de la rosca.

2.2.- Especificaciones maquinaria

Una vez se conoce el producto que se quiere ensamblar, se decide cuál va a ser el proceso, cómo se va a llevar a cabo y con qué maquinaria.

En este caso en concreto se opta por hacer una línea automática de mesa rotativa. Para definir la cantidad de estaciones necesarias, debemos conocer el número de procesos a realizar.

El procedimiento de ensamblaje no necesita ninguna estación intermedia de verificado puesto que va integrado en la misma estación de trabajo, además de ser un componente físico sencillo.

A continuación, se va a establecer el procedimiento a seguir para ensamblar el componente y el orden de ensamblado de los mismos.

2.2.1.- Procedimiento de ensamblaje

Primero se realizará el subensamblaje de la rosca con la tapa y la boquilla para luego unirlo al cuerpo y así formar finalmente el bidón.

1) Para comenzar con el subensamblaje del conjunto del cierre, se posicionará la rosca de manera que quede fija y no rote.

2) Posteriormente, sobre ésta se insertará la tapa de manera que las protuberancias radiales de la rosca encajen con los nervios en forma de yugo tal como se indicó anteriormente en el punto 2.1.5. *Detalles del ensamblado*, y el labio inferior encaje en la hendidura, haciendo que ambos sólidos queden unidos [*Imagen 9 e Imagen 10*].

3) Por último, se insertará la boquilla de manera que el pitorro central de la tapa haga de guía con el agujero central de la boquilla. Además, la boquilla debe de estar orientada de manera que los dos labios inferiores queden alineados con las protuberancias de la rosca y con los salientes exteriores de la tapa [*Imagen 11*].

4) Una vez tenemos listo el subensamblaje de la tapa, se procede a roscarlo al cuerpo o bidón, finalizando así el proceso en 4 etapas.

Por lo tanto, nuestra mesa rotativa tendrá 4 posiciones.

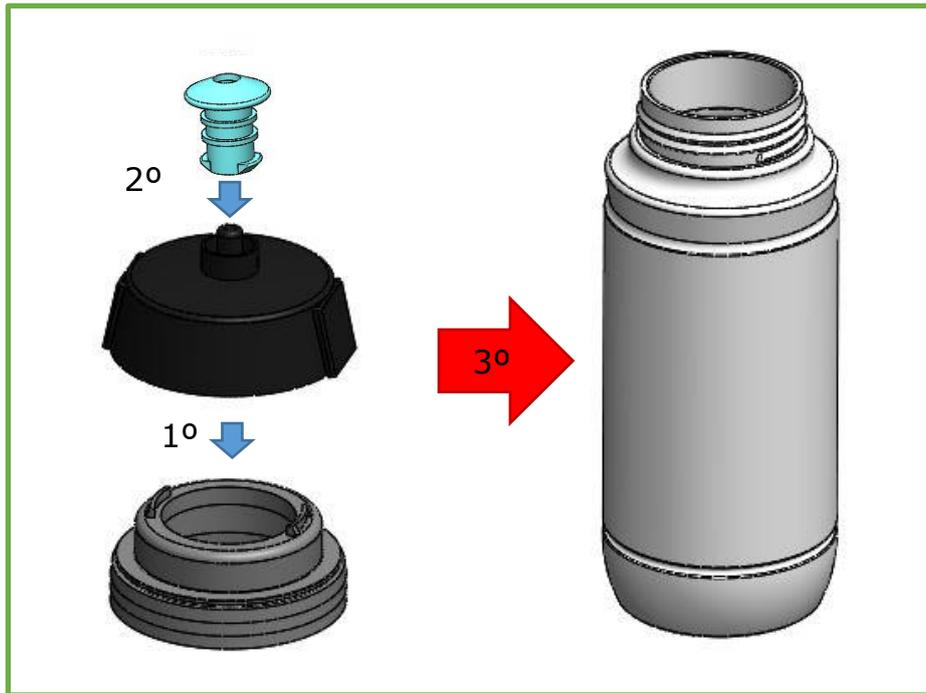


Imagen 12 - Orden de ensamblado bidón

2.2.2.- Elementos comunes

Durante la realización de este estudio se han utilizado diferentes elementos que han sido comunes para las diferentes estaciones de trabajo de la línea automática de ensamblaje. Éstos son:

- Perfilera modular en aluminio marca Bosch Rexroth. Debido a su gran versatilidad y modularidad, a parte de la rapidez de fabricación y resistencia, se ha decidido utilizar este tipo de perfilera para la construcción de mesas y bancadas de las diferentes estaciones de trabajo, siempre que ha sido posible según el requerimiento de esta.
- Patas ajustables en altura marca Elesa Ganter. Puesto que deberemos regular todo en altura para poder contrarrestar posibles diferencias de alturas y/o planitud con respecto al suelo, se han elegido estas patas en su versión 150mm estando 100 mm roscados dentro del perfil anteriormente mencionado permitiendo así una variación en altura de +-50mm puesto que la rosca mínima que debe existir en el interior del perfil se establece en 50mm.

- Placa aluminio 6061 grosor 12mm.
Para la realización de los diferentes sobres de las mesas y/o bancadas se ha optado por esta configuración. Este material nos otorga una gran resistencia y un fácil mecanizado a un bajo coste. En la mayoría de los casos, más que suficiente para soportar los esfuerzos y pesos a los que va a estar sometido.
- Tornillería Allen M6 calidad 8.8.
Tal y como hemos mencionado en el apartado *1.3. - Alcance del trabajo*, no se va a colocar ningún tipo de tornillería excepto en el caso que pueda entrar en conflicto con otro elemento, entonces se colocará para visualizar las posibles interferencias con el mismo. Se ha optado por esta configuración debido a que es la más común, resiste lo necesario para el montaje de este estudio y nos permite una fácil conexión mediante tuercas en T en los perfiles modulares Bosch.
- Anclaje bancadas.
Aunque no se haya colocado en el conjunto del sólido, una vez las máquinas están situadas en su sitio, sus respectivas bancadas deberán ir ancladas al suelo para evitar movimientos que puedan desajustar y derivar en posibles malfuncionamientos.

2.2.3.- ST0

Se establece el plato rotativo como ST0, puesto que es el centro de la línea y por su similitud con el número 0. A partir de aquí se establecerán los nombres respecto al orden de montaje de los elementos.

La estación de trabajo 0 (ST0) es la encargada de albergar los 4 nidos donde se va a ir ensamblando el subconjunto de la tapa que cada estación de trabajo va a proveer.

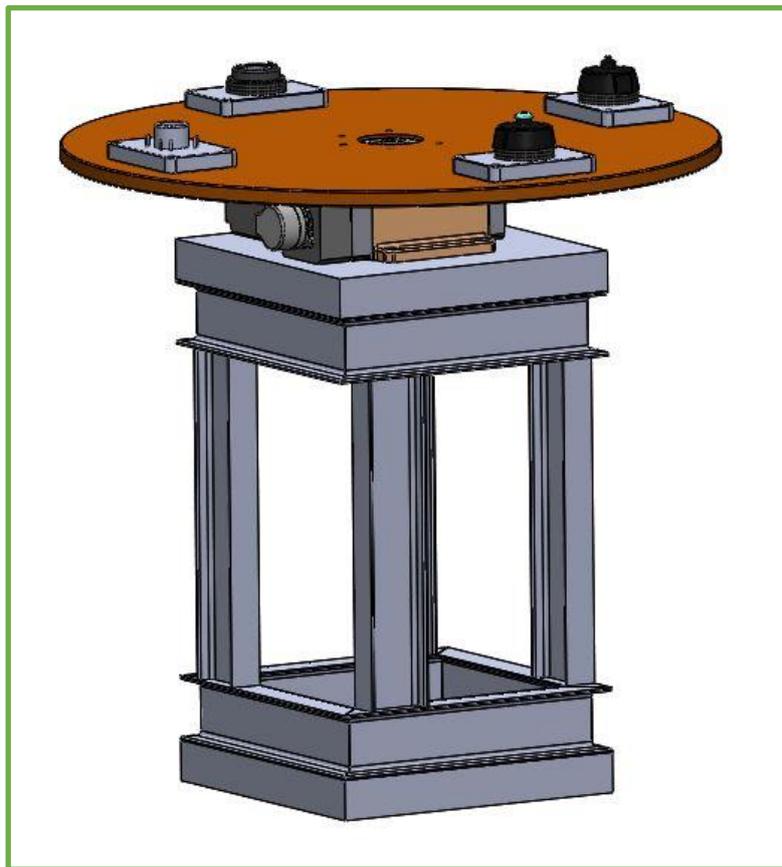


Imagen 13 - ST0 en perspectiva

2.2.3.1.- Plato rotativo

Se ha optado por un plato rotativo con 4 posiciones puesto que tenemos 4 elementos que ensamblar.

La fabricación de este, como se ha mencionado en el apartado 2.2.2. Elementos comunes, se realiza en aluminio 6061 de diámetro 800mm y un grosor de 20mm.

Para su anclado a la mesa rotativa, se ha realizado en el centro un agujero de diámetro 80mm para asentar sobre la brida de la mesa, así como para permitir el paso de cables y/o tubos por el centro de la brida de la mesa puesto que ésta es hueca. Además, se han realizado 6 agujeros pasantes para colocar tornillos Allen de métrica M8 fijando estas dos piezas por completo.

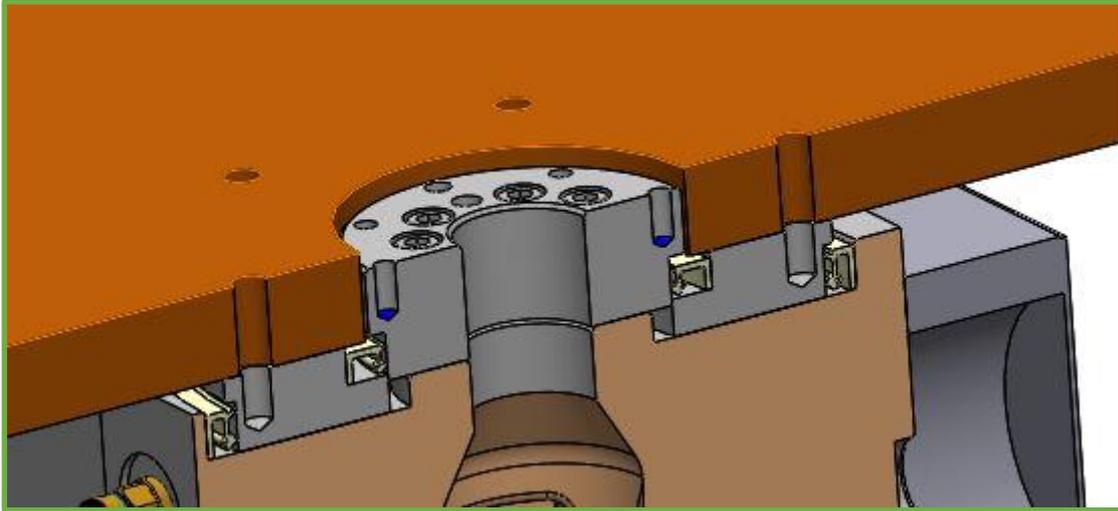


Imagen 14 - Detalle unión plato rotativo con mesa rotativa

Para la correcta colocación de los nidos que van a albergar los diferentes elementos durante el ensamblaje, se opta por un montaje en diagonal, teniendo en una diagonal casquillos (nido) y centradores (plato) templados, revenidos y rectificados en acero F115; y en la otra diagonal, agujero pasante (nido) y perno con cabeza de plástico para el apriete del mismo en el agujero métrico M6 realizado sobre el plato.

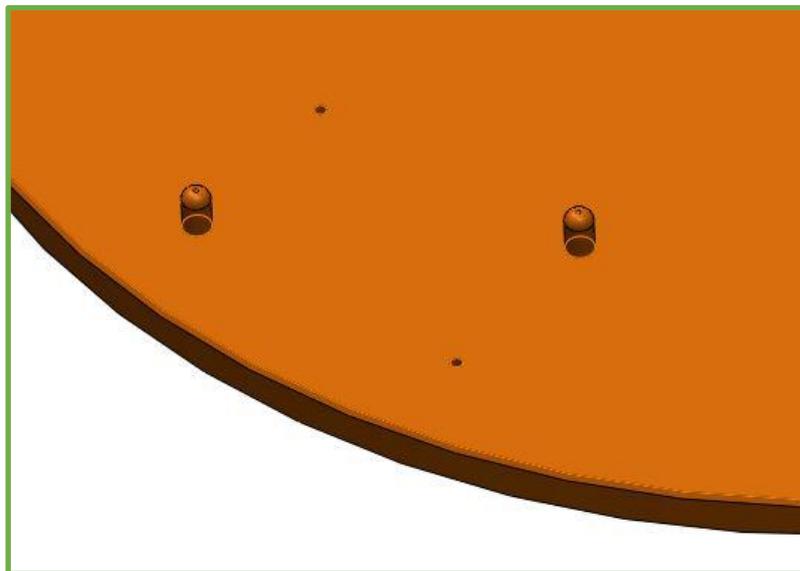


Imagen 15 - Detalle posición nidos en plato rotativo

2.2.3.2.- Nido

El nido es la parte que permite ensamblar las diferentes piezas colocándolas de una manera determinada.

Se ha optado también por una placa en aluminio 6061, como se ha mencionado en el apartado 2.2.2. Elementos comunes, de grosor 20mm.

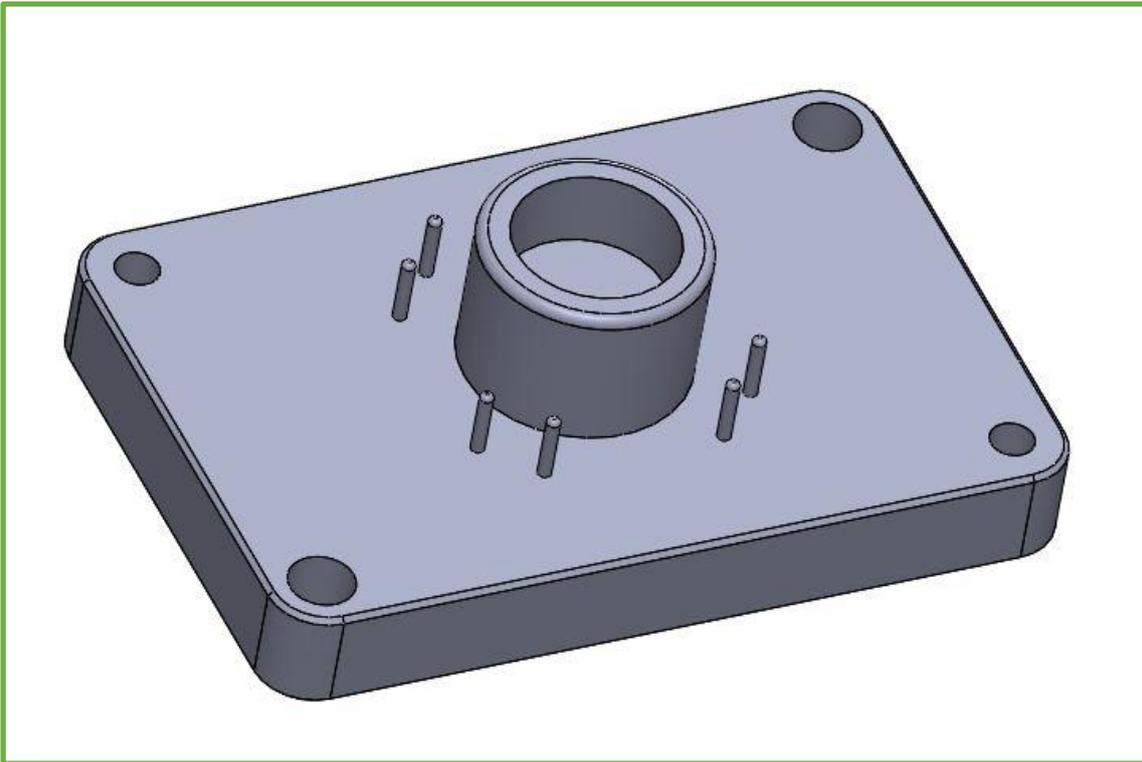


Imagen 16 - Nido ensamble modelo 3D simplificado

En esta se ha realizado en la diagonal ascendente (izq.inf-der.sup) un agujero de diámetro 12mm para el encaste de casquillos endurecidos de diámetro interior 8mm.

Mientras que en la diagonal descendente (izq.sup-der.inf) se han realizado agujeros pasantes para métrica M6 para el collado de pernos con cabeza de plástico, que asegurarán la correcta colocación del nido sobre el plato rotativo.

Se realiza sobre la placa una pieza torneada con un diámetro exterior de 41,5mm que limitará con el diámetro interior de la rosca, limitando su desplazamiento X/Y.

Además, permitirá albergar 8 pasadores templados, revenidos y rectificadas de métrica 2,5x18mm que encajarán sobre las rendijas circulares mostradas en [Imagen 4], limitando así su giro.

Esta pieza circular además deberá tener un rebaje central tal que permita albergar el asiento de la boquilla en su posición de cierre estanco (abajo), de diámetro 30mm.

Se decide realizar un prototipo real en aluminio y DELRIN para estudiar la viabilidad del montaje.



Imagen 17 - Prototipo Nido fabricado

2.2.3.3.- Mesa rotativa

Para que todo el conjunto gire, se ha seleccionado una mesa rotativa modelo TC150T de la marca WEISS.

Ésta permite un indexado preciso de 4 posiciones gracias a su encoder absoluto.

El fabricante recomienda un plato de hasta 800mm de diámetro para este montaje, que es el que se ha establecido anteriormente.

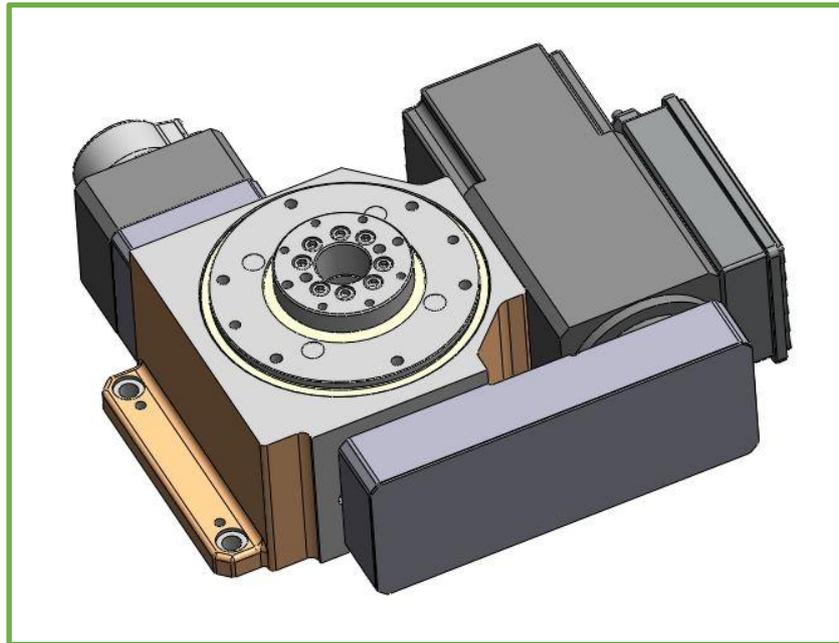


Imagen 18 - Modelo 3D mesa rotativa

2.2.3.4.- Estructura soldada

Debido a las aceleraciones e inercias que va a tener que soportar, se decide realizar la bancada con perfiles tipo IPN de acero S235 electro soldados. Además, para añadirle peso se colocarán unas placas de acero dulce de un grosor de 40mm en la parte inferior para hacer de base, y en la parte superior para hacer de sobre donde anclar la mesa giratoria.

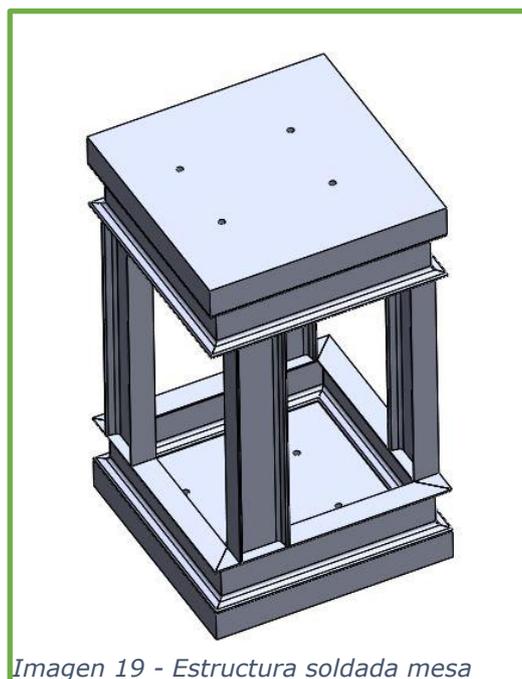


Imagen 19 - Estructura soldada mesa rotativa ST0

Dicha estructura deberá ir collada al suelo firmemente para evitar vibraciones y/o movimientos involuntarios.

(No se definirá el anclaje de la bancada al suelo)

2.2.4.- ST1

La estación de trabajo 1 (ST1) es la encargada de insertar en la línea la rosca.

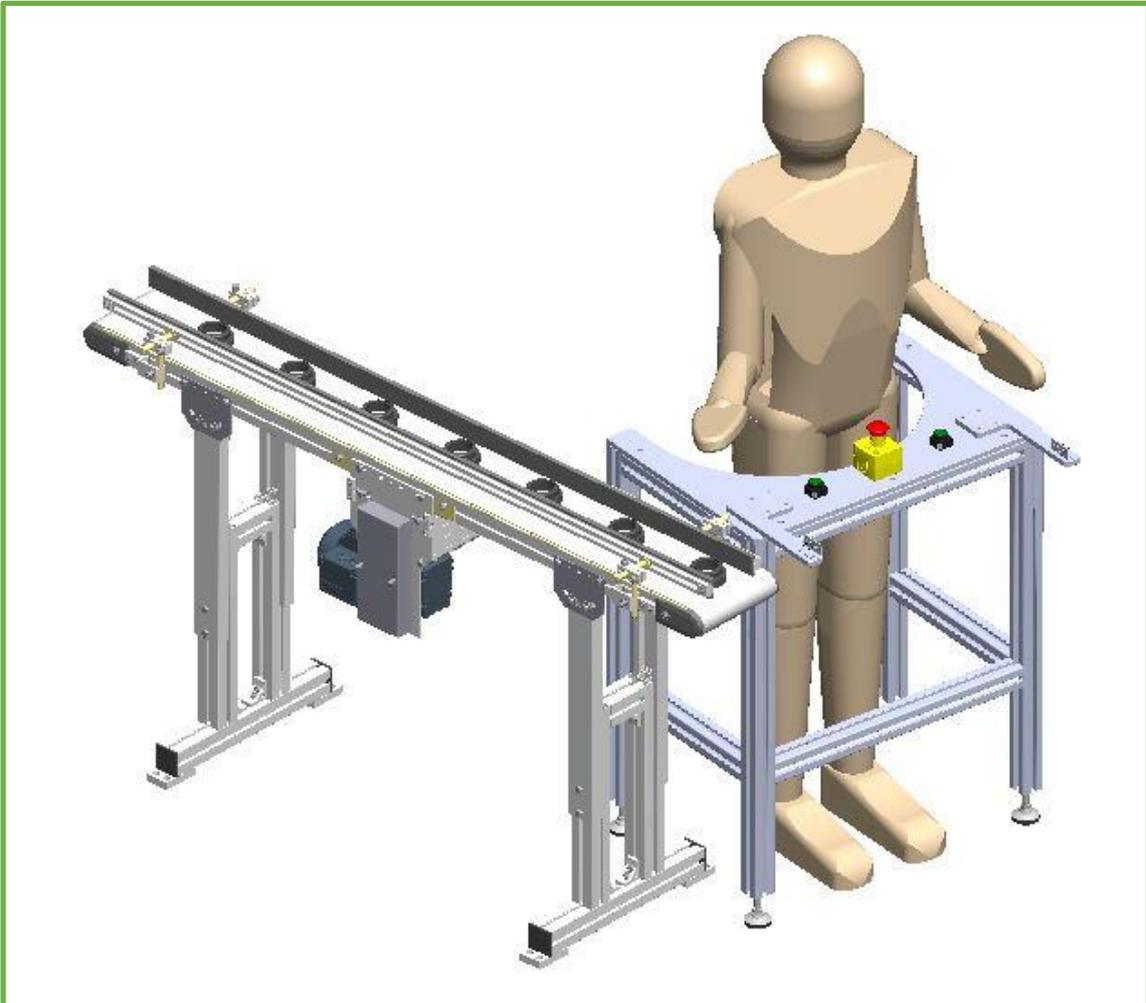


Imagen 20 - ST1 en perspectiva

Esta estación cuenta con un/a operario/a que recogerá de una cinta que tiene situada a su derecha y en diagonal una rosca sin orientar y se encargará de colocarla adecuadamente en el nido o huella que le quedará delante suyo.

Una vez colocada correctamente, pulsará simultáneamente dos botones que tiene en su mesa para que la estación realice un control de posición.

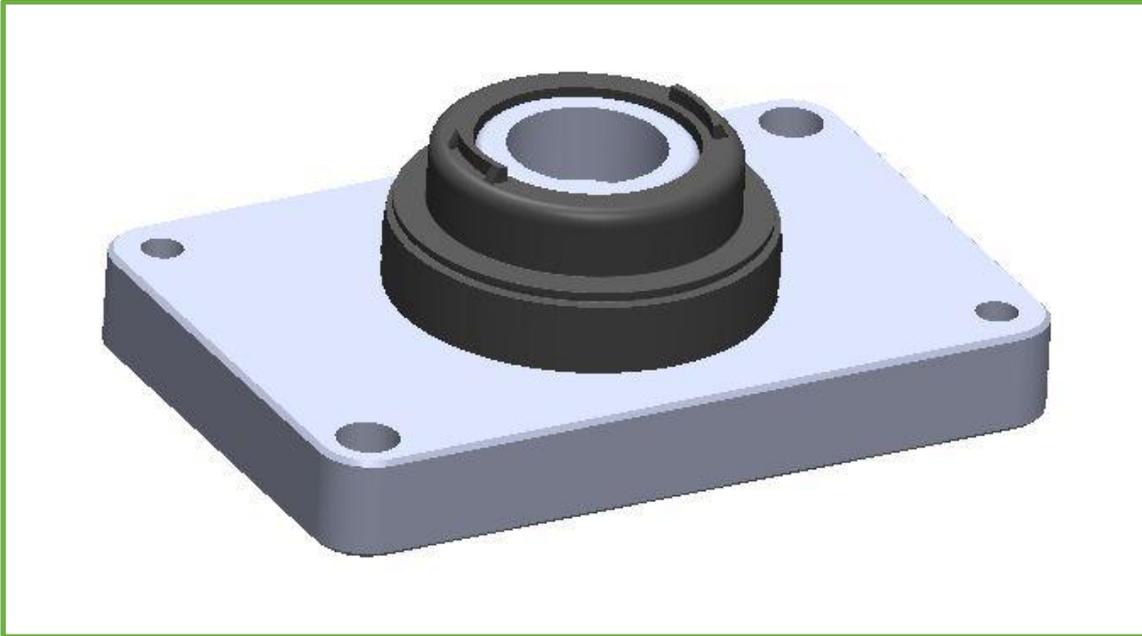


Imagen 21 - Posicionamiento Rosca en Nido ST1

Mediante dos fibras ópticas situadas a cada lado de la mesa, se verificará el correcto posicionamiento de la pieza en el nido tal que:

Se dará por bueno el centraje si la señal recibida por el esclavo de la fibra superior es 1 (emisor-receptor llega) mientras que la inferior es 0 (emisor-receptor NO llega).

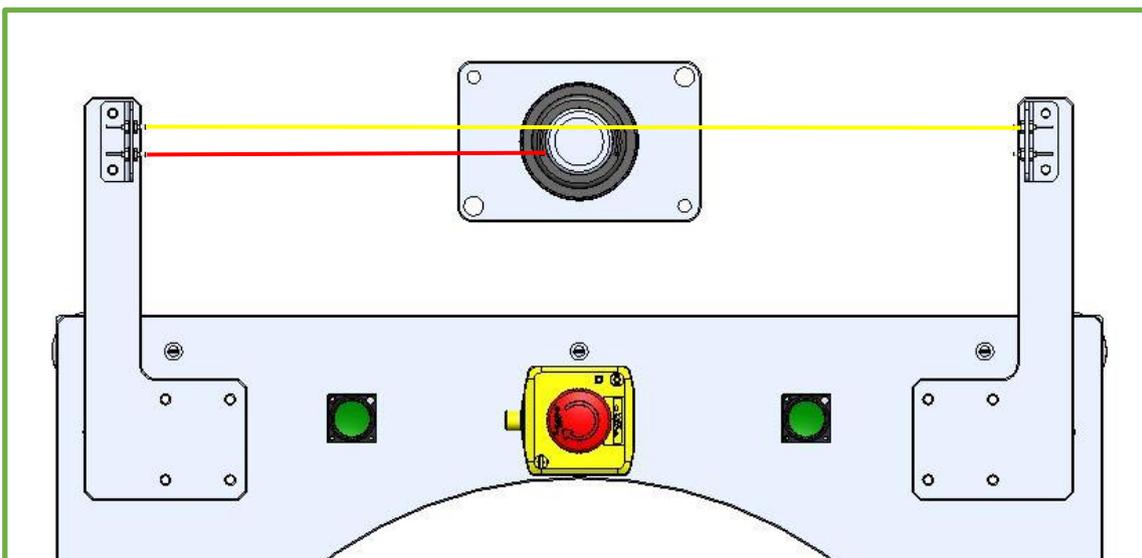
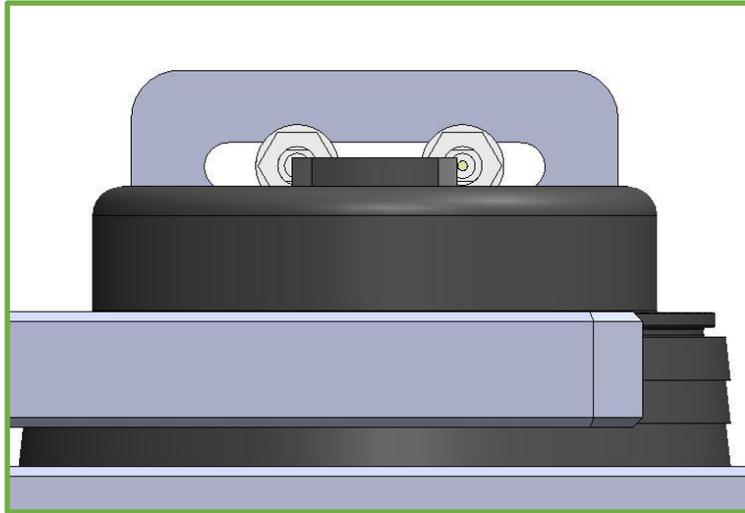


Imagen 22 - Control posición correcta Rosca en Nido ST1



*Imagen 23 - Detalle fibras control correcto posicionado
Rosca en Nido ST1*

En caso de no ser correcto el posicionamiento, la estación no validará su colocación y no permitirá que el plato gire y avance a la siguiente estación.

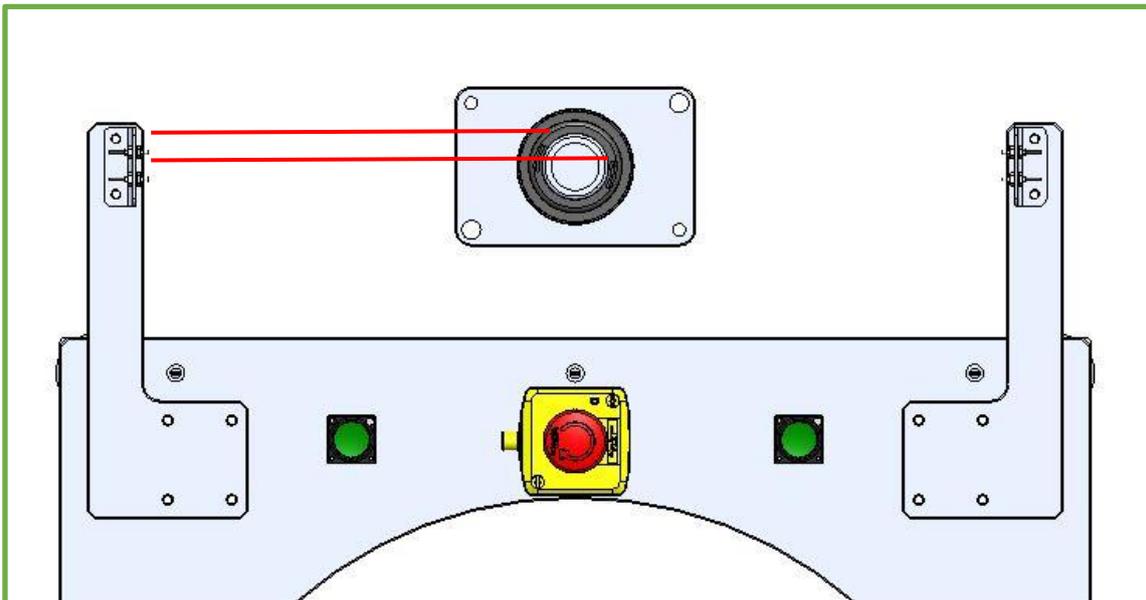


Imagen 24 - Control posición incorrecta Rosca en Nido ST1

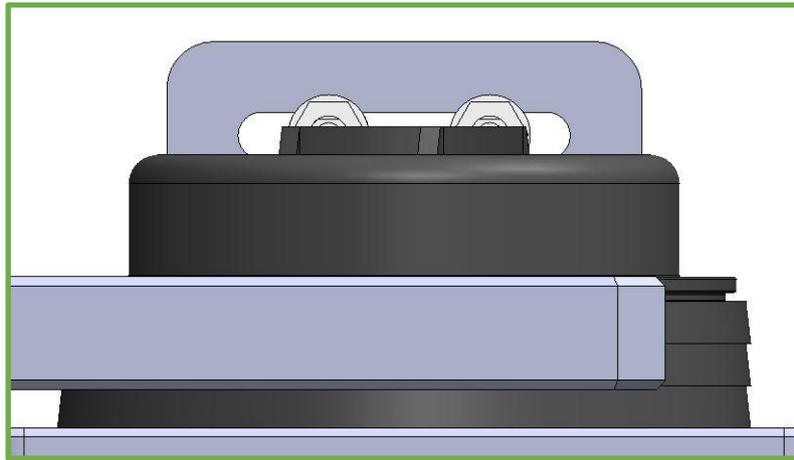


Imagen 25 - Detalle fibras control incorrecto posicionado Rosca en Nido ST1

La mesa a su vez cuenta con un pulsador (seta) de emergencia con enclavamiento en la parte central de fácil acceso por tema de seguridad. Además, es por este mismo tema por el cual se sitúan dos pulsadores verdes que deberán ser pulsados simultáneamente para evitar atrapamiento de las manos cuando la mesa rote.

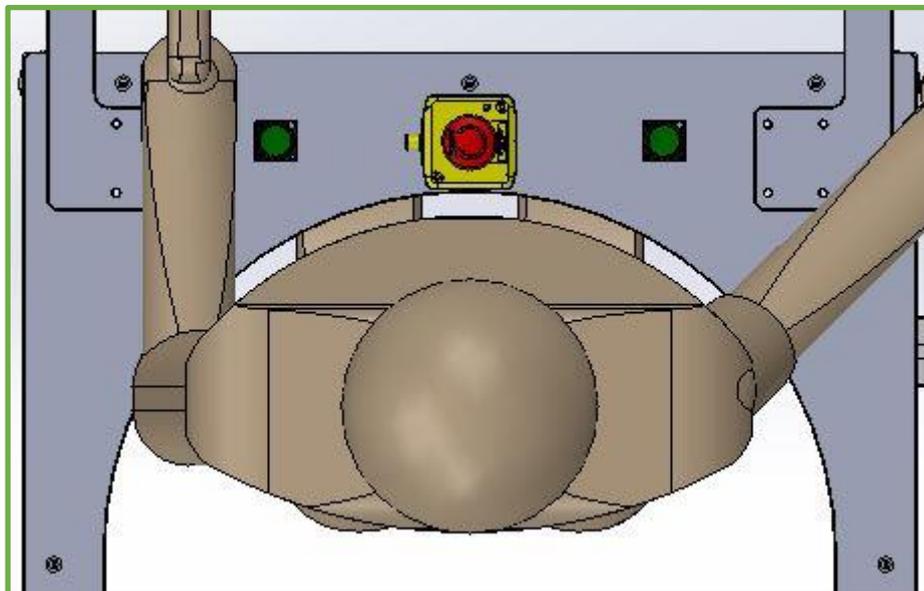


Imagen 26 - Detalle puesto trabajo operario/a ST1

Se ha escogido una cinta transportadora de la marca MK modelo GUF-P 2000 regulable en altura con las patas que trae por defecto y con barreras laterales para evitar que el material se salga al ir avanzando.

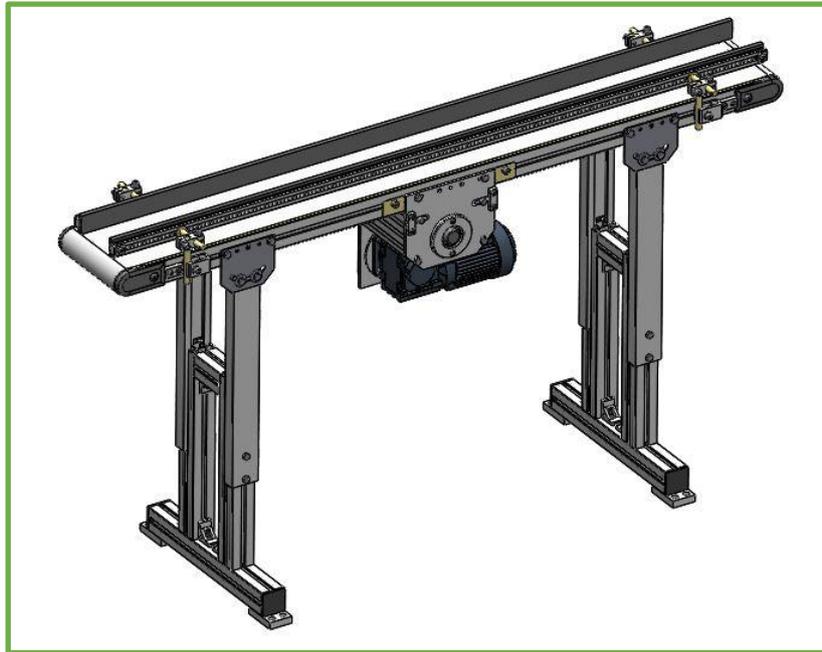


Imagen 27 - Modelo 3D cinta transportadora Rosca ST1

(No se define como va a ser alimentada dicha cinta)

Para el control de posición se ha escogido una fibra óptica de la marca OMRON modelo E32 T11R y se han fabricado unos soportes regulables en distancia entre haces paralelos en chapa de aluminio 6061 doblada de 2mm de grosor.

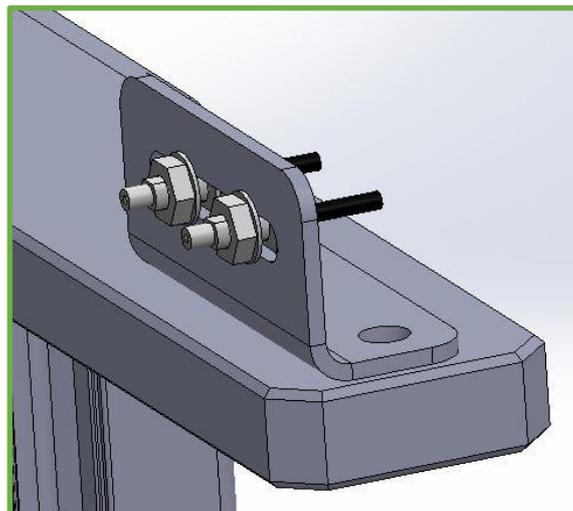


Imagen 28 - Detalle montaje sensores fibra óptica

El puesto de trabajo del operario se ha diseñado teniendo en cuenta las normativas ergonómicas:

UNE-EN ISO 14738:2010

Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas. (ISO 14738:2002 incluyendo Cor 1:2003 y Cor 2:2005).

DIN CEN ISO/TR 7250-2

Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico - Parte 2: Resumen estadístico de medidas corporales de la población (ISO/TR 7250-2:2010 + Amd 1:2013)

2.2.5.- ST2

La estación de trabajo 2 (ST2) es la encargada de insertar y ensamblar en la línea la tapa.

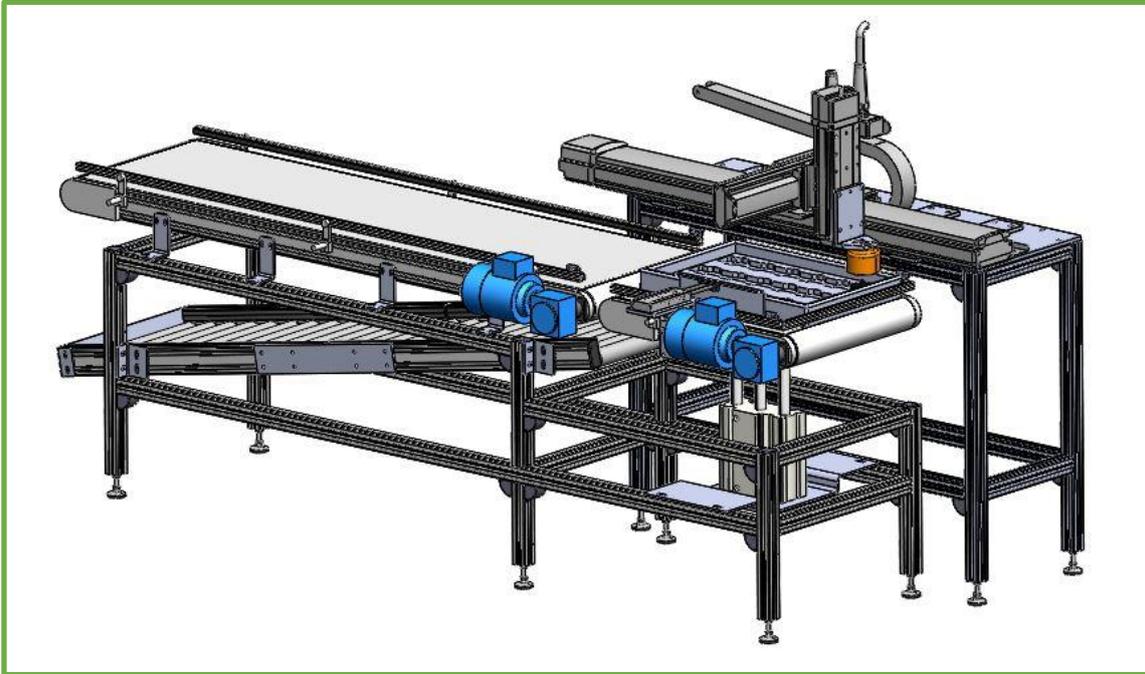


Imagen 29 - ST2 en perspectiva

2.2.5.1.- Bandeja termo conformada

Se acuerda con proveedor que sirvan las tapas en bandejas rígidas termo conformadas de tamaño 600x400x60 un total de 18 unidades.

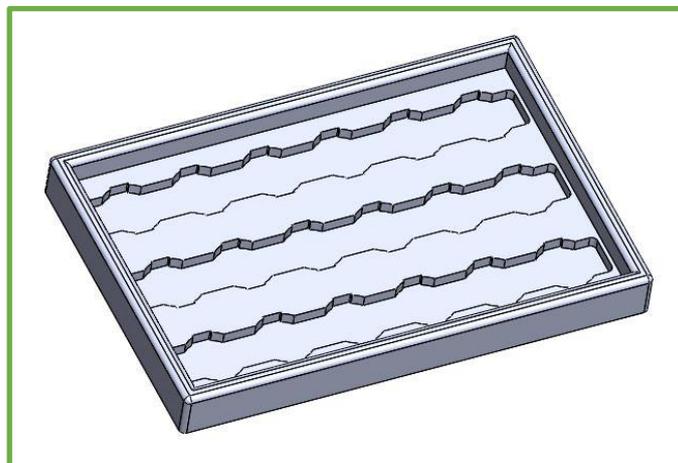


Imagen 30 - Bandeja termo conformada 18 uds.
modelo 3D simplificado

De esta forma tenemos unos puntos fijos mapeables por coordenadas para que posteriormente un accionamiento pueda ir a cogerlas a su sitio.

2.2.5.2.- Alimentador bandejas

La alimentación de estas bandejas se realiza mediante una mesa con dos cintas transportadoras y la expulsión mediante una rampa de rodillos.

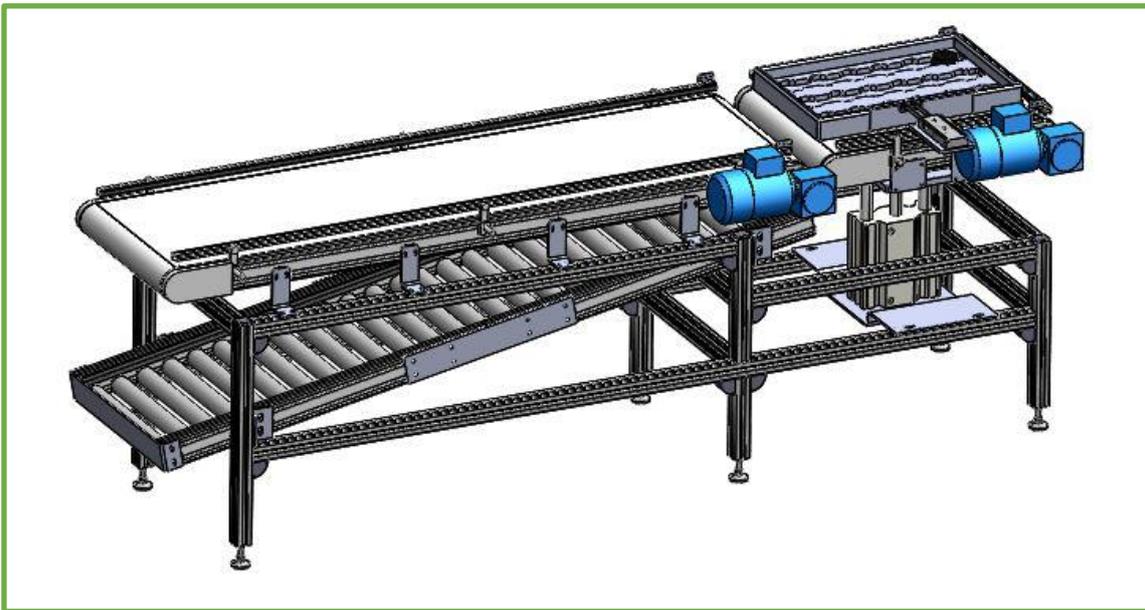


Imagen 31 - Alimentador de bandejas modelo 3D

El funcionamiento es el siguiente:

- La cinta trasera larga con capacidad para 3 bandejas avanza [Imagen 32], una vez la primera bandeja cruza la fibra óptica situada en el extremo de las barandillas laterales [Imagen 33], la segunda cinta con capacidad para una bandeja empieza a girar en el mismo sentido ayudando a la bandeja a seguir avanzando [Imagen 34].

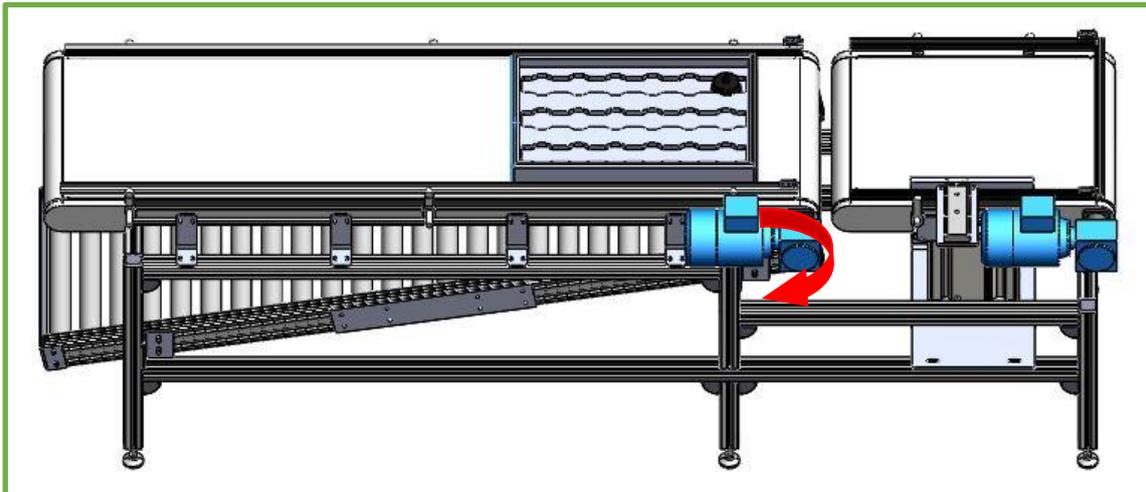


Imagen 32 - Alimentador de bandejas primera etapa

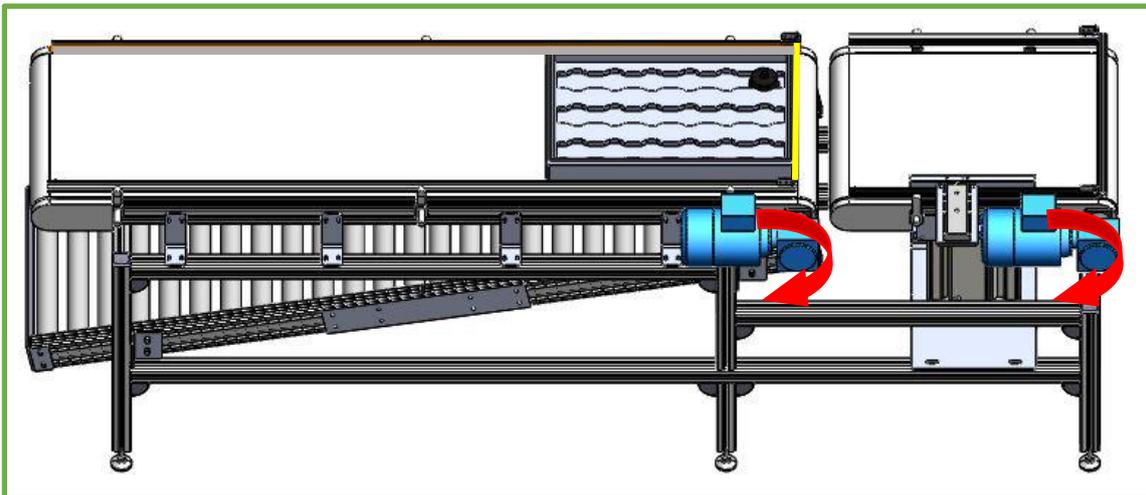


Imagen 34 - Alimentador de bandejas segunda etapa

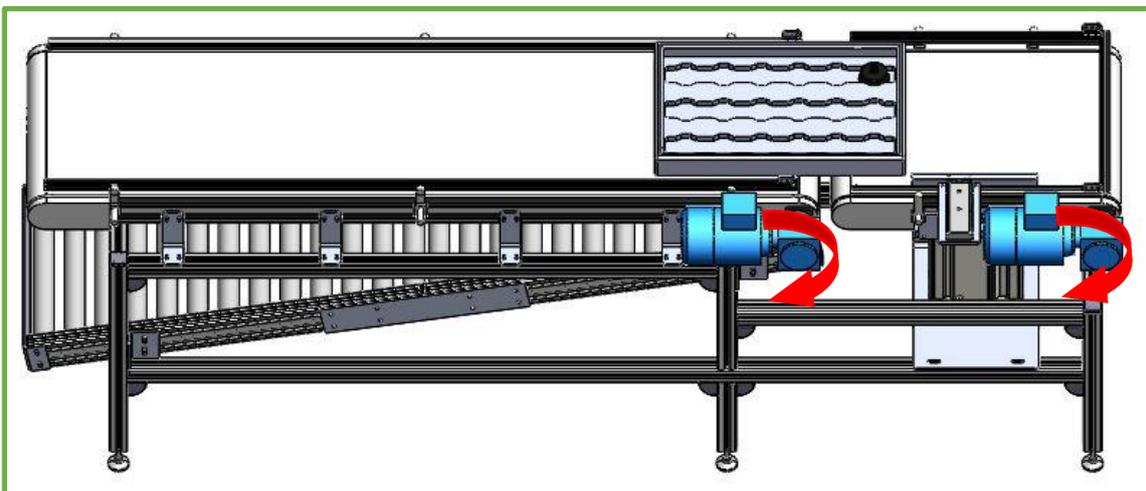


Imagen 33 - Alimentador de bandejas tercera etapa

- Una vez la bandeja que va a alimentar la estación hace tope con la barandilla frontal, corta el haz de fibra óptica y ésta detiene la cinta de alimentación larga, dejando una bandeja en espera.

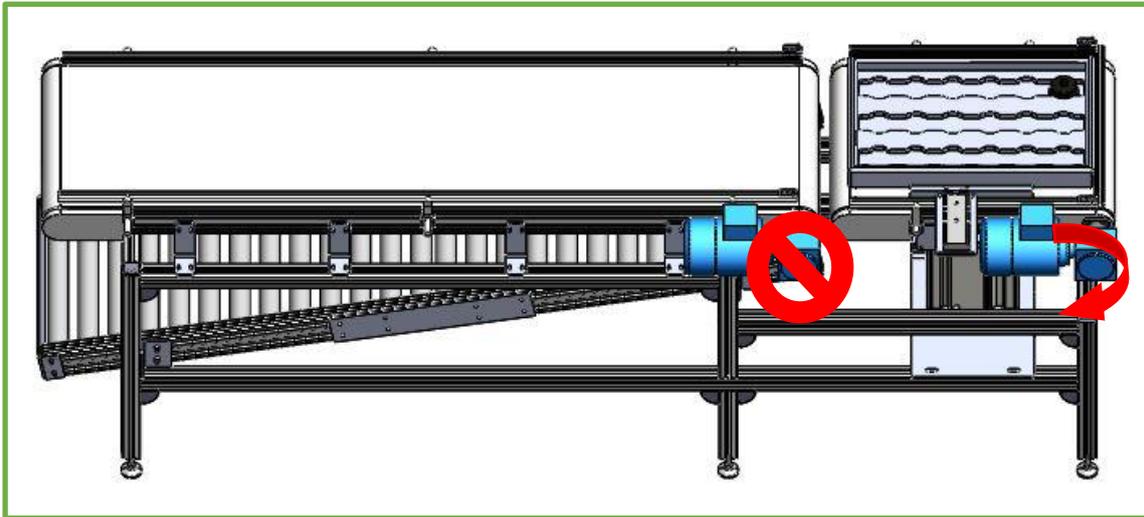


Imagen 35 - Alimentador de bandejas cuarta etapa

- Una vez ha hecho tope, la cinta corta se detiene y se acciona el cilindro lateral cuyo deflector empuja la caja hacia la baranda lateral. Ya tenemos referenciada la bandeja en nuestro centro de coordenadas 0,0.

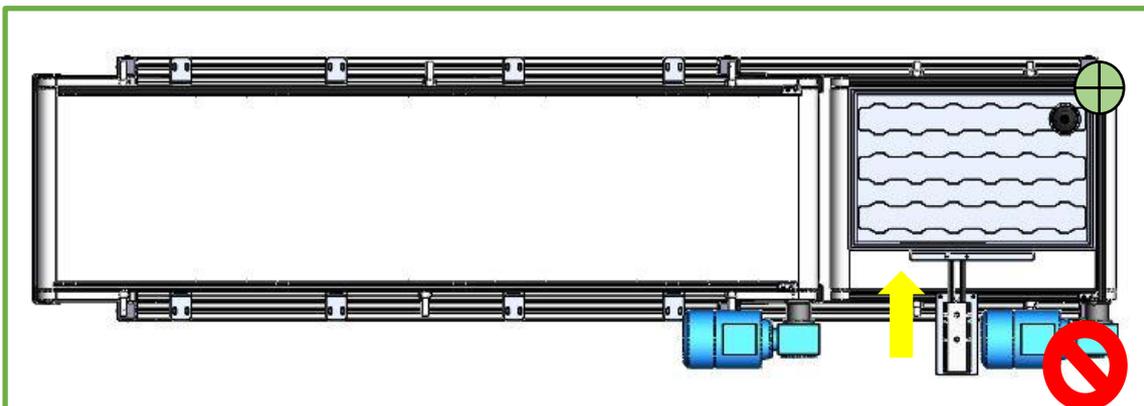


Imagen 36 - Alimentador de bandejas quinta etapa

- Se realiza la extracción de las 18 unidades.

- Una vez se coge la pieza N°18, al subir el brazo del robot, todo el conjunto de la cinta transportadora corta baja mediante el cilindro de vástagos guiado de SMC modelo MGQL100.

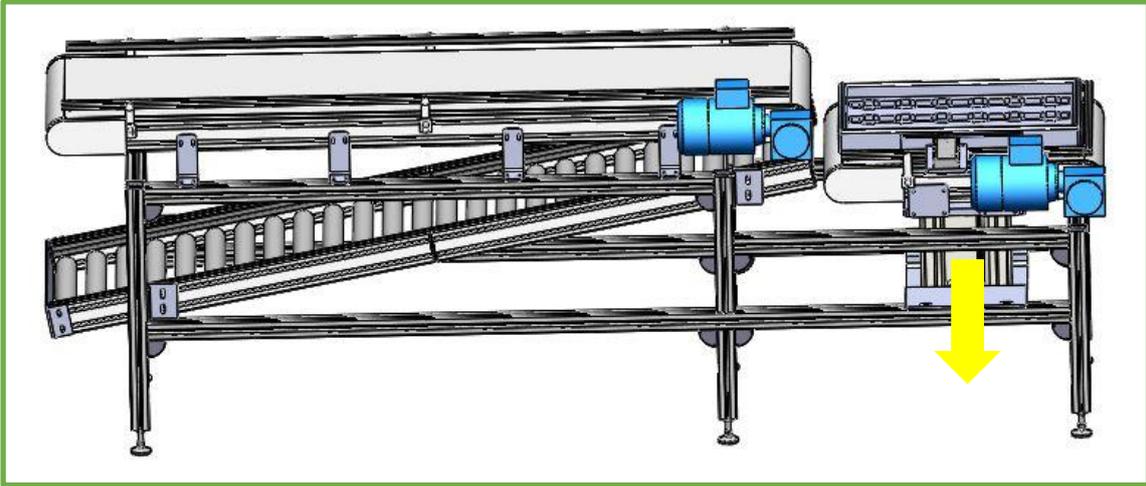


Imagen 37 - Alimentador de bandejas sexta etapa

- Al llegar abajo, como el cilindro cuenta con detectores de posición, inicia el giro de la cinta corta en sentido contrario, expulsando así la bandeja vacía por el camino de rodillos inclinado.

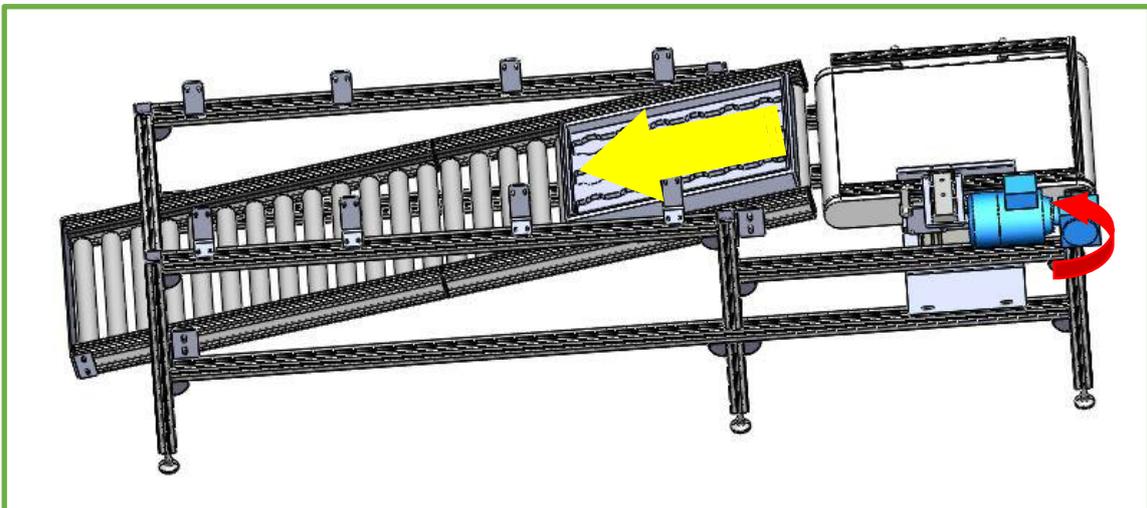


Imagen 38 - Alimentador de bandejas séptima etapa

- Una vez la bandeja ha salido, el cilindro vuelve a subir la cinta transportadora corta y se vuelve a la posición de reposo.
- Reinicio de ciclo.

2.2.5.3.- Robot cartesiano XYZ

Para la recogida de piezas de la bandeja y su posterior ensamblado en la línea se ha escogido un robot cartesiano del tipo XYZ de la marca IAI modelo IC3A3-BF2HS3M que cuenta con un encoder absoluto para un posicionamiento y referenciado de productos mucho más preciso, además cuenta con una repetitividad de $\pm 0,02\text{mm}$.

Su carga máxima es de 10 kg, suficientes para clipar la tapa en la rosca (5-6 kg aproximadamente) y gracias a su controlador, podemos saber la fuerza que estamos haciendo gracias a sus picos de tensión.



Imagen 39 - Ensamblaje robot cartesiano XYZ modelo 3D

Como hemos mencionado anteriormente, su soporte ha sido realizado con perfiles modulares y placa de aluminio 6061 de grosor 12mm.

2.2.5.4.- Succionador tapa

Para coger la pieza de la bandeja termo conformada se ha decidido aprovechar las nuevas tecnologías de impresión 3D y realizar el diseño y fabricación de un succionador.

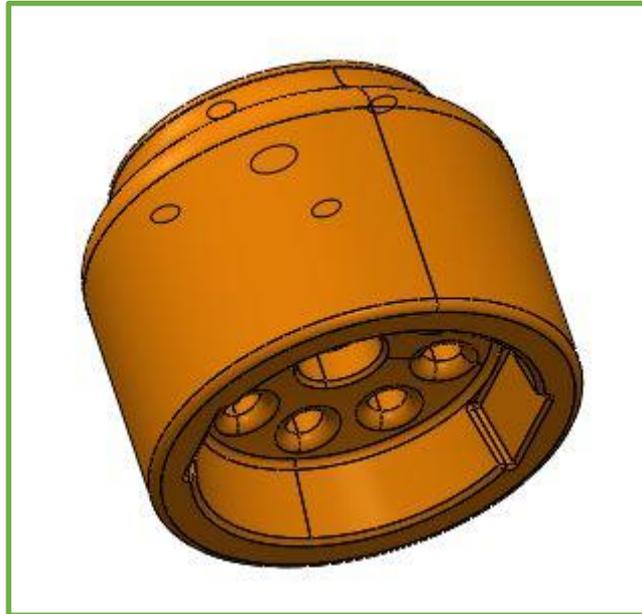


Imagen 40 - Succionador Tapa modelo 3D

Mediante el modelo conceptual 3D creado en SolidWorks a partir de las medidas tomadas de la pieza real, se ha procedido a modelar una pieza que nos permite encajar perfectamente en la tapa y mediante una cámara intermedia y unos orificios, succionar la tapa.

El vacío sería proporcionado por un grupo neumático y conectado al succionador mediante un racor con conexión rápida roscado en el centro de este.

Para una mejor visualización del funcionamiento y el modelo, se ha procedido a imprimirlo en 3D con un corte que permita ver la cámara de vacío por dentro.

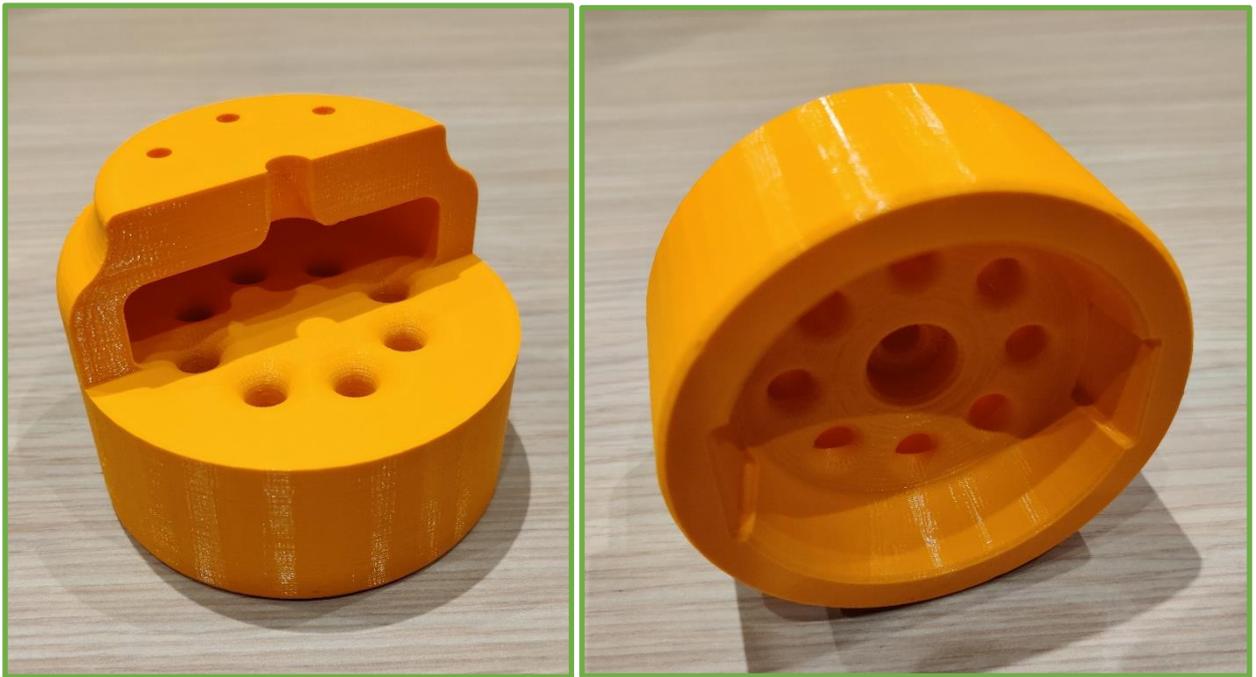


Imagen 41 - Succionador Tapa prototipo impreso 3D

La unión del succionador con el robot cartesiano XYZ se realiza mediante unas placas rectificadas en aluminio 6061 de 12mm de grosor.

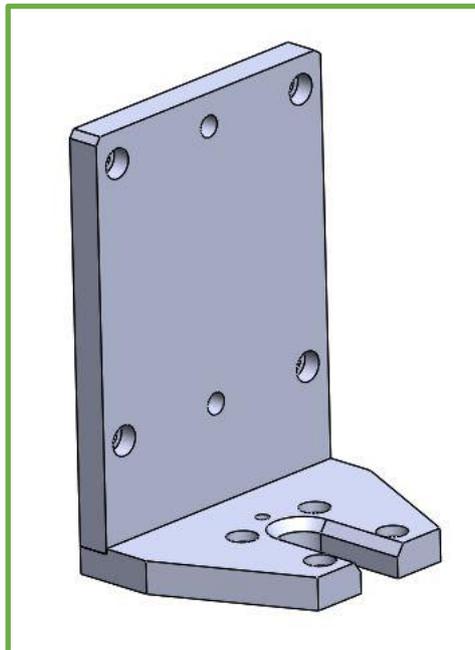


Imagen 42 - Soporte succionador Tapa a robot cartesiano XYZ

2.2.6.- ST3

La estación de trabajo 3 (ST3) es la que se encarga de insertar la boquilla en el ensamblaje de la tapa+rosca.

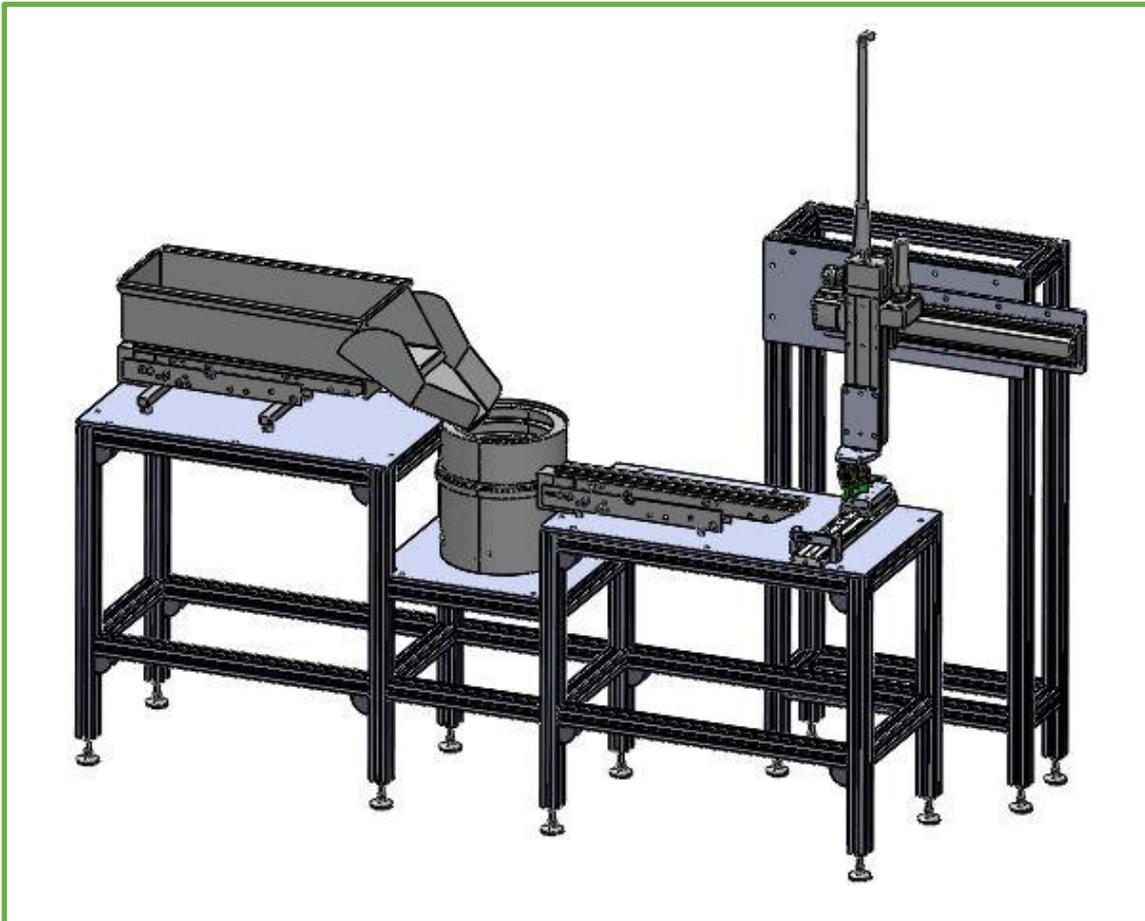


Imagen 43 - ST3 en perspectiva

2.2.6.1.- Alimentadores

La alimentación de la boquilla se realiza mediante un conjunto de:

- Una tolva vibratoria (Vibrating Hopper) de la marca RNA modelo BVL 31099648.

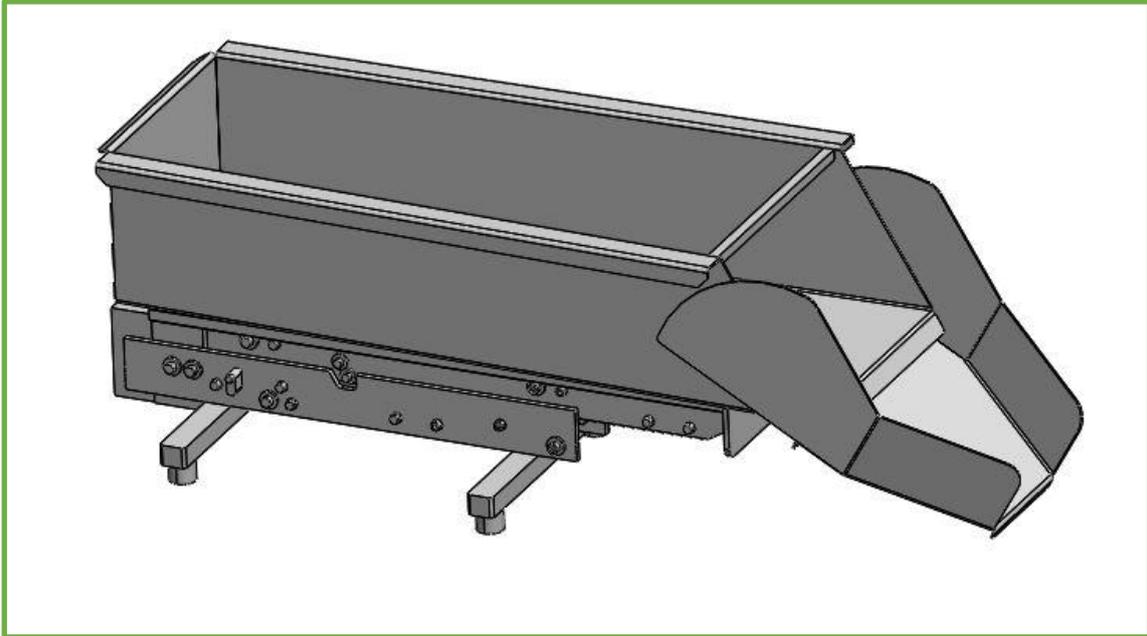


Imagen 44 - Tolva vibratoria modelo 3D

- Un alimentador en forma de bol (Bowl Feeder) de la marca RNA modelo SF-ZSB-N 250-30-110.

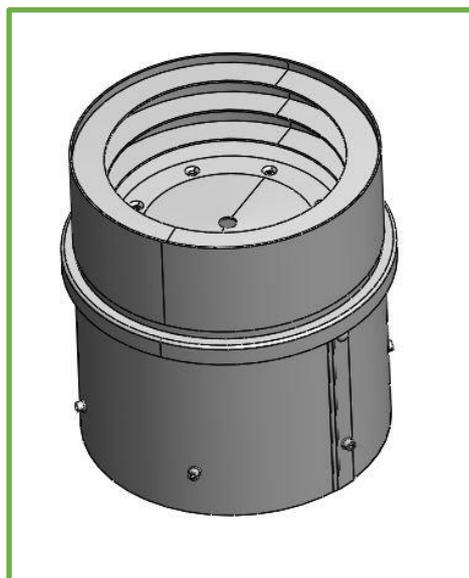


Imagen 45 - Alimentador cilíndrico modelo 3D

-Un alimentador lineal (Lineal Vibrating Feeder) de la marca RNA modelo SLL400_600_S_CE.

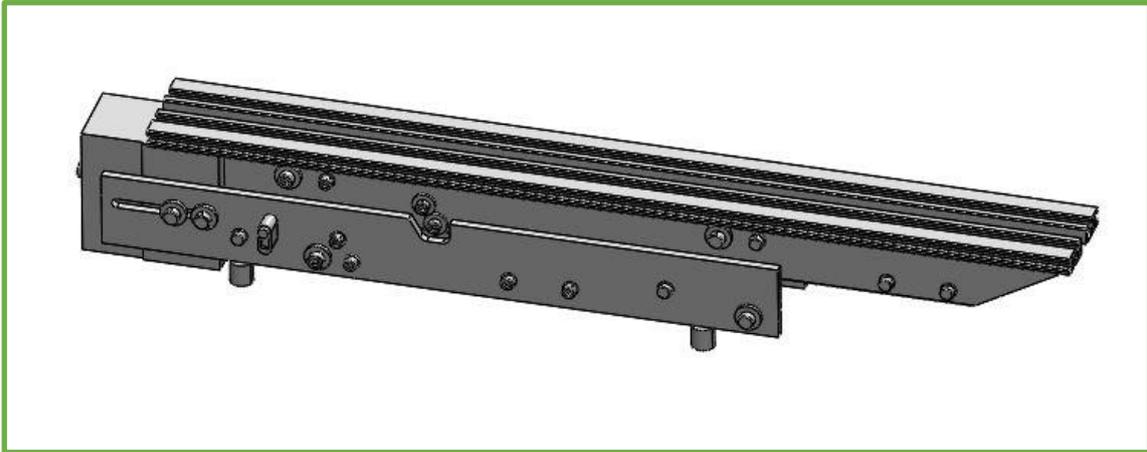


Imagen 46 - Alimentador vibratorio lineal modelo 3D

Se decide colocar una tolva vibratoria para depositar una gran cantidad de boquillas y así evitar tener que ir recargando material, ya que es una pieza pequeña.

De esta tolva, salen y caen a un alimentador cilíndrico giratorio que lo que hace es ir cogiendo pieza a pieza mediante el giro y expulsándolas preposicionadas por su salida gracias a unas guías en forma de espiral.

(No se define la interfaz de precentraje del alimentador cilíndrico)

Una vez salen del alimentador cilíndrico, pasan a alinearse correctamente por el alimentador lineal vibratorio.

(No se define la interfaz de centraje de la boquilla en el alimentador lineal)

2.2.6.2.- Posicionador

Una vez ha salido del conjunto de alimentación, la boquilla es centrada en una huella móvil que posicionará la boquilla a insertar en la línea de manera correcta.

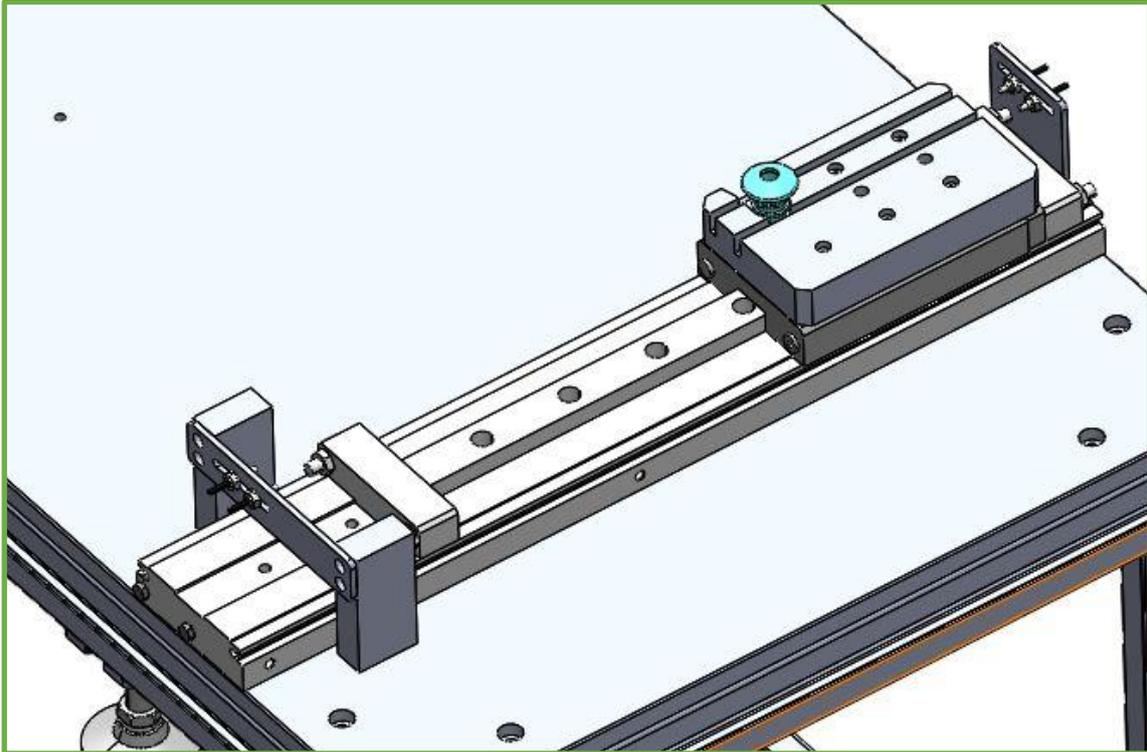


Imagen 47 - Ensamblaje sistema posicionamiento boquilla

Para ello, se dispone el seleccionador encima de una mesa lineal de la marca SMC modelo MXW16_175B_M9B.

El vibrador lineal debe dejar la boquilla quedando los dos labios alineados con la guía de la mesa lineal. Para comprobarlo se instalan dos parejas de emisor-receptor de fibra óptica de la marca OMRON modelo E32 T11R.

Una vez entra la boquilla en la huella de centraje, el haz de luz de las fibras pasa por unas hendiduras mecanizadas en la placa posicionadora para verificar que está colocada dentro de las tolerancias que puede absorber el espacio que hay en el alojamiento para la boquilla en la parte interior de la tapa [Imagen 6].

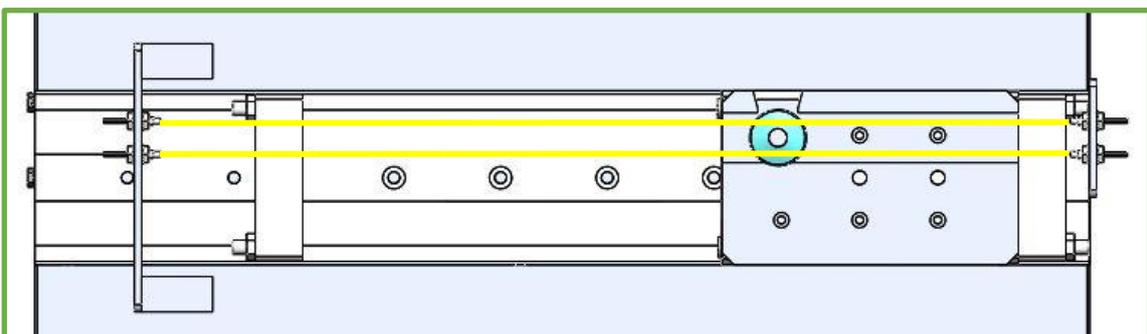


Imagen 48 - Detalle control correcto posicionamiento Boquilla

2.2.6.3.- Robot YZ

Para llevar la boquilla desde la huella o posicionador hasta el nido, se ha optado por un robot YZ de la marca IAI modelo ICSPA2 que nos permite el movimiento en Z para recoger la pieza y trasladarla a su destino con movimiento en Y. Además, cuenta con una fuerza de inserción superior a la necesaria (1 kg).

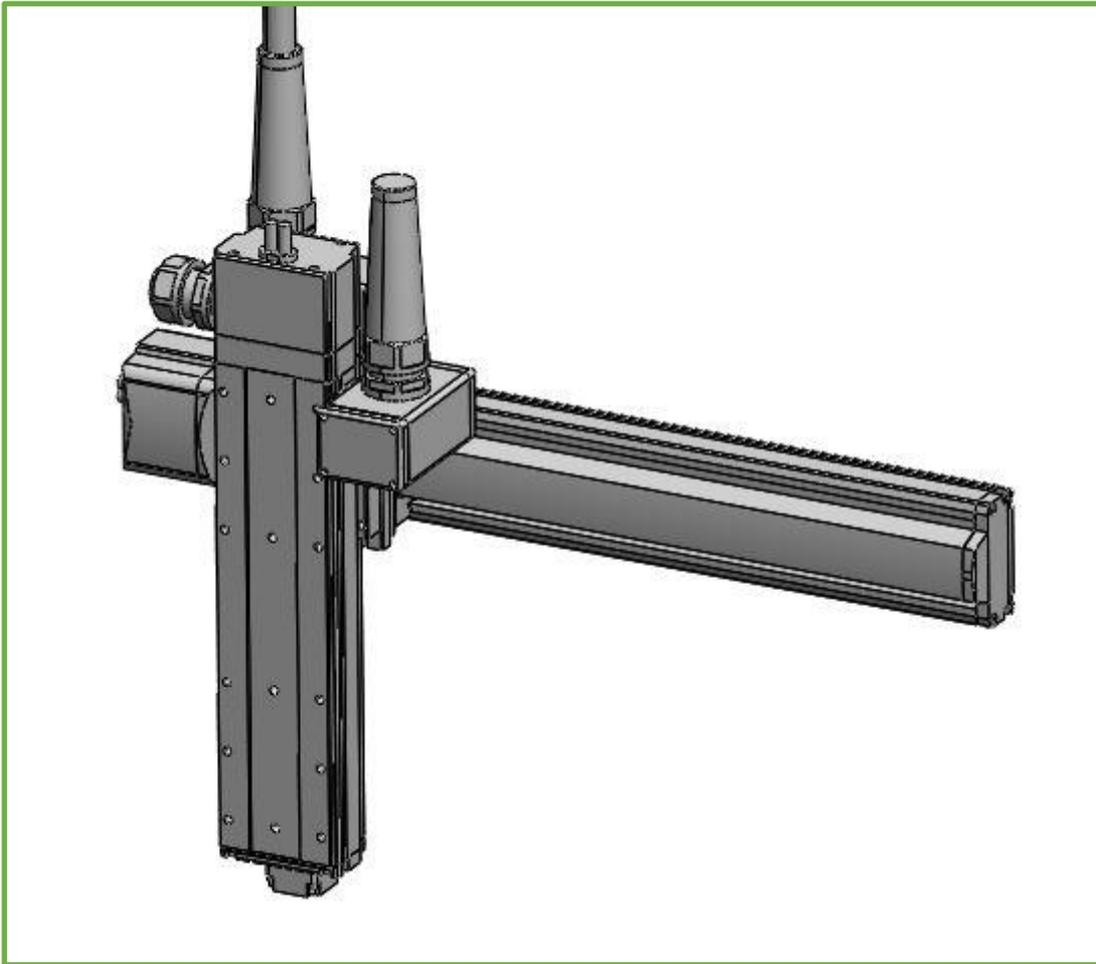


Imagen 49 - Robot cartesiano YZ modelo 3D

2.2.6.4.- Pinza concéntrica 3 dedos

Una vez la boquilla está posicionada correctamente para insertar, se opta por una pinza de 3 garras concéntrica para agarrar la boquilla e insertarla en el subensamblaje de rosca+tapa del nido que hay en la posición 3

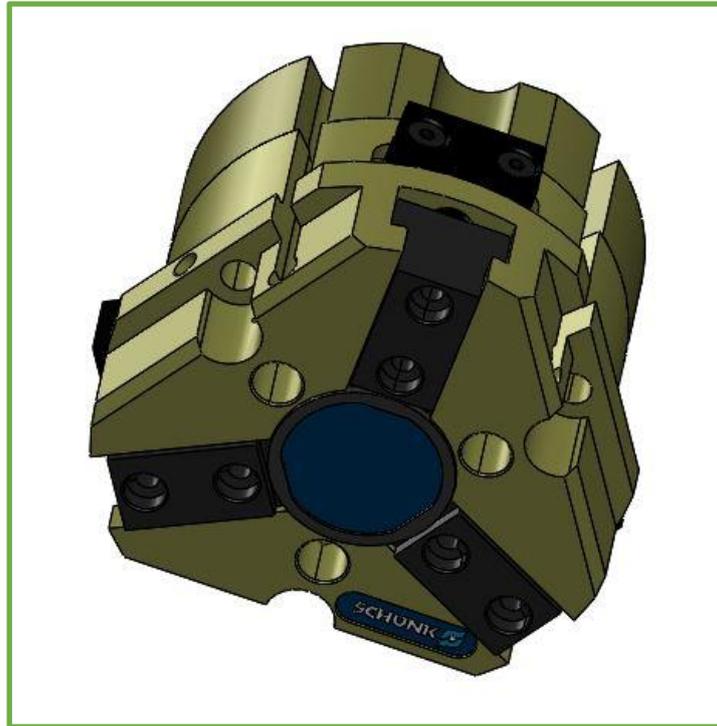


Imagen 50 - Pinza concéntrica 3 garras modelo 3D

Se ha escogido una pinza de la marca SHUNK modelo JGZ 64 sobre la cual se han montado unas garras diseñados de tal manera que permiten agarrar la boquilla y hacer de tope o techo cuando se vaya a insertar en la tapa, permitiendo así hacer fuerza sobre una mayor superficie, ganando en efectividad y suprimiendo posibles errores de clavado.

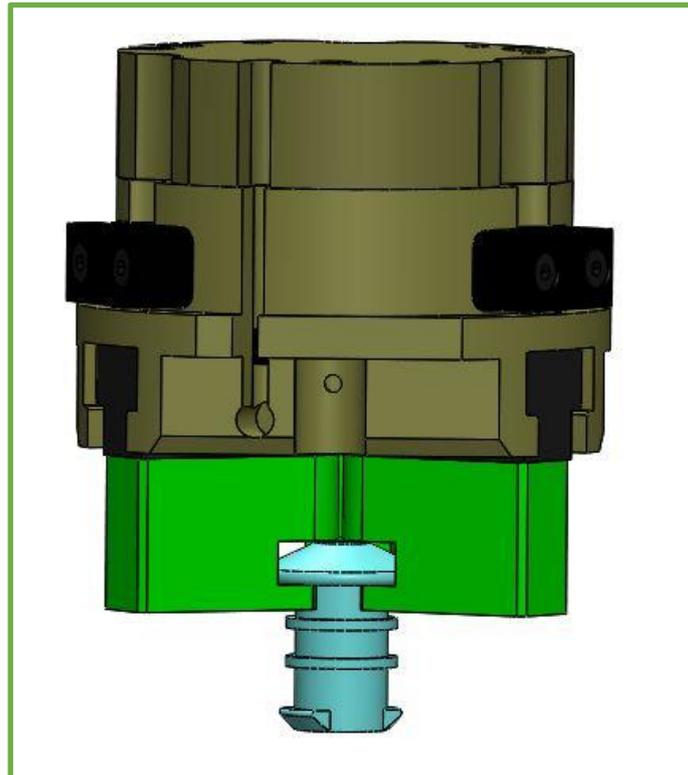


Imagen 51 - Detalle pinzas con garras y Boquilla

Todo este montaje irá montado sobre unos soportes fabricados con placas de grosor 12 mm de aluminio 6061.

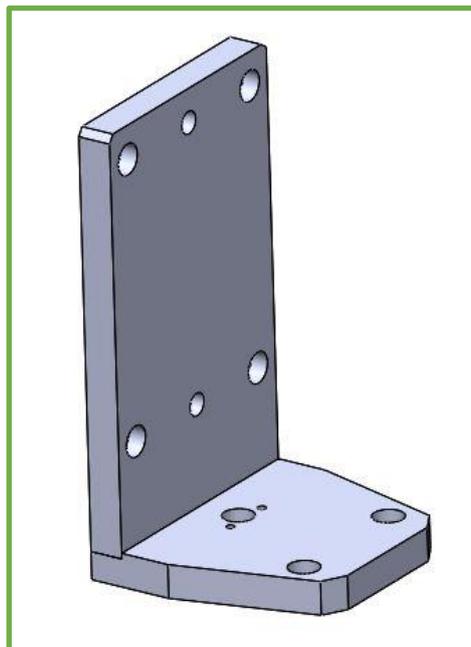


Imagen 52 - Soporte para garras concéntricas

De igual manera que en las anteriores estaciones de trabajo, las bancadas de ésta han sido fabricadas con perfil modular de Bosch Rexroth 45x45, placas de aluminio 6061 de 12mm de grosor y patas ajustables en altura Elesa Ganter.

2.2.7.- ST4

La estación de trabajo 4 (ST4) es la encargada de colocar el subensamblaje completo de la tapa y roscarlo al cuerpo del bidón para formar así el producto completamente ensamblado.

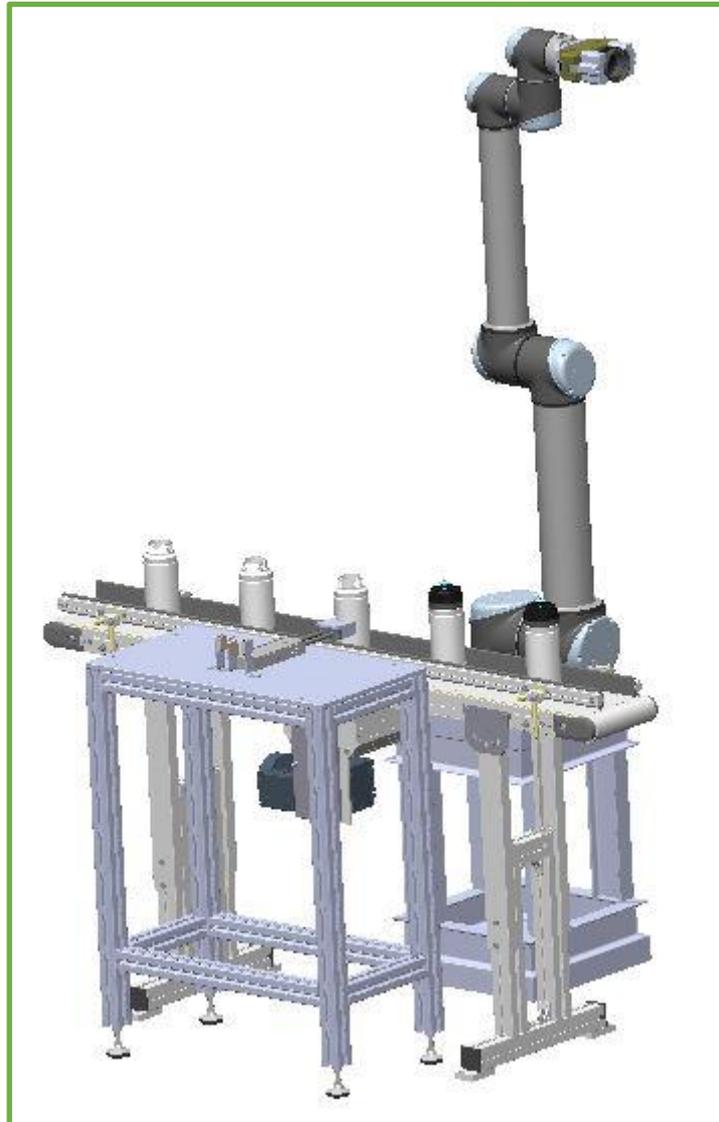


Imagen 53 - ST4 en perspectiva

En esta estación, los bidones van avanzando por la cinta hasta que son detectados por unos sensores centrales. Un pistón bloquea el bidón y a continuación el robot colaborativo recoge el subensamblaje de la tapa el nido que está en la posición 4 y lo rosca en el cuerpo bloqueado.

Para asegurar un correcto ensamble, se realizan 2,5 vueltas, 1 vuelta más para corregir la posibilidad que justo empiece a roscar unos pocos milímetros fuera del inicio de la rosca.

Gracias a la implementación de un robot colaborativo, aunque la línea esté diseñada para ensamblar bidones de 550ml, es posible que mediante:

- Reprogramación del código del robot colaborativo.
- Reajuste de la inclinación del segundo sensor (presencia parte más alta del subensamblaje de la tapa).

Se puedan ensamblar los bidones de 750ml y de 1l puesto que la única dimensión que cambia es la altura, el resto permanecen igual.

Esto otorga una gran versatilidad a la hora de realizar diferentes producciones con la misma línea dependiendo de la demanda del cliente.

De igual manera que en la estación ST0, en ésta también se ha escogido una cinta transportadora de la marca MK modelo GUF-P 2000 regulable en altura con las patas que trae por defecto y con barreras laterales para evitar que el material se salga al ir avanzando.

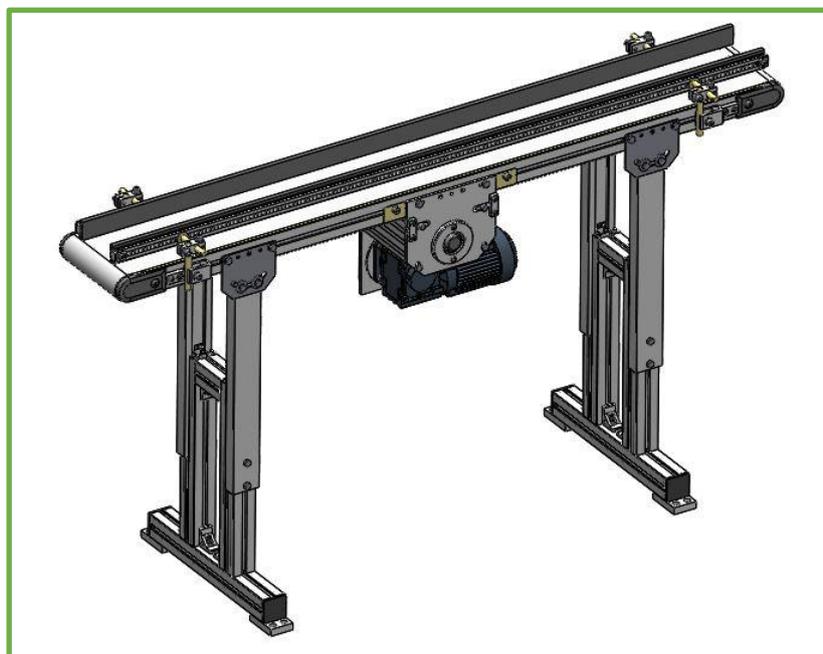


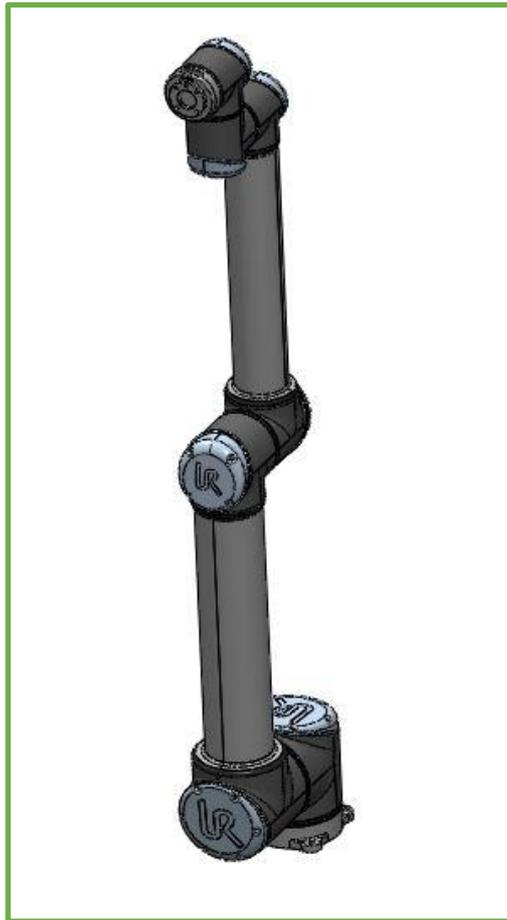
Imagen 54 – Modelo 3D cinta transportadora Cuerpo ST4

(No se define como va a ser alimentada dicha cinta)

2.2.7.1.- Robot colaborativo

Debido al reducido espacio y para ver otro tipo de actuador, se decide la implantación de un COBOT marca Universal Robots modelo UR10.

Éste robot puede trabajar con personas cerca debido a sus sistemas de seguridad, en cuanto nota oposición al movimiento detiene su movimiento por completo, evitando así golpear fuertemente a el/la operario/a.



*Imagen 55 - Robot colaborativo UR10
modelo 3D*

Debido a las aceleraciones e inercias que puede llevar el robot colaborativo, la bancada de éste debe ser más robusta. Es por esto por lo que se decide fabricar con perfiles tipo IPN de acero S235 electro soldados. Además, para añadirle peso se colocarán unas placas de acero dulce de un grosor de 40mm en la parte inferior para hacer de base, y en la parte superior para hacer de sobre donde anclar el robot colaborativo.

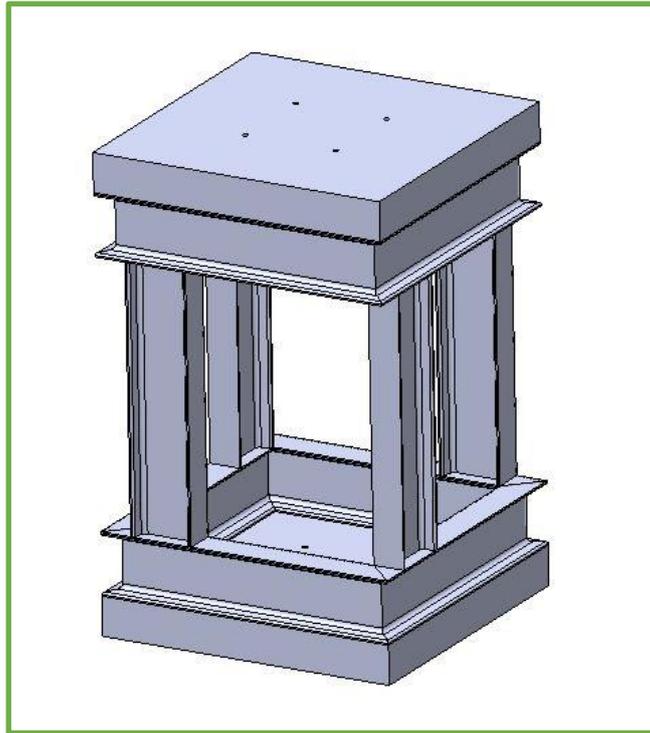


Imagen 56 - Modelo 3D bancada robot colaborativo ST4

2.2.7.2.- Pinzas paralelas

Para el agarre del subconjunto de la tapa, se ha optado en esta estación por unas pinzas paralelas de la marca SHUNK modelo PGB 125 con una carrera de hasta 10mm. Esto permite agarrar nuestro subconjunto sin miedo a rallar ninguna parte exterior.

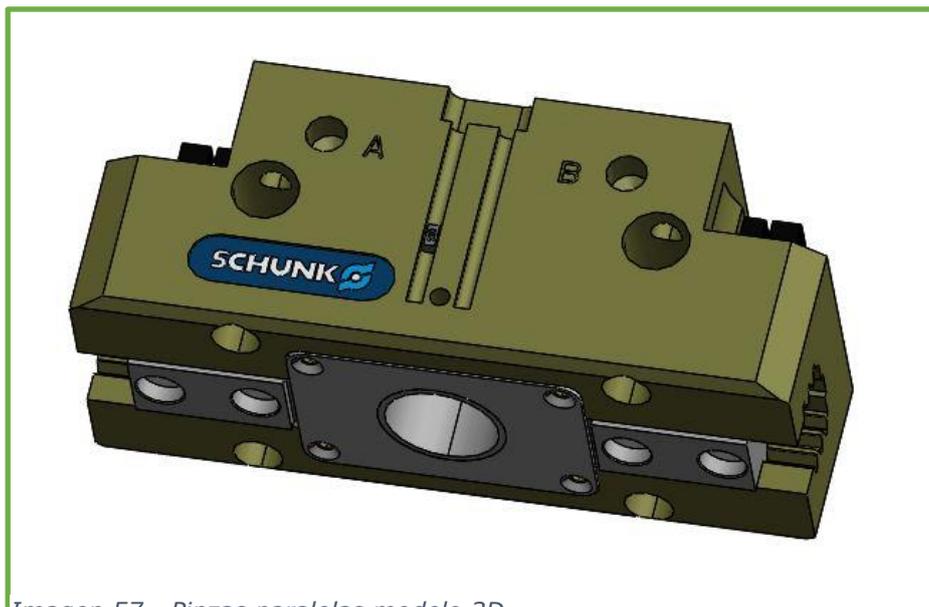


Imagen 57 - Pinzas paralelas modelo 3D

Para el correcto agarre del subconjunto tapa se diseñan unas garras que apoyan por el diámetro exterior y cuentan además con un rebaje que evitará que rote aprovechando los salientes longitudinales estéticos de la tapa.

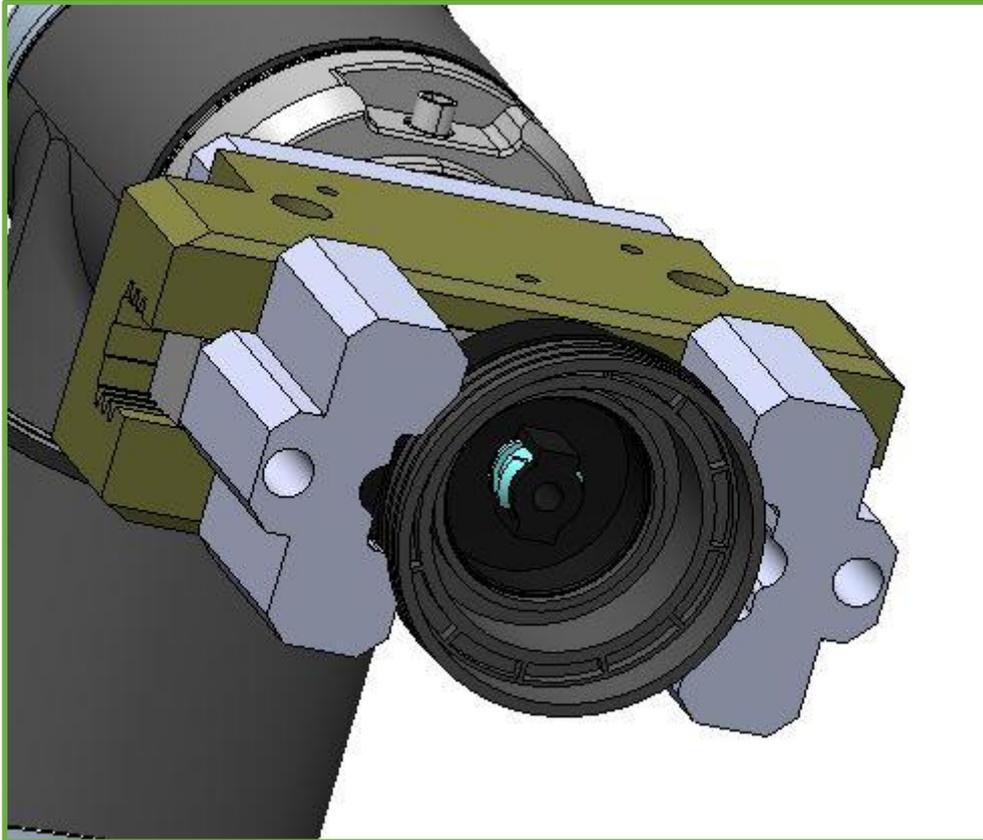


Imagen 58 - Detalle ensamblaje pinzas paralelas con garras para subconjunto (rosca+tapa+boquilla)

2.2.7.3.- Sistema bloqueo

Puesto que los bidones irán avanzando por la cinta transportadora, aunque se pare, no podemos asegurar una precisión de posición del bidón. Para forzar que esto pase, se decide hacer el siguiente montaje.

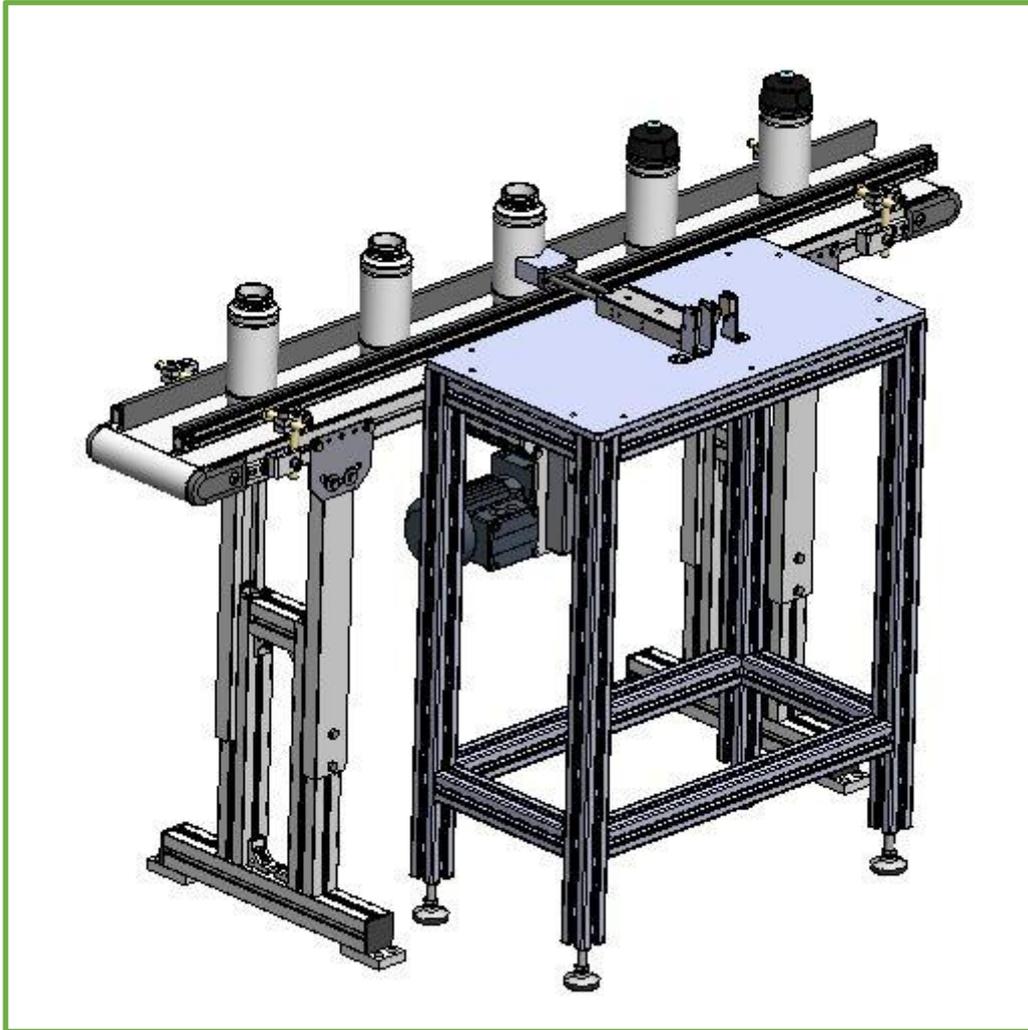


Imagen 59 - Ensamblaje sistema bloqueo y posicionamiento Cuerpo en perspectiva

Para llevar a cabo dicho montaje, se han empleado:

- Cilindro guiado marca SMC modelo CXSL20-100.
- Sensores retro reflectivo marca OMRON modelo E3ZM_B66.
- Acople diseñado para la cabeza del pistón en forma de V.

El funcionamiento es el siguiente:

- 1) El bidón va avanzando y activa el primer sensor. Cuando llega a activar el tercer sensor, la cinta se detiene. El segundo sensor no se activa puesto que está inclinado hacia arriba 15° , lo suficiente para enfocar a la parte más alta del ensamblaje de la tapa una vez roscado.

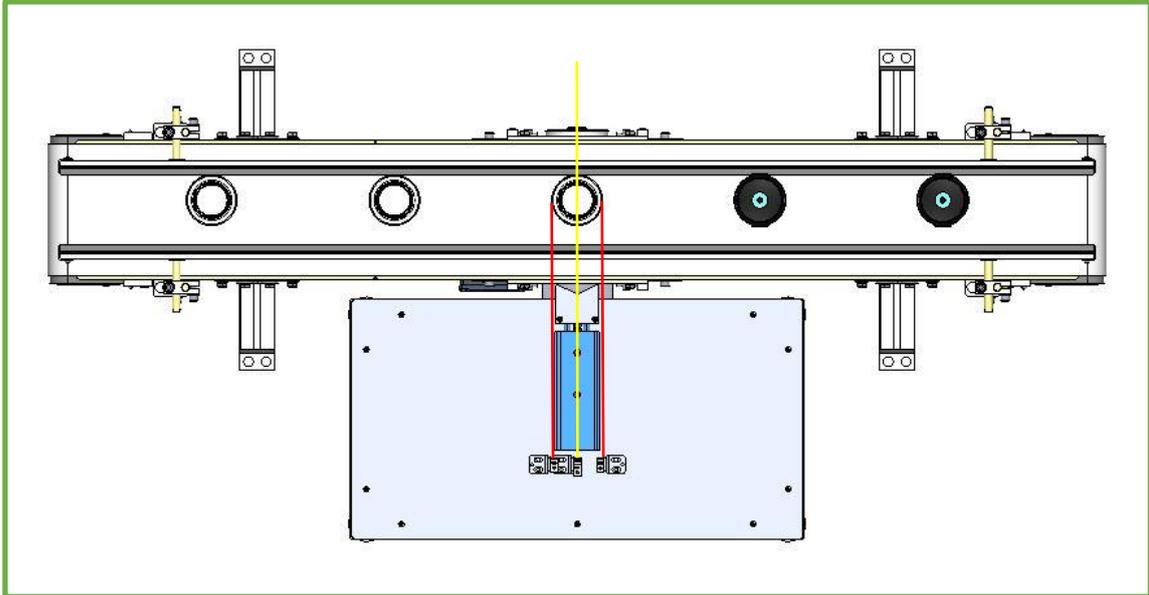


Imagen 60 - Posicionamiento Cuerpo primera etapa

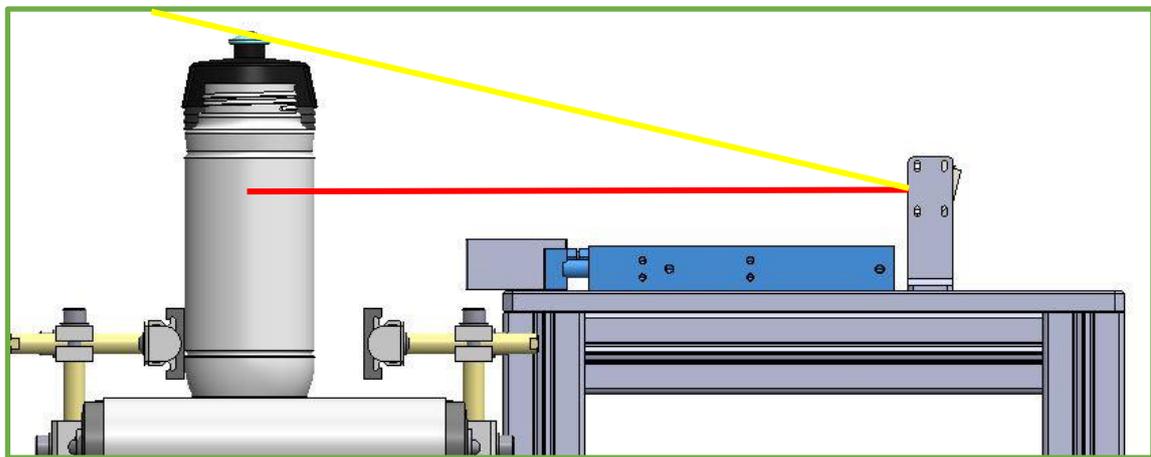


Imagen 61 - Detalle sensores primera etapa posicionamiento Cuerpo

- 2) El cilindro sale acuñando el bidón contra la barrera lateral de la cinta transportadora. Ya está referenciado en el origen 0,0 el bidón respecto nuestro centro de coordenadas.

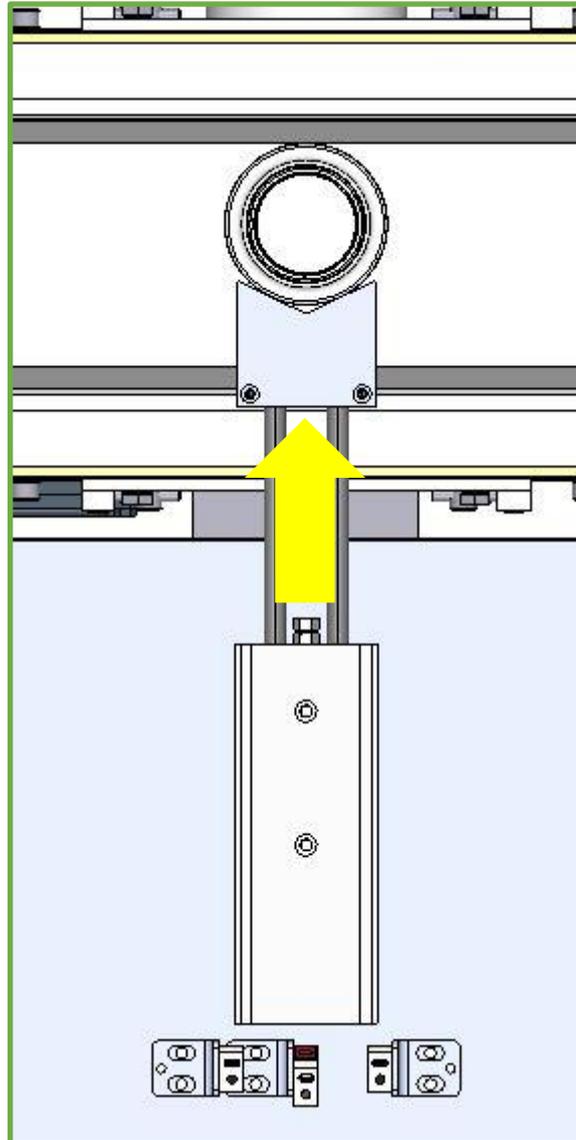


Imagen 62 - Posicionamiento Cuerpo segunda etapa

- 3) El robot colaborativo recoge el subensamblaje de la tapa y lo rosca. Una vez da las 2,5 vueltas, abre las pinzas y vuelve a su posición de reposo o *standby*.
- 4) Se realiza mediante el segundo sensor un chequeo de presencia/correcto roscado del subensamblaje de la tapa.

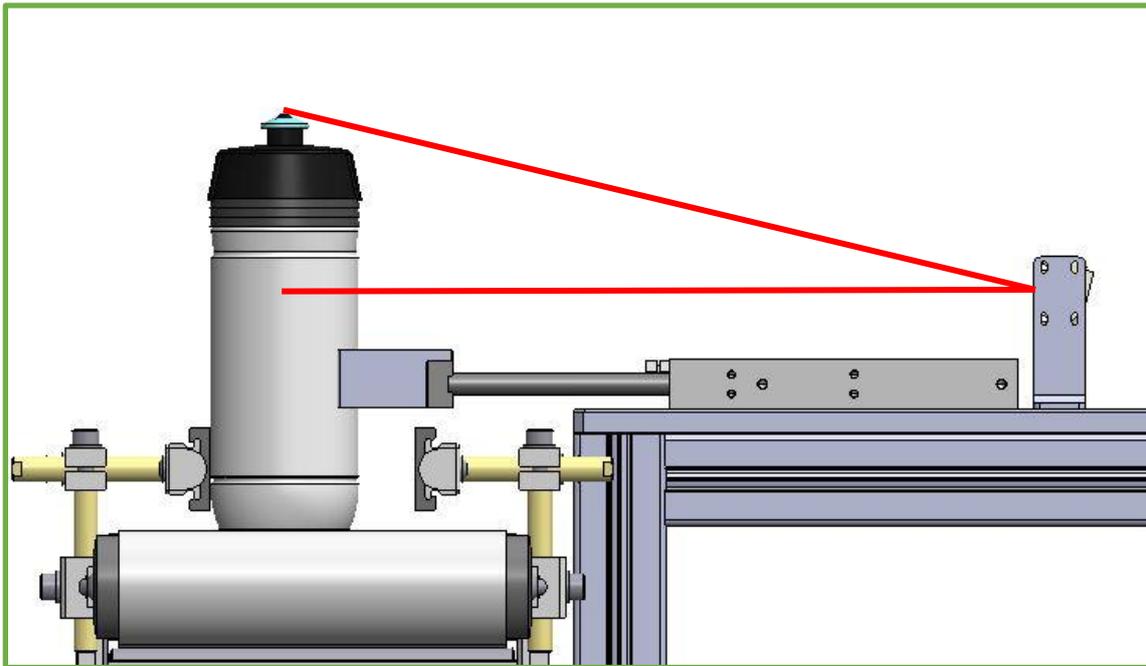


Imagen 63 - Detalle control correcto roscado subconjunto (rosca+tapa+boquilla) en Cuerpo

- 5) El cilindro se retrae hacia su posición de reposo.
- 6) La cinta transportadora avanza hasta que vuelve a encontrar otro bidón y se repite el ciclo.

(No se define la salida del bidón completamente ensamblado)

2.3.- Tiempos de ciclo

Para saber el tiempo de ciclo completo estudiaremos que tarda cada estación en realizar el proceso que tiene asignado.

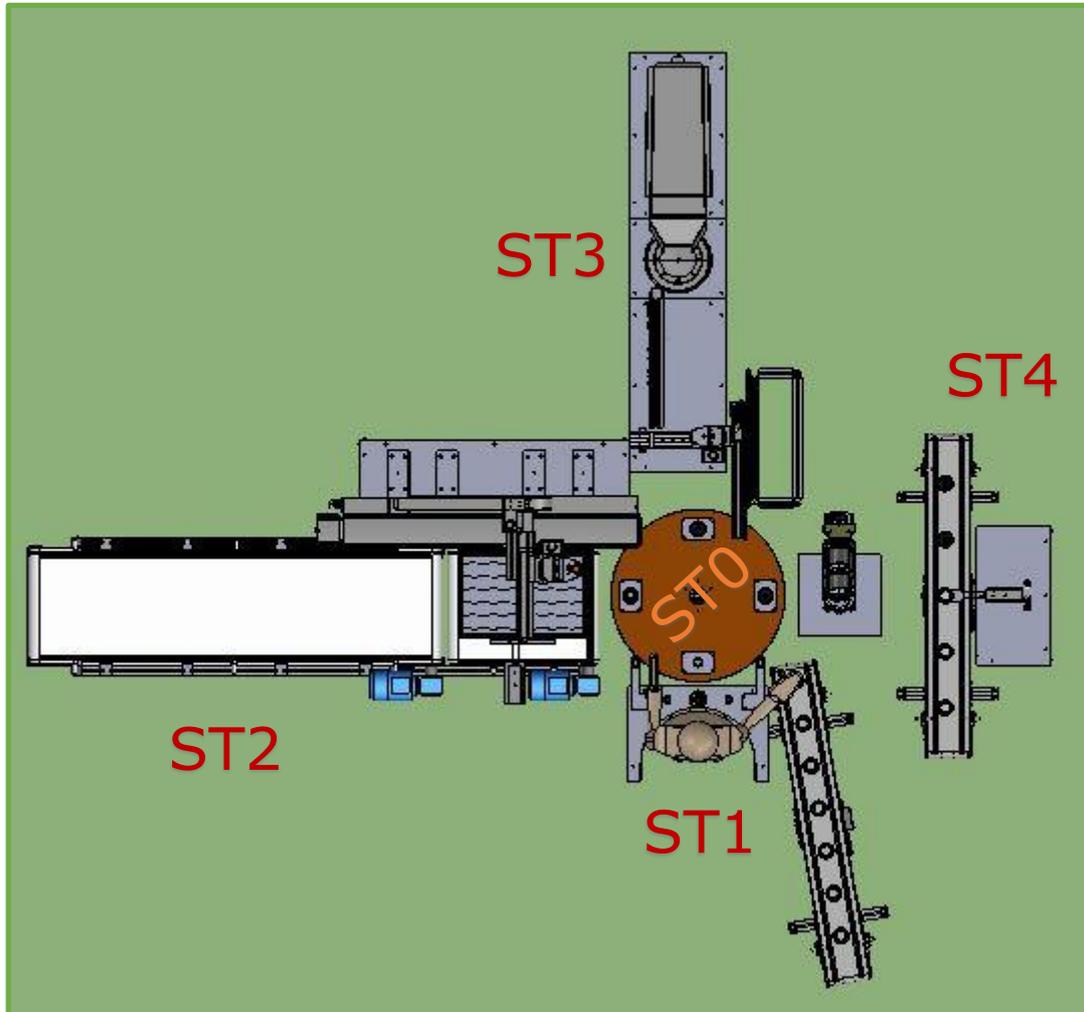


Imagen 64 - Vista en planta montaje estación ensamblaje bidón

Se establecen los tiempos de operación tal que:

ST0: 3s/cuarto de vuelta

ST1: 7s

ST2: 4s

ST3: 5s

ST4: 6s

Tiempo de ciclo = 7s

Puesto que la ST1 es la más lenta, toda la línea producirá un bidón completamente ensamblado cada 7s.

El tiempo de proceso será:

$$Tiempo_{PROCESO} = T_{ST1} + T_{ST0} + T_{ST2} + T_{ST0} + T_{ST3} + T_{ST0} + T_{ST4} + T_{ST0} =$$

$$Tiempo_{PROCESO} = 7s + 3s + 4s + 3s + 5s + 3s + 6s + 3s =$$

$$Tiempo_{PROCESO} = \mathbf{34 \text{ segundos}}$$

Por lo tanto, cada bidón tarda 34 segundos en ensamblarse completamente puesto que el tiempo de proceso es la suma de los tiempos que tarda cada estación en realizar su proceso.

Además, la ST1 cuenta con un/a operario/a. Si establecemos su turno de trabajo de 8 horas y un tiempo no hábil (descanso+pérdidas) de media hora tenemos que el tiempo útil es de 7 horas/jornada.

$$Producción\ jornada = \frac{7\ \text{horas} * \frac{3.600s}{1h}}{7\ \frac{s}{\text{producto}}} = 3.600\ \text{productos/jornada}$$

Se sabe que cada turno se deshecha un 0,1% de productos, por lo tanto, la producción neta al turno es de 3.596,4. Al turno se descartan 4 productos que no pasan control de calidad.

2.4.- Seguridad

Aunque el propósito de este TFG no es el de realizar todo el sistema de seguridad de la línea, sí que se van a destacar aspectos importantes necesarios en este tipo de montajes.

Para minimizar el riesgo de atrapamiento de extremidades, cualquier parte móvil no puede quedar accesible. Por ello deberán estar carenadas físicamente las estaciones o realizar un cercado de protección alrededor de toda la línea, dejando accesible solo las partes de entrada y salida de materiales.



Imagen 65 - Ejemplo línea automática cerrada. [2019-07-10]
Recuperado de www.agme.net/es/maquinas-medida/automocion/otros-componentes/linea-de-ensamblaje-de-gato

Otra forma es protegerla mediante barreras de seguridad electrónicas que detengan al instante la maquinaria al ser cruzadas.

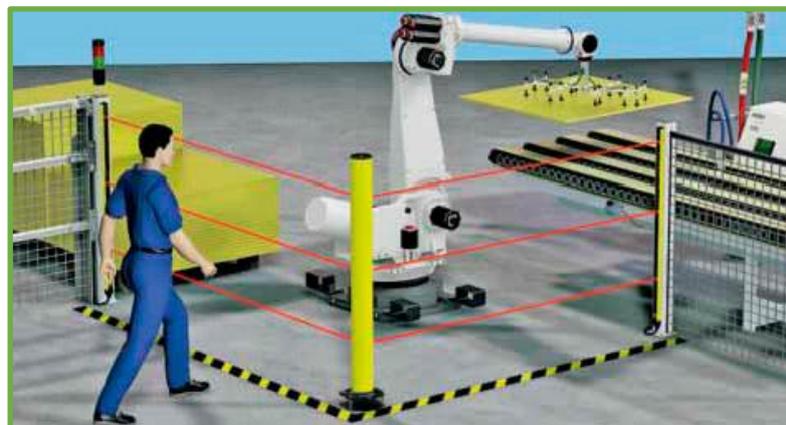


Imagen 66 - Ejemplo línea automática barreras infrarrojas.
[2019-07-10] Recuperado de eval.ifm-electronic.com/ifmmx/web/cortinas_de_seguridad.htm

En el caso que se está estudiando, un ejemplo de enjaulado de línea sería, por ejemplo:

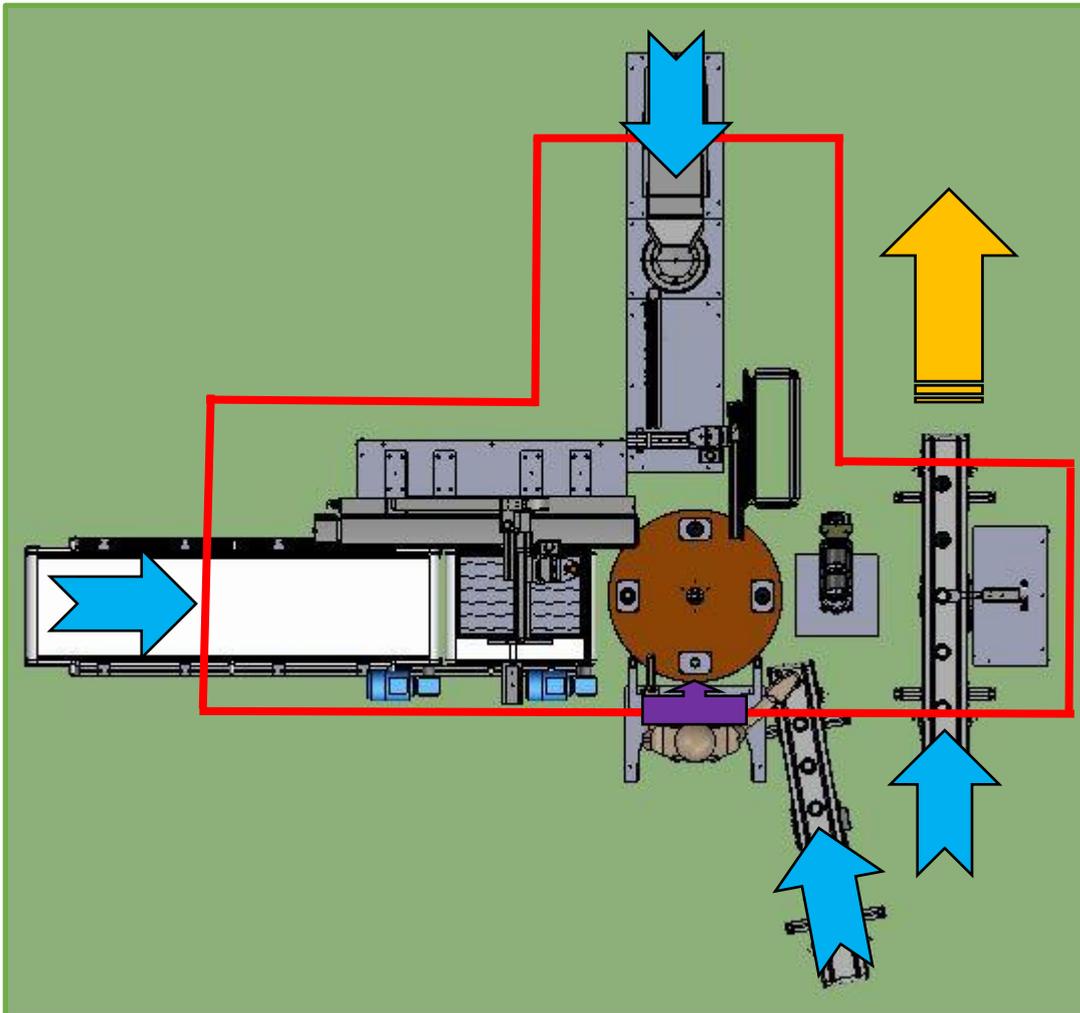


Imagen 67 - Vista planta línea automática ensamblaje bidón con concepto de cierre, flujos entrada de material y flujo salida material

Se puede observar, indicado con:

- Línea roja, cercado o mampara de protección.
- Flechas azules, aperturas o accesos para la entrada de las diferentes piezas del ensamblaje.
- Ventana morada, apertura limitada de acceso para la realización de la operación por parte del/a operario/a.
- Flecha amarilla, salida del producto de la línea completamente ensamblado.

3.- Conclusiones

Durante la realización de este proyecto se ha podido comprobar como de potente es la herramienta para diseño asistido por ordenador CAD SolidWorks y como ésta nos ayuda a poder observar posibles problemas y/o interferencias entre componentes, ensamblajes, conjuntos, etc.

Puesto que es un trabajo meramente académico sin intención alguna de llevar dicho estudio a una fabricación y puesta en marcha real, se ha optado por explorar diferentes tipos de máquinas y/o montajes aun sabiendo que quizá no eran los óptimos o más económicos para la aplicación descrita. Esto ayuda a comprender mejor su funcionamiento y a conocer qué cosas se deben tener en cuenta en caso de querer utilizar este tipo de soluciones.

3.1.- Mejoras a implementar en la línea

Una vez realizado el estudio de capacidad de la línea, junto con los cronometrajes del/a operario/a, habría que valorar la implementación de otro/a operario/a y doblar el número de huellas.

Ajustando los tiempos de máquina del resto de estaciones, se podría llegar a producir el doble.

Por otra parte, se podría sustituir al operario por un robot cartesiano o robot colaborativo, y formar al operario en tareas avanzadas de mantenimiento y/o control de la línea, rebajando así el tiempo de ciclo y la producción a la jornada. Además, no dependería de tener una persona trabajando en una estación con los descansos que necesita y el tiempo no productivo de la línea que esto conlleva.

3.2.- Recomendaciones para la continuación del trabajo

Cabe destacar la especificación de este trabajo como el desarrollo conceptual de los mecanismos necesarios para que la línea automática pueda ensamblar el producto decidido.

Una vez estipulado esto, se han visto aspectos que deberían de ser acotados para poder llegar a fabricar esta línea en un futuro.

Uno de estos aspectos es la interfaz de la cascada de alimentadores. Queda por definir cómo serán, tanto las guías del alimentador cilíndrico tipo bol, como las guías del alimentador lineal.

Además de estipular un sistema para el rechazo del material que no se dé por bien centrado en el cilindro posicionador.

Otro aspecto a tener en cuenta sería el sistema de alimentación de las diferentes entradas de producto a la línea. Es necesario conocer en qué tipo de fábrica se va a colocar la línea y saber que método utilizan para el transporte interno, ya sea mediante carros manuales, carretillas transportadoras, trenes-robots automáticos de transporte (AGV).

Además, también faltaría definir cómo entran las roscas (ST1) y los bidones (ST4) en las cintas transportadoras. Así como, cómo salen y como se empaquetan los productos acabados provenientes de la cinta automática de la estación de trabajo 4.

Puesto que puede ser un trabajo multidisciplinar, otro aspecto sería la programación y correcta elección y colocación de los diferentes tipos de sensores, controladoras, PLC's y demás automatismos que van a gobernar todos y cada uno de los actuadores o elementos móviles de la línea.

4.- Presupuesto

CONJUNTO	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO FINAL
		[€]	[h] o [Uds.]	[€]
Producto				
	Toma de medidas	15,00 €	8	120,00 €
	Diseño modelo CAD	20,00 €	20	400,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	20	400,00 €
ST0				
	Búsqueda información	15,00 €	20	300,00 €
	Diseño piezas CAD	20,00 €	14	280,00 €
	Montaje CAD	20,00 €	10	200,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	8	160,00 €
	Planos	20,00 €	4	80,00 €
ST1				
	Búsqueda información	15,00 €	24	360,00 €
	Diseño piezas CAD	20,00 €	16	320,00 €
	Montaje CAD	20,00 €	15	300,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	10	200,00 €
	Planos	20,00 €	4	80,00 €
ST2				
	Búsqueda información	15,00 €	36	540,00 €
	Diseño piezas CAD	20,00 €	25	500,00 €
	Montaje CAD	20,00 €	20	400,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	14	280,00 €
	Planos	20,00 €	5	100,00 €
ST3				
	Búsqueda información	15,00 €	30	450,00 €
	Diseño piezas CAD	20,00 €	14	280,00 €
	Montaje CAD	20,00 €	12	240,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	10	200,00 €
	Planos	20,00 €	4	80,00 €
ST4				
	Búsqueda información	15,00 €	24	360,00 €
	Diseño piezas CAD	20,00 €	15	300,00 €
	Montaje CAD	20,00 €	10	200,00 €
	Redacción especificaciones	20,00 €	7	140,00 €
	Planos	20,00 €	4	80,00 €

Conjunto CAD				
	Adecuación estaciones	20,00 €	36	720,00 €
Prototipado				
	Rediseño Nido para fabricación	20,00 €	5	100,00 €
	Materiales	10,00 €	2	20,00 €
	Tiempo fabricación	15,00 €	2	30,00 €
	Conversión STL Succionador	20,00 €	2	40,00 €
	Materiales	15,00 €	2	30,00 €
	Tiempo fabricación	4,00 €	20	80,00 €
Memoria				
	Formato memoria	20,00 €	30	600,00 €

TOTAL COSTE PROYECTO	8.970,00 €
% Beneficio (20%)	2.242,50 €
PVP	11.212,50 €

5.- Tabla de ilustraciones

IMAGEN 1 - GAMA BIDONES MODELO CORSA DE LA MARCA ELITE. [2019-05-23] RECUPERADO DE HTTPS://WWW.ELITE-IT.COM/EN/PRODUCTS/WATER-BOTTLES/RACING/CORSA	8
IMAGEN 2 - EXPLOSIONADO BIDÓN MODELO 3D SIMPLIFICADO	9
IMAGEN 3 - CUERPO MODELO 3D SIMPLIFICADO	10
IMAGEN 4 - ROSCA (PARTE INFERIOR) MODELO 3D SIMPLIFICADO.....	11
IMAGEN 5 - ROSCA MODELO 3D SIMPLIFICADO.....	12
IMAGEN 6 - TAPA (PARTE INFERIOR) MODELO 3D SIMPLIFICADO.....	13
IMAGEN 7 - TAPA MODELO 3D SIMPLIFICADO	14
IMAGEN 8 - BOQUILLA MODELO 3D SIMPLIFICADO	15
IMAGEN 9 - CORTE SUBENSAMBLAJE ROSCA+TAPA	16
IMAGEN 10 - CORTE (VISTA PLANTA) SUBENSAMBLAJE ROSCA+TAPA.....	16
IMAGEN 11 - CORTE SUBENSAMBLAJE ROSCA+TAPA+BOQUILLA	17
IMAGEN 12 - ORDEN DE ENSAMBLADO BIDÓN.....	19
IMAGEN 13 - ST0 EN PERSPECTIVA	21
IMAGEN 14 - DETALLE UNIÓN PLATO ROTATIVO CON MESA ROTATIVA.....	22
IMAGEN 15 - DETALLE POSICIÓN NIDOS EN PLATO ROTATIVO.....	22
IMAGEN 16 - NIDO ENSAMBLAJE MODELO 3D SIMPLIFICADO	23
IMAGEN 17 - PROTOTIPO NIDO FABRICADO	24
IMAGEN 18 - MODELO 3D MESA ROTATIVA	25
IMAGEN 19 - ESTRUCTURA SOLDADA MESA ROTATIVA ST0	25
IMAGEN 20 - ST1 EN PERSPECTIVA	27
IMAGEN 21 - POSICIONAMIENTO ROSCA EN NIDO ST1	28
IMAGEN 22 - CONTROL POSICIÓN CORRECTA ROSCA EN NIDO ST1	28
IMAGEN 23 - DETALLE FIBRAS CONTROL CORRECTO POSICIONADO ROSCA EN NIDO ST1	29
IMAGEN 24 - CONTROL POSICIÓN INCORRECTA ROSCA EN NIDO ST1.....	29
IMAGEN 25 - DETALLE FIBRAS CONTROL INCORRECTO POSICIONADO ROSCA EN NIDO ST1.....	30
IMAGEN 26 - DETALLE PUESTO TRABAJO OPERARIO/A ST1	30
IMAGEN 27 - MODELO 3D CINTA TRANSPORTADORA ROSCA ST1.....	31
IMAGEN 28 - DETALLE MONTAJE SENSORES FIBRA ÓPTICA	31
IMAGEN 29 - ST2 EN PERSPECTIVA	33
IMAGEN 30 - BANDEJA TERMO CONFORMADA 18 UDS. MODELO 3D SIMPLIFICADO	33
IMAGEN 31 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS MODELO 3D	34
IMAGEN 32 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS PRIMERA ETAPA.....	35
IMAGEN 33 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS TERCERA ETAPA	35
IMAGEN 34 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS SEGUNDA ETAPA.....	35
IMAGEN 35 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS CUARTA ETAPA.....	36

IMAGEN 36 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS QUINTA ETAPA	36
IMAGEN 37 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS SEXTA ETAPA	37
IMAGEN 38 - ALIMENTADOR DE BANDEJAS SÉPTIMA ETAPA	37
IMAGEN 39 - ENSAMBLAJE ROBOT CARTESIANO XYZ MODELO 3D	38
IMAGEN 40 - SUCCIONADOR TAPA MODELO 3D	39
IMAGEN 41 - SUCCIONADOR TAPA PROTOTIPO IMPRESO 3D	40
IMAGEN 42 - SOPORTE SUCCIONADOR TAPA A ROBOT CARTESIANO XYZ	40
IMAGEN 43 - ST3 EN PERSPECTIVA	41
IMAGEN 44 - TOLVA VIBRATORIA MODELO 3D	42
IMAGEN 45 - ALIMENTADOR CILÍNDRICO MODELO 3D	42
IMAGEN 46 - ALIMENTADOR VIBRATORIO LINEAL MODELO 3D	43
IMAGEN 47 - ENSAMBLAJE SISTEMA POSICIONAMIENTO BOQUILLA	44
IMAGEN 48 - DETALLE CONTROL CORRECTO POSICIONAMIENTO BOQUILLA	44
IMAGEN 49 - ROBOT CARTESIANO YZ MODELO 3D	45
IMAGEN 50 - PINZA CONCÉNTRICA 3 GARRAS MODELO 3D	46
IMAGEN 51 - DETALLE PINZAS CON GARRAS Y BOQUILLA.....	47
IMAGEN 52 - SOPORTE PARA GARRAS CONCÉNTRICAS	47
IMAGEN 53 - ST4 EN PERSPECTIVA	49
IMAGEN 54 - MODELO 3D CINTA TRANSPORTADORA CUERPO ST4.....	50
IMAGEN 55 - ROBOT COLABORATIVO UR10 MODELO 3D	51
IMAGEN 56 - MODELO 3D BANCADA ROBOT COLABORATIVO ST4.....	52
IMAGEN 57 - PINZAS PARALELAS MODELO 3D	52
IMAGEN 58 - DETALLE ENSAMBLAJE PINZAS PARALELAS CON GARRAS PARA SUBCONJUNTO (ROSCA+TAPA+BOQUILLA).....	53
IMAGEN 59 - ENSAMBLAJE SISTEMA BLOQUEO Y POSICIONAMIENTO CUERPO EN PERSPECTIVA	54
IMAGEN 60 - POSICIONAMIENTO CUERPO PRIMERA ETAPA	55
IMAGEN 61 - DETALLE SENSORES PRIMERA ETAPA POSICIONAMIENTO CUERPO... 55	55
IMAGEN 62 - POSICIONAMIENTO CUERPO SEGUNDA ETAPA	56
IMAGEN 63 - DETALLE CONTROL CORRECTO ROSCADO SUBCONJUNTO (ROSCA+TAPA+BOQUILLA) EN CUERPO	57
IMAGEN 64 - VISTA EN PLANTA MONTAJE ESTACIÓN ENSAMBLAJE BIDÓN	58
IMAGEN 65 - EJEMPLO LÍNEA AUTOMÁTICA CERRADA. [2019-07-10] RECUPERADO DE WWW.AGME.NET/ES/MAQUINAS- MEDIDA/AUTOMOCION/OTROS-COMPONENTES/LINEA-DE-ENSAMBLAJE-DE- GATO	60
IMAGEN 66 - EJEMPLO LÍNEA AUTOMÁTICA BARRERAS INFRARROJAS. [2019-07- 10] RECUPERADO DE EVAL.IFM- ELECTRONIC.COM/IFMMX/WEB/CORTINAS_DE_SEGURIDAD.HTM	60
IMAGEN 67 - VISTA PLANTA LÍNEA AUTOMÁTICA ENSAMBLAJE BIDÓN CON CONCEPTO DE CIERRE, FLUJOS ENTRADA DE MATERIAL Y FLUJO SALIDA MATERIAL.....	61

6.- Referencias

- [1] «Transportador de banda GUF-P 2000 | mk Technology Group». [En línea]. Disponible en: <https://www.mk-group.com/es/productos/tecnica-de-transporte/filtro-de-productos-de-sistemas-de-transporte/transportadores-de-banda/guf-p-2000.html>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [2] «Perfil soporte, ranura 10, retículo 45 | Bosch Rexroth España». [En línea]. Disponible en: <https://www.boschrexroth.com/es/es/productos/grupo-de-productos/tecnologia-de-montaje/elementos-basicos-de-mecanica/perfiles-soporte/perfil-soporte-ranura-10-reticulo-45>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [3] «OPAC S.L. - DIN 6325». [En línea]. Disponible en: <https://www.opac.net/producto.php?idfamilia=4&idsubfamilia=1&idproducto=165&fotof=f-4.png&enlacefam=pasadorescilindricos>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [4] «Cortinas y barreras fotoeléctricas de seguridad de ifm | ifm electronic». [En línea]. Disponible en: http://eval.ifm-electronic.com/ifmmx/web/cortinas_de_seguridad.htm. [Accedido: 30-sep-2019].
- [5] «Línea de ensamblaje de gato | AGME». [En línea]. Disponible en: <http://www.agme.net/es/maquinas-medida/automocion/otros-componentes/linea-de-ensamblaje-de-gato>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [6] «E3ZM-B66 | OMRON Industrial Automation». [En línea]. Disponible en: <http://www.ia.omron.com/product/item/596/>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [7] «▷ Brazo Robótico UR10e **【Mejora la Productividad】** ». [En línea]. Disponible en: <https://www.universal-robots.com/es/productos/robot-ur10/>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [8] «Norma ISO/TR 7250-2:2010/Amd 1:2013». [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/?c=062899>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [9] «Norma UNE-EN ISO 14738:2010». [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0045481>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [10] «E32 Cilíndricas estándar | Omron, España». [En línea]. Disponible en: <https://industrial.omron.es/es/products/e32-standard-cylindrical>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [11] OMRON, «Omron E3Z Datasheet». [En línea]. Disponible en: http://www.farnell.com/datasheets/1493598.pdf?_ga=2.73098451.178365411.1569532346-719201831.1569532346. [Accedido: 30-sep-2019].

- [12] «JGZ». [En línea]. Disponible en: https://schunk.com/es_es/sistemas-de-agarre/series/jgz/. [Accedido: 30-sep-2019].
- [13] «MXW, Mesa de deslizamiento, Guía lineal de recirculación, Carrera larga». [En línea]. Disponible en: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=17203&part_number=MXW16-175B-M9B. [Accedido: 30-sep-2019].
- [14] «Artículo de portada. Elastómeros Termoplásticos (TPE)». [En línea]. Disponible en: <https://www.ambienteplastico.com/articulo-de-portada-elastomeros-termoplasticos-tpe/>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [15] «¿Cuáles son los códigos de identificación de los plásticos?» [En línea]. Disponible en: <https://www.spg-pack.com/blog/codigos-identificacion-plasticos/>. [Accedido: 30-sep-2019].
- [16] «Corsa: Water Bottles Racing - Elite». [En línea]. Disponible en: <https://www.elite-it.com/en/products/water-bottles/racing/corsa>. [Accedido: 30-sep-2019].