



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## Diseño, programación y simulación de una celda de soldadura robotizada para operaciones en carrocería.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA

Autor: **PABLO OTÓN ZAMORA**  
Director: **JORGE JUAN FELIU BATLLE**



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Cartagena, 06/06/2017

## ÍNDICE

1. Introducción.
  - 1.1. Motivación.
  - 1.2. Análisis del mercado de la robótica industrial.
    - 1.2.1. Estado del arte.
      - 1.2.1.1. Tipos de robots y cinemática
      - 1.2.1.2. Sectores de aplicación
      - 1.2.1.3. Últimas innovaciones
    - 1.2.2. Tipos de empresas. Contexto en la Región de Murcia.
    - 1.2.3. Perfil profesional demandado.
2. Proceso de soldadura MIG/MAG
  - 2.1. Principio de funcionamiento y aplicaciones
  - 2.2. MIG/MAG robotizado
3. Estación de soldadura propuesta
  - 3.1. Contexto real y explicación de la necesidad
  - 3.2. Conceptos sobre gestión y dirección de líneas automatizadas
  - 3.3. Deducción de componentes y distribución del layout
    - 3.3.1. Elección del robot
    - 3.3.2. Elección de las herramientas de soldadura
    - 3.3.3. Elección del PLC y HMI
    - 3.3.4. Elección del protocolo de comunicaciones
    - 3.3.5. Periféricos genéricos; cinta transportadora, encoder, fotocélulas...
    - 3.3.6. Seguridad: normativa y periféricos de seguridad
  - 3.4. Programación de la línea
    - 3.4.1. Programación en RobotStudio
      - 3.4.1.1. Funciones de RobotStudio e instrucciones en RAPID
        - 3.4.1.1.1. Creación de trayectorias
        - 3.4.1.1.2. Explicación de los diferentes ejes de coordenadas
        - 3.4.1.1.3. Instrucciones RAPID
        - 3.4.1.1.4. Trabajar con entradas y salidas
      - 3.4.1.2. Explicación de la estructura planteada
      - 3.4.1.3. Explicación de las instrucciones usadas y método usado
    - 3.4.2. Programación del PLC maestro de la línea
  - 3.5. Simulación en Robot Studio y robot DISA
4. Conclusiones y futuros desarrollos
5. Glosario de términos
6. Imágenes
7. Bibliografía

## 1. Introducción

### 1.1. Motivación

Este trabajo de fin de grado se realiza dentro del contexto de la empresa [BINARII AUTOMATION ENGINEERING](#), con el fin de que el autor aprenda a manejar el software de programación de robots ABB: Robot Studio. Además pretende ser una toma de contacto en la programación de aplicaciones de soldadura.



**BINARII**

*1.-Binarii Automation Engineering*

Antes de la realización de este trabajo, el autor ya había tenido una toma de contacto en la programación de robots. En concreto se trataba de una aplicación de paletizado con robots FANUC.

Por lo tanto la motivación de este trabajo es utilizar las nociones básicas de programación de robots que ya se tienen para aplicarlas a otro fabricante (ABB) y otra aplicación (soldadura).

## 1.2. Análisis del mercado de la robótica industrial.

En este apartado analizaremos el mercado de la robótica desde un enfoque conceptual, exponiendo los diferentes tipos de robots existentes, localizando sectores, tipos de empresas y aplicaciones. El autor de este TFG tiene como objetivo dedicarse a la programación de robots, por eso es de importancia analizar el mercado para conocer el sector.

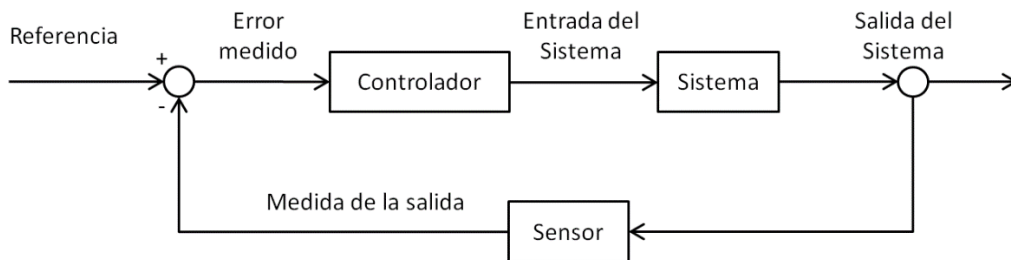
### 1.2.1. Estado del arte.

En primer lugar repasaremos los tipos de robots existentes según su cinemática, después ordenaremos por sectores las diferentes aplicaciones y finalmente se verán las últimas innovaciones en robótica.

#### 1.2.1.1. Tipos de robots y cinemática

Un robot industrial se compone de una estructura mecánica, sistemas de transmisión, motores, encoder y un sistema de control.

La tipología de control es en lazo cerrado. A continuación recordamos este tipo de topología.

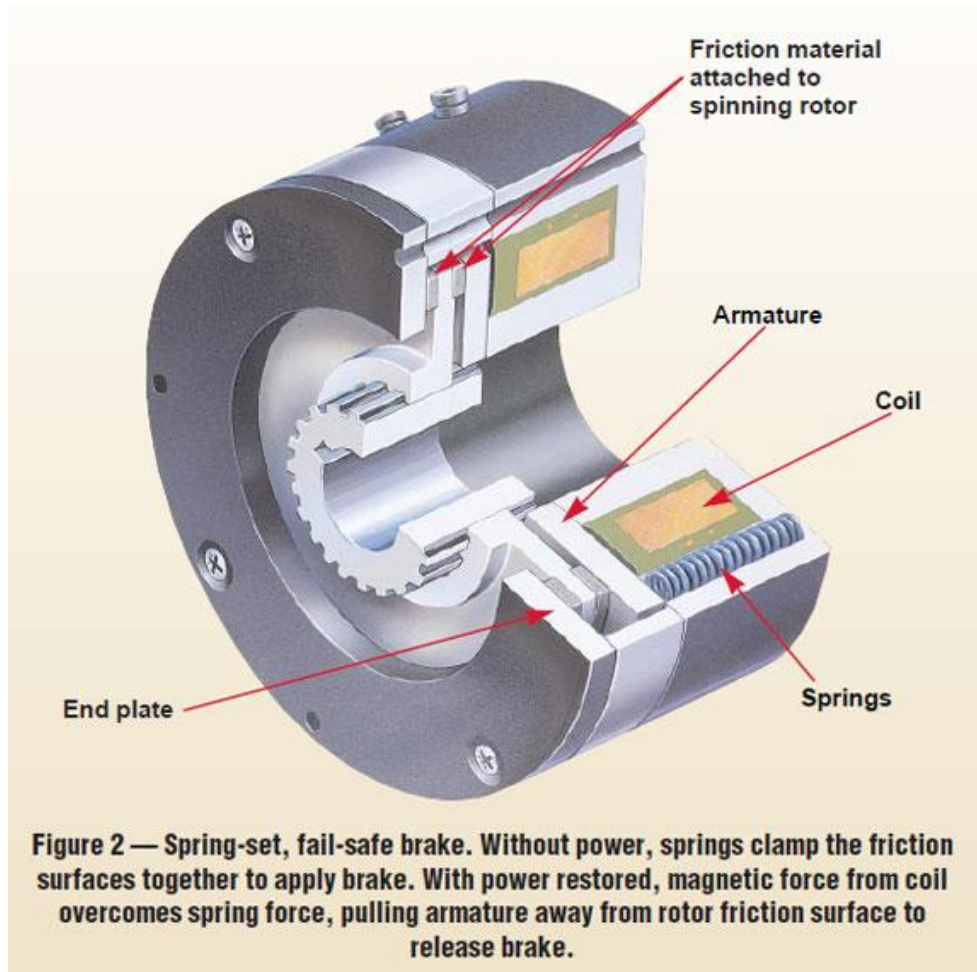


2.-Control convencional en lazo cerrado

En los brazos antropomórficos que nos ocupan, por cada grado de libertad tenemos un motor y un encoder. El motor es una salida del sistema y el encoder hace la función de sensor que realimenta la posición para desplazar con exactitud todos los ejes según la trayectoria calculada.

Cabe destacar que por cada motor hay también un accionamiento lineal que hace la función de freno. Esto es para bloquear la articulación en caso de fallo. Si cae la corriente, el sistema de freno se enclava y el robot mantiene la posición, evitando desplomarse, para que no haya accidentes. Como vemos en la siguiente imagen, el freno consiste en un solenoide que a través de un campo magnético libera un disco que presiona un ferodo (material de fricción usado ampliamente en la industria de embragues y frenos). Cuando cae la corriente o se bloquea un motor por una detección de colisión, se libera el campo magnético haciendo que el muelle entre en acción y bloquee el disco contra el ferodo, enclavando así el sistema de freno en posición segura.



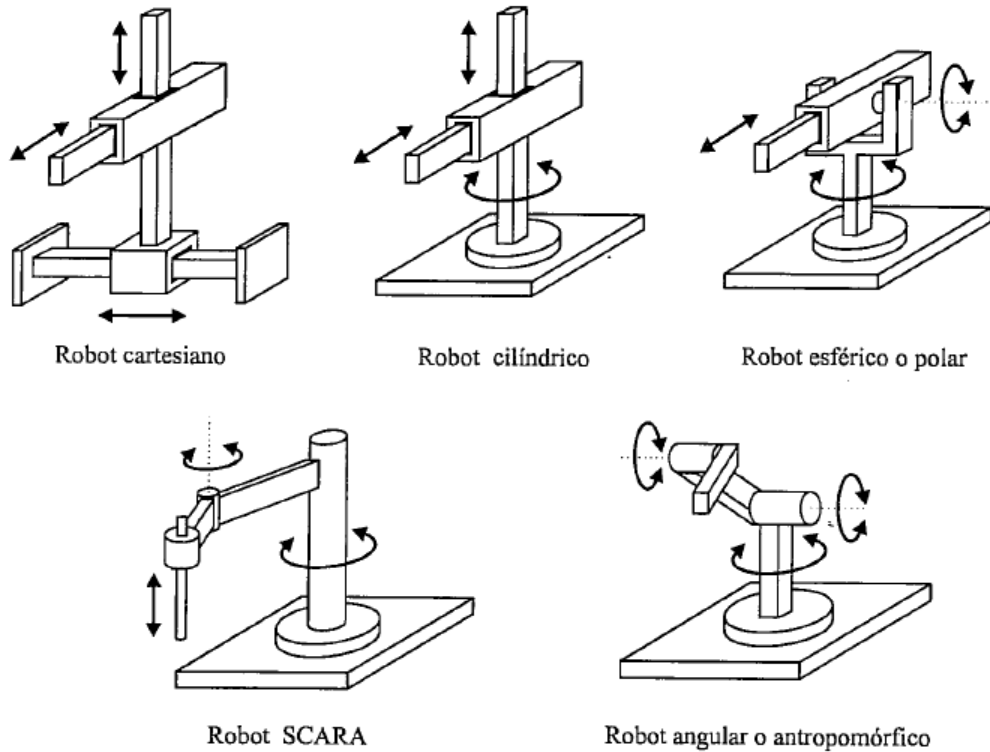


### 3.-Freno en motores de robot

Este sistema de seguridad es obligatorio y viene exigido por la **directiva 2006/42/EC de máquinas** que veremos más adelante. En donde en el **punto 1.2.6** se especifica que los equipos deben protegerse contra fallos de la alimentación de energía para **“que no se pueda producir la caída o proyección de ningún elemento móvil de la máquina o de ninguna pieza sujeta por ella” [1]** (BOE, 2006/42/EC, p18 <https://www.boe.es/doue/2006/157/L00024-00086.pdf> ).

A todo el conjunto de motor, encoder y freno se denomina servo.

Las configuraciones más frecuentes en robots industriales son las siguientes:



4.-Configuraciones de robots industriales [2]

Vemos que según la geometría de la estructura mecánica, un robot puede ser de tipo cartesiano (articulaciones lineales), cilíndrico (articulaciones lineales y una rotacional), polar (articulaciones rotacionales y una lineal), scara (combinación de varios tipos de articulaciones) o antropomórfico (articulaciones rotacionales).

También existen robots de estructura paralela, en donde hay varios brazos con articulaciones prismáticas o de rotación.



5.-Robot Delta de ABB, de cinemática paralela

De todas las estructuras planteadas la que predomina en la industria de la soldadura robotizada es el brazo antropomórfico. Es la estructura que mayor facilidad de acceso a las piezas plantea, además de ser la más asequible económicamente. Esto es debido a que es una estructura que se aplica en varios campos por lo que tiene una mayor facilidad de amortización que permite que se venda a un precio muy competitivo.



6.-Robot de tipo brazo antropomórfico para soldadura

### 1.2.1.2. Sectores de aplicación.

Los sectores de aplicación de la robótica industrial son numerosos. A pesar de que este TFG trata sobre una aplicación específica; soldadura, conviene repasar todas las aplicaciones existentes y sectores. Porque al fin y al cabo los robots son prácticamente los mismos, ya se usen para soldadura o para paletizado, y la filosofía de programación es la misma. De un tipo de aplicación a otra cambia la herramienta que le acoplemos, pero el robot es el mismo (o como mínimo el firmware y la forma de programarlos). Los programadores de robots no están especializados en una única aplicación; el profesional que programa robots de soldadura en una cadena de montaje, también programa robots de paletizado. Por lo tanto, como el autor de este TFG quiere dedicarse a la programación de robots, conviene conocer todos los sectores y tipos de aplicación para tener una idea del mercado y poder orientarse mejor en el mundo profesional.

Los sectores de aplicación principales son los siguientes:

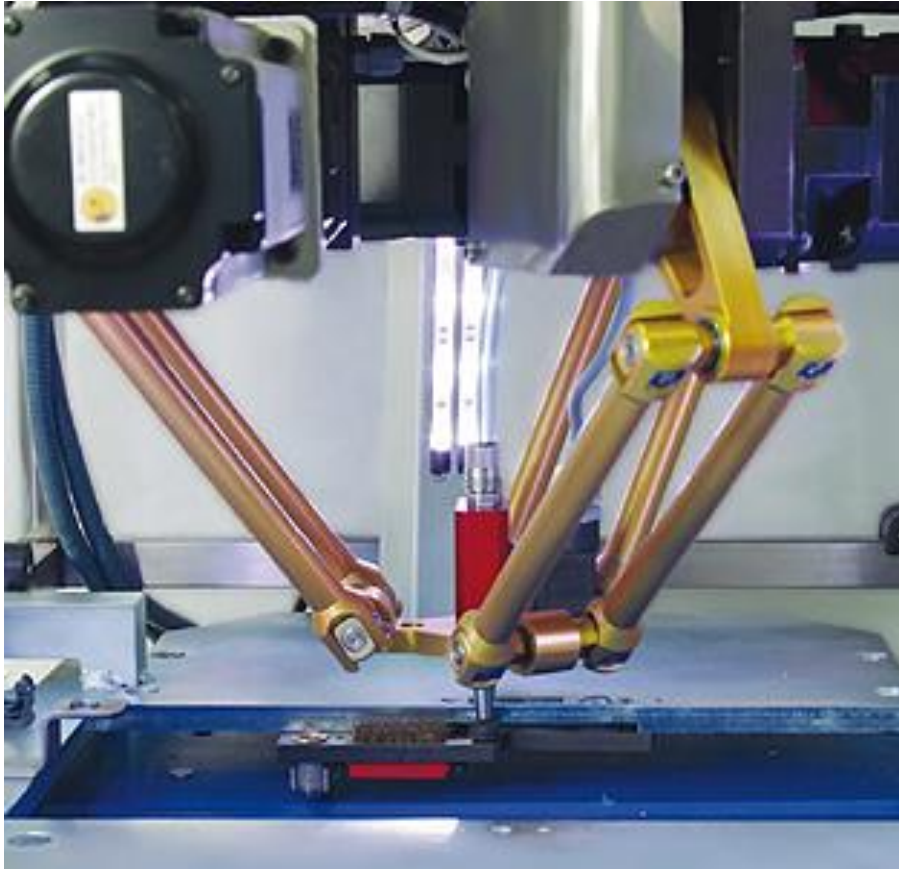
- Alimentación y bebidas. En este sector los robots se utilizan en aplicaciones de paletizado y despaletizado de botes tanto llenos como vacíos.



*7.-Robots despaletizadores de capa completa de botes. Línea de INEMUR.*

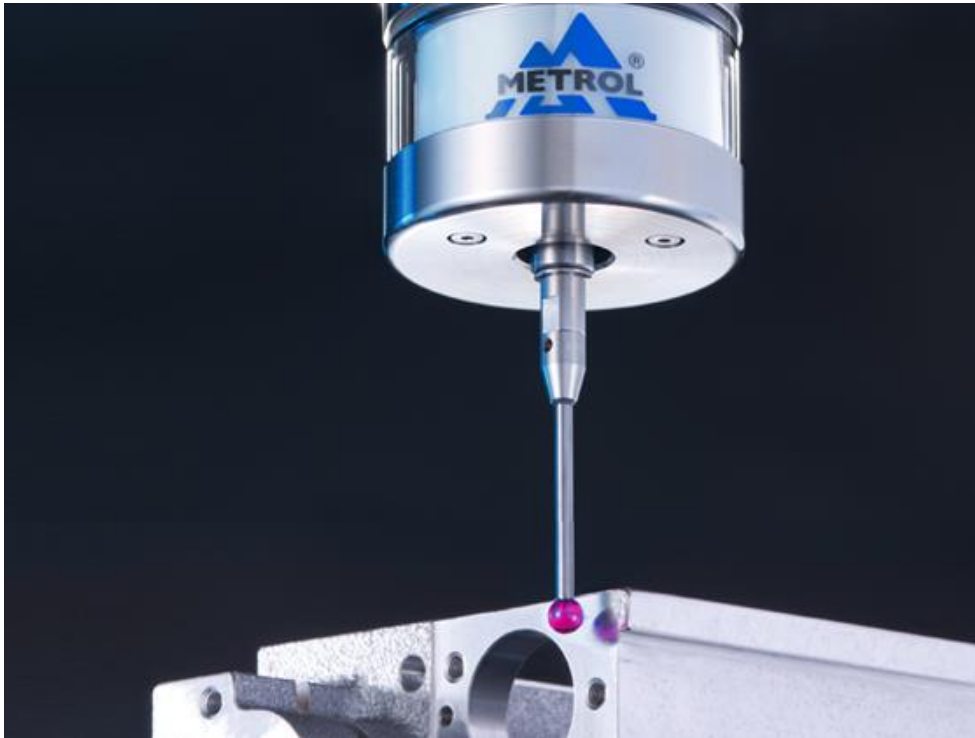


También se usan en finales de línea de fabricación de envases metálicos (can end machinery), por ejemplo para operaciones de engomado.



*8.-Robot delta de engomado de tapas de conserva*

- Químico y farmacéutico. En este sector aparte de operaciones de paletizado, los robots se usan ampliamente en posicionado de objetos en autoclaves de esterilización.
- Plásticos, inyección y matricería. Aquí los robots realizan acciones de desencajado de piezas de los moldes de inyección, y manipulado para ensamblaje. También se encargan de realizar controles de calidad mediante palpadores con el fin de comprobar que las dimensiones de los moldes y piezas fabricadas están dentro de tolerancias.



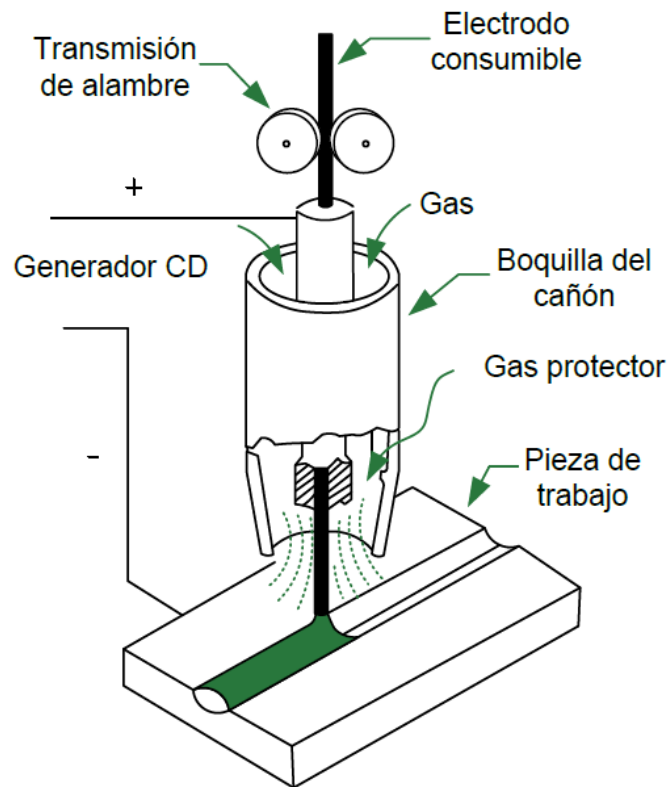
*9.-Palpador en robot*

En la industria de matricería también se usan los robots en operaciones auxiliares e intermedias de fabricación. Es común que los robots se encarguen de introducir macizos de acero en tornos y máquinas CNC para posteriormente sacar la pieza terminada y llevarla a las operaciones finales de mecanizado, como rectificado, bruñido o mandrinado.



*10.-Robot manipulador en operaciones auxiliares de mecanizado*

- Automoción. La aplicación más destacable de la robótica en el sector automoción es la soldadura. La topología más usada es la soldadura MIG/MAG que consiste en un arco eléctrico a través de electrodo consumible.

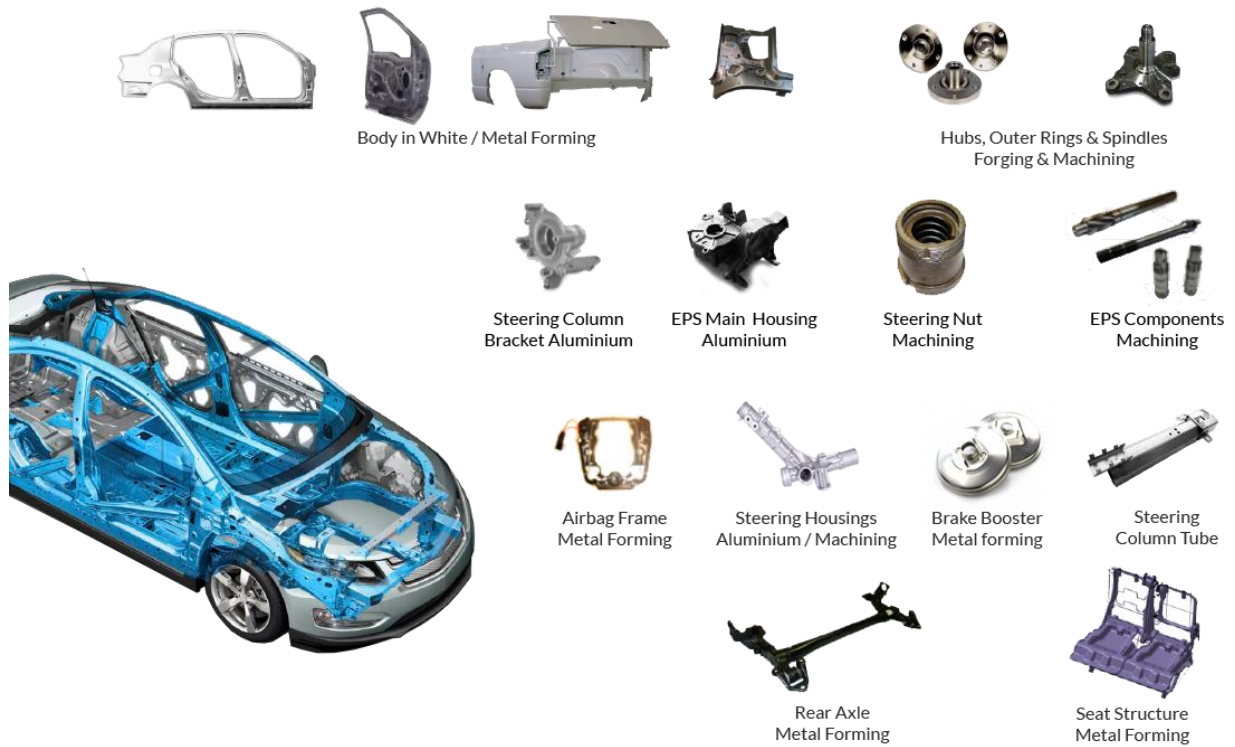


11.-Soldadura MIG/MAG

Los detalles del proceso MIG/MAG se especifican en el capítulo siguiente.

En concreto en la industria del automóvil se sueldan carrocerías BIW (Body in White) y otros componentes auxiliares como manguetas, colectores, bumpers, traviesas...

En la siguiente imagen algunos componentes de un coche que se sueldan de manera automatizada. Vemos que aparte de la carrocería tenemos componentes del sistema de freno (cápsula del servofreno), del sistema de suspensión (subchasis), de dirección (columna de dirección) y de seguridad (chasis del airbag y estructura de los asientos).



*12.-Componentes de automoción soldados de manera automatizada*

Entre todos estos componentes el más interesante es la carrocería. Este TFG se centra en la soldadura de carrocería precisamente así que vamos a detallar en qué consiste este proceso.

A continuación vemos una carrocería completa después del proceso de soldadura.

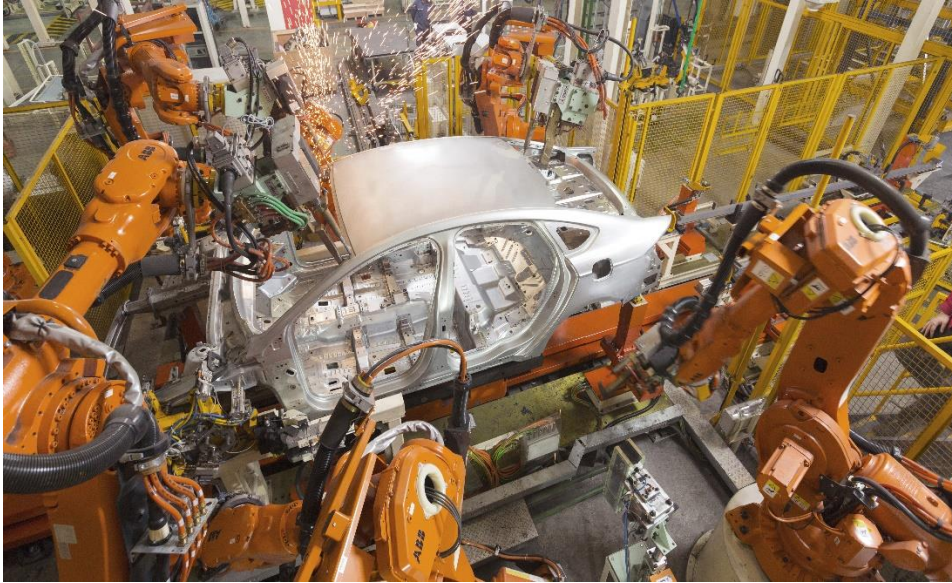


*13.-Carrocería BIW después del proceso de soldadura*



El nombre técnico de la carrocería es BIW; Body in White, que se refiere a la estructura del coche conformada por las hojas de metal en acero vivo, todavía sin pintar.

Así el tipo de soldadura que tratamos en este TFG se denomina soldadura BIW. En concreto, en la industria se denomina: MIG/MAG BIW welding.



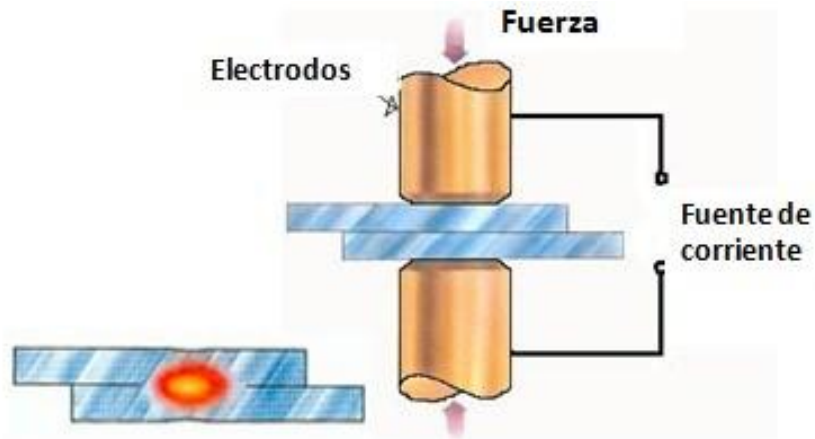
*14.-Soldadura BIW (Body in white)*

Otro método de soldadura muy extendido en este tipo de industria es por resistencia. Se usa para soldar por puntos.



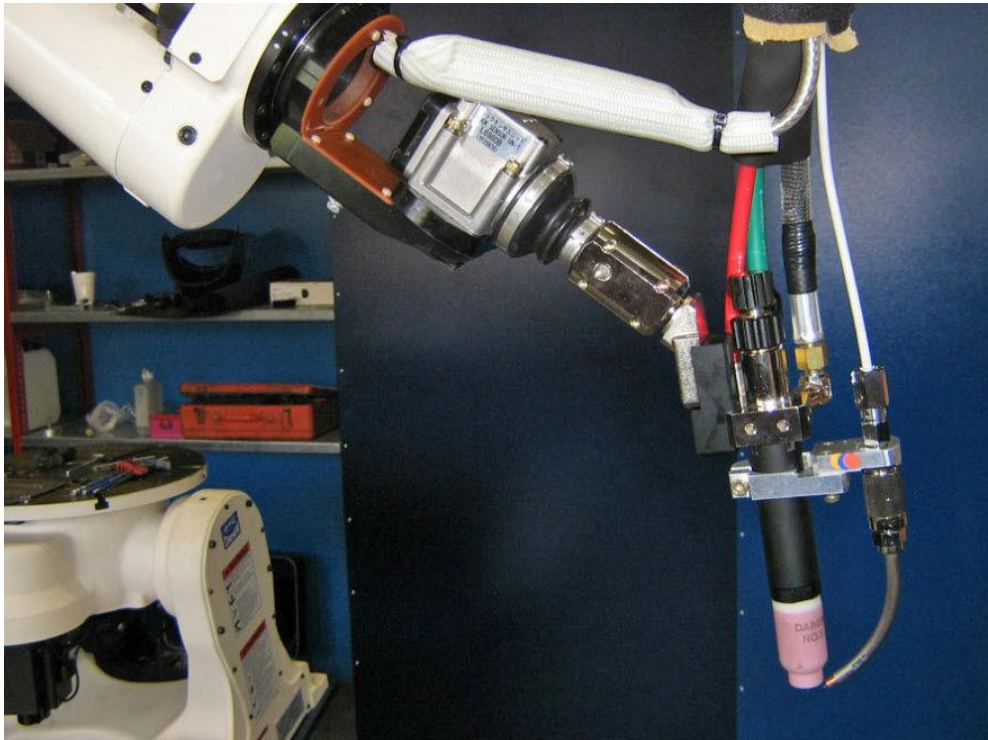
*15.-Robot de soldadura por resistencia*

Este tipo de soldadura por puntos consiste en aplicar una corriente eléctrica a través de dos electrodos que presionan las chapas a unir. Debido a la discontinuidad de metal entre ambas chapas, existe una resistencia eléctrica elevada que en presencia de corriente genera el calor necesario para realizar la fusión y provocar la soldadura.



16.-Proceso de soldadura por resistencia

Otro método usado en la soldadura robotizada, es la soldadura TIG. No es predominante porque se reserva sólo para aplicaciones especiales dada su baja productividad y grandes tiempos de preparación. Se utiliza sobre todo para uniones de aleaciones especiales de aluminio. En la siguiente imagen vemos una antorcha de soldadura TIG acoplada en un robot. La principal diferencia respecto a MIG/MAG es que el electrodo no es consumible. Dispone de un electrodo de tungsteno en atmósfera protegida con gas de aporte. El material de aporte no viene por el interior de la antorcha porque el electrodo de tungsteno no lo permite. Así el material de aporte se suministra externamente, convencionalmente a mano. Automatizar la soldadura TIG presenta muchos problemas, entre ellos gestionar el aporte de varilla. Mientras que la soldadura MIG/MAG es semiautomática incluso cuando la realiza de manera manual un operario (porque la máquina ya se encarga de gestionar parámetros de aporte de hilo, gas, etc), una máquina TIG convencional no gestiona el aporte de hilo, lo hace de manera manual el operario. Por lo que la máquina de soldadura TIG para robots es específica y muy compleja al incorporar un control de hilo externo que incrementa el coche.



17.-Soldadura TIG robotizada

Un truco para diferenciar la soldadura TIG de la MIG/MAG es fijarse en la antorcha; si lleva en la punta un cono rosado y el hilo viene externamente tal y como se ve en la imagen de arriba; se trata de TIG. Si el cono es metálico y no se ve un hilo externo; se trata de MIG/MAG.

- Pintura. Los robots predominan en las operaciones de pintura de la industria del automóvil. Cabe destacar que estos robots son especiales y se diseñan específicamente para este tipo de aplicaciones.

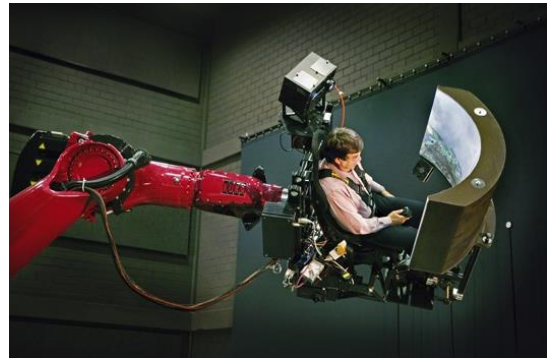


18.-Robots en aplicaciones de pintura



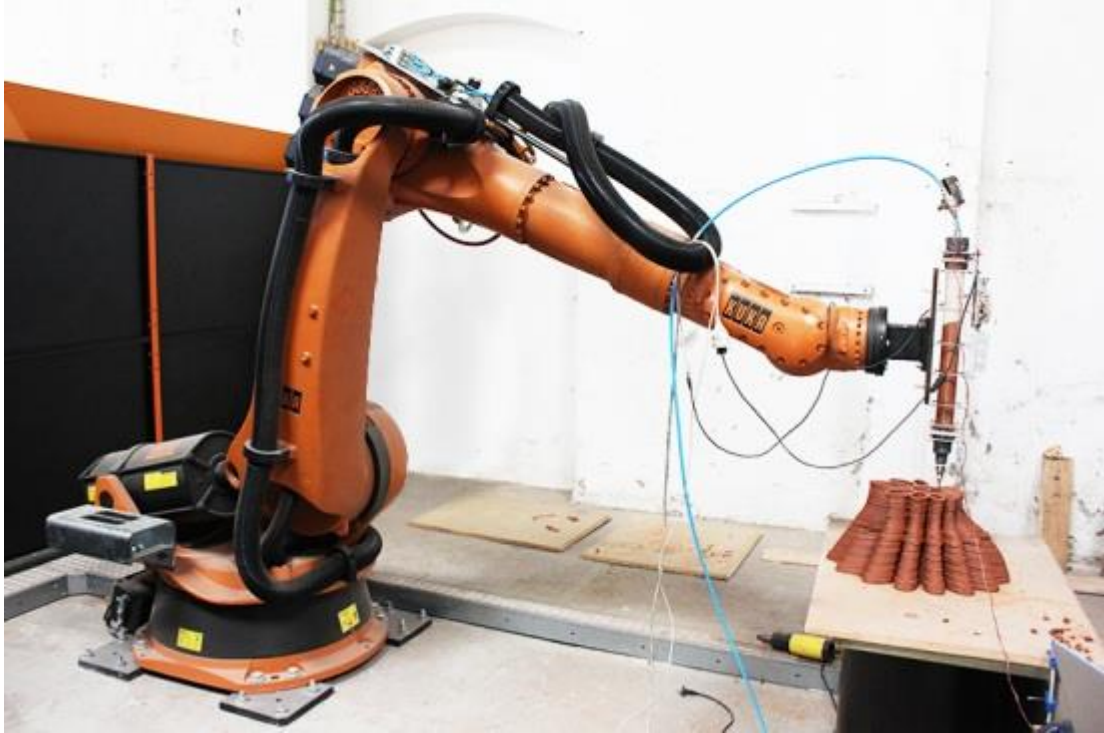
A los robots de pintura se les dota de unas características especiales que están orientadas al proceso de pintura, entre las que destacan:

- Gran ligereza. Como no tienen que soportar cargas ni hacer presión sobre objetos pues están todo el tiempo haciendo movimientos aéreos, se construyen en aluminio para reducir el consumo de los motores, y poder desplazar fácilmente los robots a otro layout cuando se hacen cambios en la línea de pintura.
  - Muñeca hueca. Todo el brazo es hueco hasta la herramienta con un conducto de gran sección para permitir el paso de la pintura.
  - Firmware específico. Los robots de pintura vienen con un firmware específico para facilitar las labores de programación. Permite hacer conveyer tracking (seguimiento de línea) y gestionar purgas automáticas para hacer cambios de color entre una carrocería y otra.
  - Certificación ATEX. Muchas pinturas que se usan no son en base agua sino disolvente. Esto supone una generación de vapores inflamables que implican un riesgo de explosión.
  - Engomado
- Aplicaciones especiales
    - Videjuegos 3D. Una aplicación en auge de los brazos antropomórficos es la realidad virtual y simuladores. En las siguientes imágenes vemos unos simuladores 3D.



19.-Robots industriales aplicados a videojuegos de realidad virtual

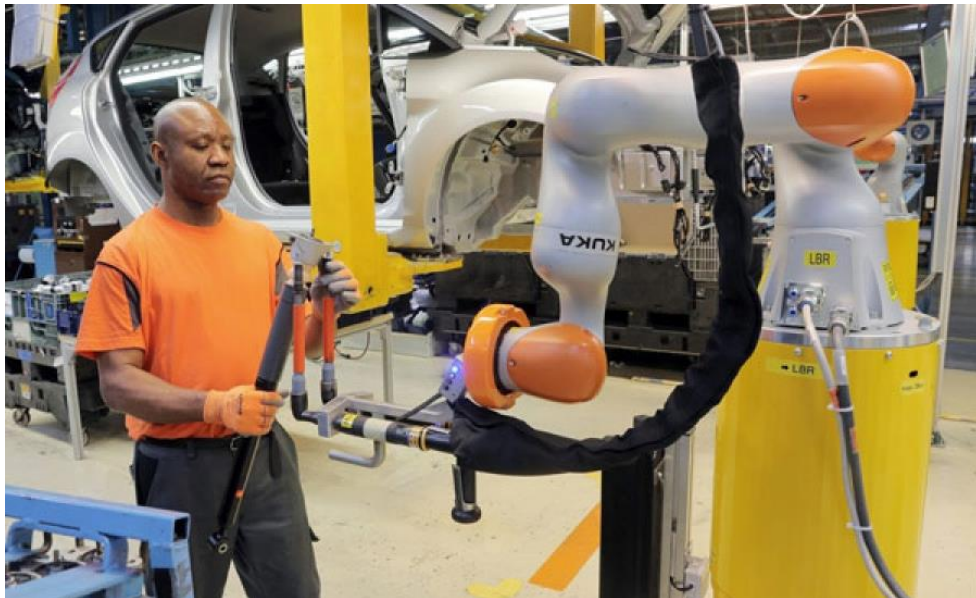
○ Impresión 3D



20.-Robot en aplicación de impresión 3D

**1.2.1.3. Últimas innovaciones**

Los últimos avances en robótica industrial están orientados a la industria 4.0 y tienen que ver con la robótica colaborativa.



21.-Robot colaborativo de KUKA

Hasta ahora los robots han trabajado en zonas aisladas de los operarios, dentro de celdas y vallados de seguridad.

Ahora está surgiendo una nueva tendencia de robots que pueden trabajar codo con codo con los operarios, están homologados especialmente para ello. Esta tendencia se bautizó como robótica colaborativa y sensitiva. Gracias a la sensorización completa de todo el robot que le dota de una gran sensibilidad para detectar colisiones y evitar hacer daño al operario.

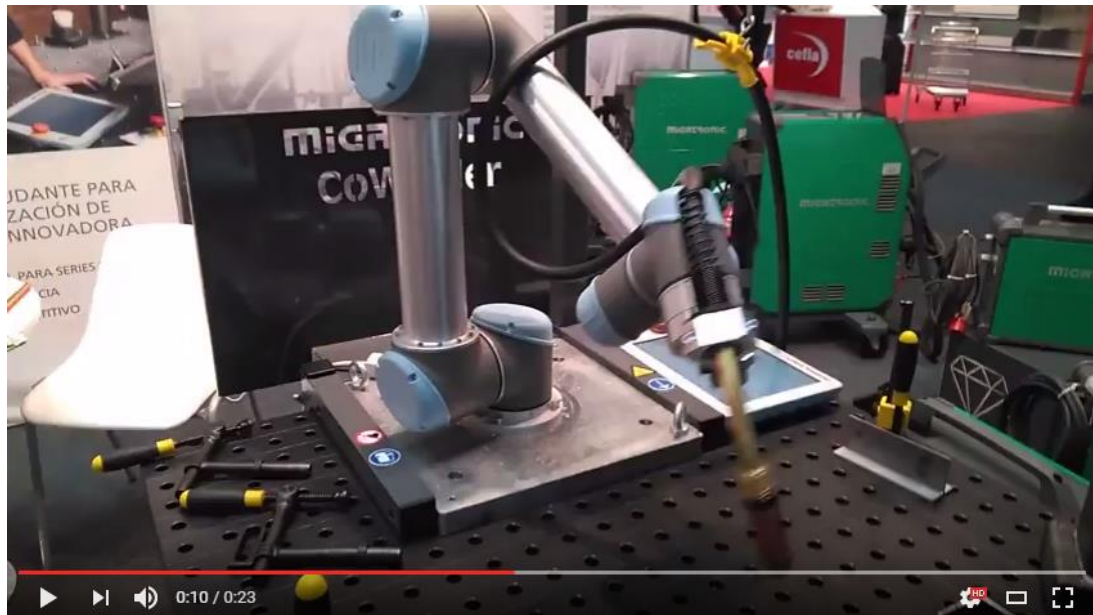


22.-Robot colaborativo ABB Yumi

Esto supondrá un gran avance sobre todo en el ámbito que nos incumbe en este proyecto; la soldadura. La robótica colaborativa permitirá que un operario suelde codo con codo con un robot. Así el operario podrá encargarse de las operaciones que sería muy costoso y poco fiable de automatizar (como adaptarse a piezas nuevas y cambiantes, en donde un operario es más rápido haciendo operaciones de preparación), y el robot de las operaciones más repetitivas.

A continuación vemos un robot colaborativo de Universal Robots al que se le ha acoplado una antorcha de soldadura. En concreto se trata de una estación CoWelder elaborada por MigaTronic y UniversalRobots.





23.-Video robot de soldadura Feria Bilbao

Dicha estación de soldadura la vimos en la feria de Bilbao los días 7 y 8 de Junio. Se consideró interesante realizar una visita a dicha feria industrial para dotar a este TFG de contenido real. En el siguiente enlace podemos ver un vídeo del funcionamiento de este robot, en el stand de la empresa MigaTronic en la feria:

<https://www.youtube.com/watch?v=TbJaeua1VLk>

El operario se encargaría de realizar el punteo previo y ajuste fino de la pieza a soldar, y el robot se encargaría de tirar los cordones largos y soldaduras más pesadas y de posición incómoda. Con esto se consigue ahorrar en sistemas de visión 3D cuya tecnología hoy en día no está del todo depurada y es muy cara.

Así se consigue converger hacia la fabricación flexible del futuro, en donde la fábrica se convierte en un entorno que genera valor añadido sobre flujos cambiantes de material. La cadencia de la fábrica se podrá adaptar para ensamblar piezas diferentes y cambiantes, gracias a la combinación del dinamismo que ofrece un ser humano con la rapidez y fiabilidad de un robot.

Otra innovación importante es la soldadura láser. Hasta ahora el láser se utilizaba principalmente en máquinas cartesianas de corte de chapa. Los últimos avances permiten acoplar a un brazo robótico un cabezal láser de CO2 que permite hacer soldaduras de precisión, con espesores desde 0.2mm, sin aporte de material y sin deformaciones por calentamiento. El láser funde localmente el metal por lo que no se producen los calentamientos que provocan zonas afectadas térmicamente (ZAT). En la siguiente imagen vemos cómo una soldadura convencional produce una zona afectada térmicamente debido al calentamiento de la pieza, que debilita las propiedades mecánicas de la pieza. Con la soldadura láser estos calentamientos no se producen porque la pieza no se calienta al fundir localmente, así que desaparecen prácticamente las zonas debilitadas por el calor.

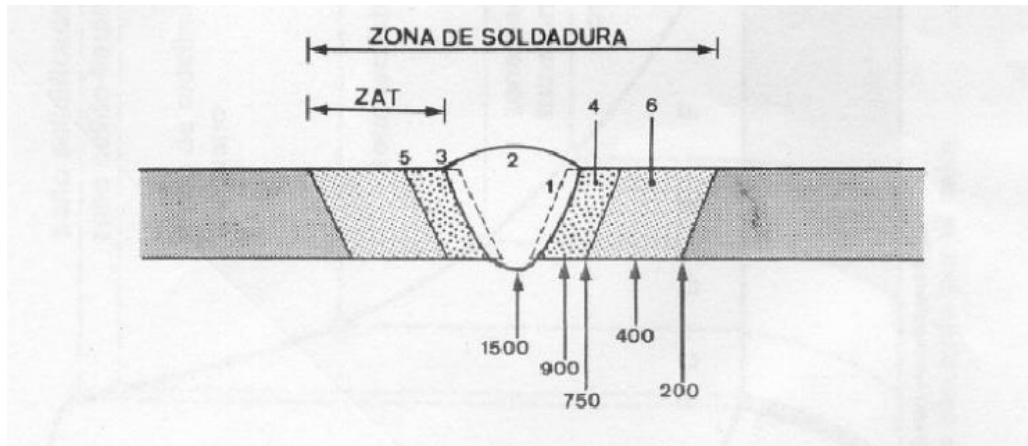


Figura 2

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1- Borde inicial de la junta | 2- Metal de soldadura            |
| 3- Línea de fusión           | 4- Parte transformada de la ZAT  |
| 5- Línea de transformación   | 6- Parte de baja temp. de la ZAT |

24.-Efectos de la soldadura por fusión: Zona afectada térmicamente

Otra de las ventajas de este proceso es que no hay elementos consumibles porque no hay aporte de material (ahorro en fungibles), y funciona sin electrodo porque no calienta por arco eléctrico sino por el haz de luz.



25.-Cabezal láser acoplado a robot de soldadura



### 1.2.2. Tipos de empresas. Contexto en la Región de Murcia.

En este apartado primero vamos a clasificar las empresas que intervienen en la puesta en marcha de una línea robotizada. Y después lo aplicaremos para el caso de la Región de Murcia. Dado el enfoque práctico que se le ha dado a este TFG, es importante mencionar los diferentes actores que participan a la hora de implantar un sistema de robots, para que el autor conozca mejor el sector a la hora de situarse profesionalmente. Particularizar al caso de la Región de Murcia es también de importancia laboral para el autor.

En la robótica industrial existen 3 tipos de empresas básicamente: fabricantes, integradores y programadores.

- Fabricantes de robots. Diseñan y fabrican el robot. Realizan labores de investigación y desarrollo para implementar todos los cálculos de cinemática. No venden al cliente final sino al integrador. Los fabricantes de robots de tipo brazo antropomórfico con mayor presencia en Europa son ABB, KUKA, FANUC y YASKAWA.
- Integradores de robots. Es la empresa que integra los robots en una línea, ya sea de paletizado, soldadura, pintura... y esta la vende al cliente final; una fábrica. Son especialistas en la aplicación. Diseñan toda la parte mecánica, hacen el layout de la línea y fabrican los elementos auxiliares como cintas transportadoras, etc. Suelen tener su propio departamento de programación de robots aunque muchas lo subcontratan.

Un integrador de líneas de soldadura importante es Ingenia Sistemas. Estos integradores suministran líneas de soldadura a las fábricas de automoción como Peugeot-Citröen de Vigo, Volkswagen de Pamplona, Renault de Valladolid, Seat de Martorell, Ford de Almussafes, o Mercedes-Benz de Vitoria. En estas fábricas los robots de soldadura ensamblan carrocerías BIW (Body in White) que hemos comentado anteriormente.



26.-Soldadura de carrocerías BIW (Body in white)

Pero la soldadura robotizada de automoción no sólo se usa para uniones de carrocerías. Se usa extensivamente en la fabricación de otros elementos como manguetas, brazos de suspensión, tubos y colectores de escape, bumpers, traviesas... Generalmente la fabricación de estos elementos es subcontratado a proveedores externos como Batz, Gestamp o Benteler. Estas empresas están especializadas en fabricar elementos auxiliares OEM a las marcas de coches que posteriormente los ensamblan en su línea. A continuación tenemos un ejemplo de pieza que fabrica esta industria auxiliar de automoción. Se trata de un brazo de suspensión embutido en chapa y posteriormente soldado con MIG/MAG.



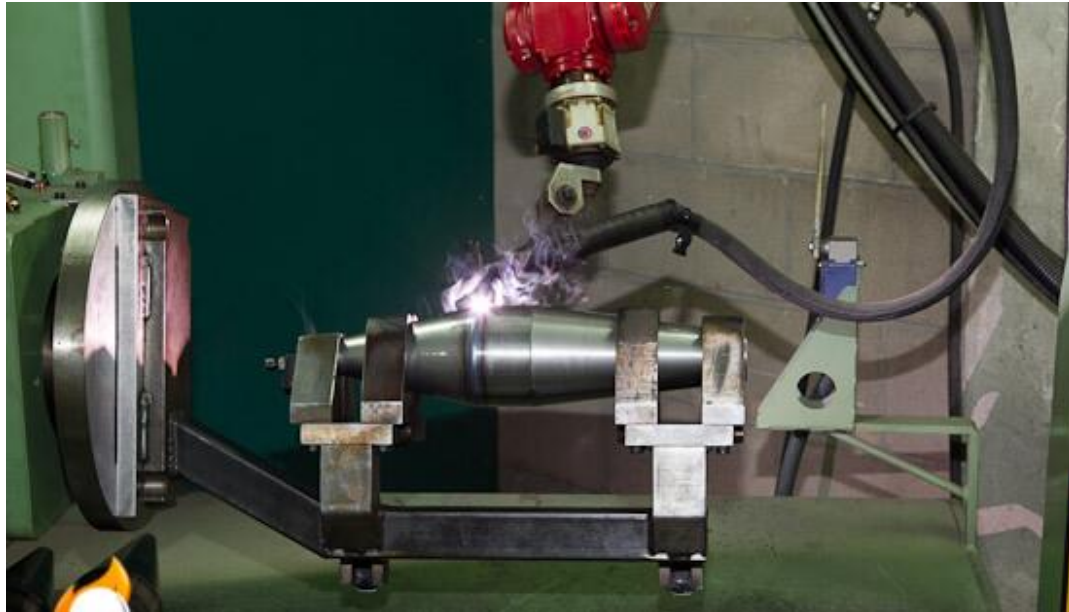
*27.-Brazo de suspensión fabricado por BENTELER*

A continuación vemos una celda de soldadura de BENTELER en donde se fabrican piezas como la arriba mostrada. Vemos que se tiene una mesa de soldadura con mordazas que permiten presentar la pieza para sujetarla con precisión a la hora de soldarla.



*28.-Celda de soldadura de brazos de suspensión en BENTELER*

En España hay muchos fabricantes de coches y de componentes auxiliares de automoción que usan robots de soldadura, pero también existen numerosos fabricantes de motocicletas y componentes de moto. Por ejemplo, en la fabricación de tubos de escape para motocicletas de 2 tiempos, las empresas Tecniga o Yasuni utilizan robots de soldadura.



29.-Robot soldando tubo de escape YASUNI para motores 2T

Fabricantes de motocicletas también utilizan robots de soldadura para fabricar los conjuntos de chasis y subchasis de la moto. Es el caso de la empresa ByeBike que fabrica motocicletas en Barcelona. A continuación vemos un vídeo de un robot Yaskawa simulando la soldadura del chasis de una moto ByeBike. Cabe destacar que este vídeo lo grabamos en la feria industrial de Bilbao los días 7 y 8 de Junio.

<https://www.youtube.com/watch?v=AKLxGrbS51A>



30.-Video robot soldadura Feria BILBAO



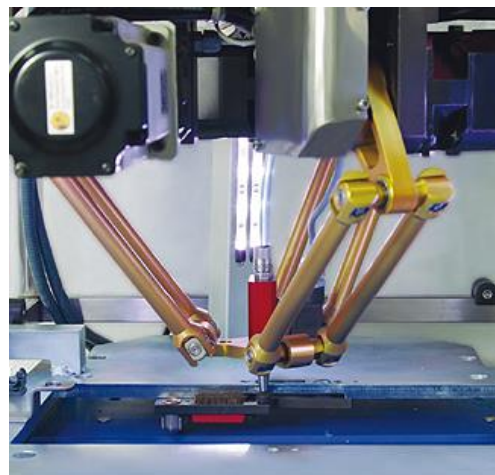
- Programadores de robots. Existen empresas especializadas en programación de robots. Son subcontratados por integradores que no tienen departamento propio de programación. Además son contratados por el cliente final (fábricas) cuando se quieren hacer cambios de programación en líneas existentes (adaptar la línea a un nuevo modelo de vehículo, por ejemplo). Respecto a la soldadura, las empresas especializadas en programación de robots de soldadura, suelen estar colindantes a las fábricas de coches. Una factoría de automoción genera mucha industria auxiliar a su alrededor. Es el caso de ROPTEX S.L. que se encuentra en Valencia. Programan los robots de soldadura de la factoría Ford de Almussafes. Otra empresa de programación con relevancia a nivel nacional es IT8 Software Engineering.

Ahora vamos a estudiar la segmentación del mercado en la Región de Murcia. Esto es de interés para este trabajo pues al autor le interesa conocer todas las empresas cercanas que trabajan con robots, de cara a su futuro laboral.

En Murcia existen tanto fabricantes, integradores, como programadores de robots.

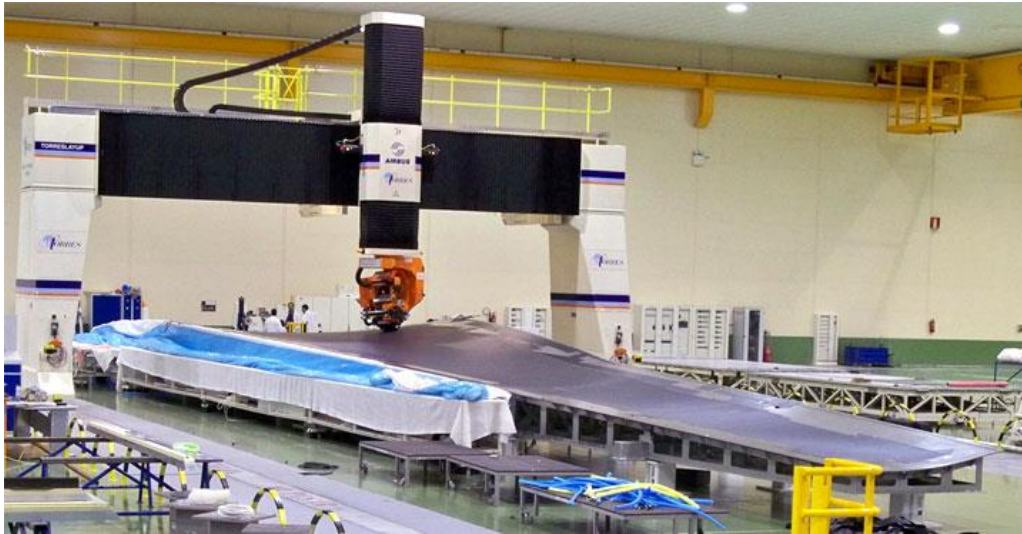
Un ejemplo de fabricante de robots de la Región es MATRIRUIZ S.L. Esta empresa ha diseñado desde cero y fabrica un robot de cinemática paralela tipo delta, específico para operaciones de engomado en tapas de conserva. Han realizado un trabajo de I+D en implementar los cálculos de cinemática para que el controlador pueda posicionar el cabezal según la geometría de la tapa a engomar. Además fabrican ellos mismos todas las piezas que componen el robot.

Este robot ha supuesto una revolución en el sector de engomado porque se puede adaptar a líneas existentes con una inversión mínima. Hasta ahora, el mercado del engomado de tapas estaba dominado por otra empresa Murciana; Industrias Peñalver S.L, que domina el sector “*can end machinery*” (finales de línea para industria de envases) y tenía un sistema basado en sincronización mecánica. El sistema basado en robot delta le está haciendo sombra al sistema convencional, así queda plasmada la eficacia de los robots y la importancia que tienen para aumentar la competitividad.



31.- Robot diseñado y fabricado por MATRIRUIZ en MURCIA

Otro fabricante de robots que está afincado en Murcia es MTORRES. Esta empresa diseña y fabrica máquinas principalmente para el laminado en fibra de carbono en la industria aeronáutica.



32.-Robot de Mtorres para laminado de perfiles alares en carbono

Respecto a los integradores de robots, los principales de la Región son INEMUR S.L, AUTOREMA S.L. y SMARLOGY S.A. Cabe destacar que el gerente de SMARLOGY es docente de la UPCT. Otro integrador importante es EDS ALIMENTACION S.L, que es de Alicante pero tiene muchos clientes en Murcia. Todas estas empresas diseñan y ensamblan líneas en donde integran brazos antropomórficos comerciales.



33.-Paletizador de INEMUR en LINASA

Estas empresas son proveedores de las principales fábricas de la Región como:

- LINASA. Sector químico. Elabora detergentes para supermercados como Dia, Alcampo o Carrefour. Los robots que tienen hacen operaciones de paletizado de botellas de detergentes.
- FRANCISCO ARAGON. Sector químico. Es interproveedor (proveedor en exclusiva) de MERCADONA, elaborando insecticidas. Los robots que tienen hacen paletizado de producto terminado.
- AUXILIAR CONSERVERA. Sector alimentación. Elabora envases de conserva para las principales marcas como olivas La Española. Los robots que tienen hacen paletizado de envases.
- GRIFOLS. Sector químico. Elabora bolsas de suero intravenoso. Los robots que tienen son paletizadores y manipulan bolsas para enectarlas en autoclaves de esterilización.
- TANA. Sector alimentación. Suministran a supermercados cajas de cítricos. Los robots que tienen paletizan cajas.
- PERICHAN. Sector alimentación. Suministran a Mercadona cajas de tomates. Los robots que tienen paletizan capas completas de cajas de hortalizas.



*34.-Robot paletizador en Perichan*

Como vemos las fábricas de la Región que integran robots son principalmente de los sectores alimentación. Así la principal actividad de los integradores de robots de la Región es en este sector. No existen integradores de robots de soldadura en la Región de Murcia.

Ahora vamos con las empresas programadoras de robots. Estas empresas están especializadas únicamente en la programación. Sus clientes son los propios integradores que subcontratan la programación y fabricas que quieren modificar la programación de robots existentes. En Murcia la empresa de programación más relevante es Binarii <http://binarii.es/>. Binarii está especializada en programar todo tipo de maquinaria industrial, desde PLC's, HMI's hasta robots. Son expertos en todas las marcas y tipologías de robots, sobre todo en paletizado. Tienen amplia experiencia en ABB, FANUC, KUKA, MOTOMAN, YASKAWA... <http://binarii.es/>

La conclusión más relevante de este análisis de mercado es que la tipología de robótica que predomina en la Región es el paletizado.

Queda reflejado que no existen integradores de robots de soldadura en la Región. El autor quiere orientar su futuro laboral en la robótica de soldadura así que ya hemos visto que Murcia no es el mejor sitio para empezar en la soldadura robotizada porque no existen integradores especializados en este sector.

Aunque como ya hemos visto, los robots de paletizado y soldadura son prácticamente iguales, lo único que cambia es la herramienta que le acoplamos al TCP. Por lo tanto si se aprende a programar robots de paletizado se tendrá una buena base para programar robots de soldadura. Así que no es mala idea empezar en las empresas locales para aprender a programar, aunque sea paletizado y luego dar el salto a la robótica de soldadura.

### **1.2.3. Perfil profesional demandado.**

Para terminar este análisis del mercado de la robótica industrial se va a exponer el perfil profesional que se demanda actualmente en el sector. Esto es de utilidad para el autor, que como recién titulado quiere incorporarse en este sector y necesita saber qué cualidades profesionales se demandan.

A continuación vemos una oferta de trabajo actual con fecha Abril de 2017, de programador de robots de soldadura. La empresa que lanza la oferta es ROPTEX, de Valencia. Están especializados en robótica de soldadura para automoción.

Vemos que las cualidades que hay que tener para ser programador de robots en plantas de automoción, a parte de tener cierta experiencia programando son: idiomas (inglés y alemán), disponibilidad para viajar, capacidad de trabajo en equipo y capacidad de trabajo bajo presión. En definitiva no sólo hay que tener cualidades técnicas sino también transversales.





Roptex es una ingeniería en automatización industrial que trabaja a nivel mundial en las principales plantas automovilísticas del mundo, especializada en la programación de PLC y robots industriales.

Selecciona **Programadores/as de robots KUKA, ABB, FANUC, COMAU para proyectos en plantas de automoción en Europa.**

**Perfil/Requerimientos:**

- Ingenierías Industrial, Electrónica Industrial y Automática, Electrónica, Eléctrica, Informática, Telecomunicaciones,.../FP Automatización y Robótica Industrial
- Experiencia en Programación de robots (ABB, KUKA, FANUC, COMAU, ...) con conocimiento de estándares de programación de plantas de automoción (VASS, DCP, Global 3, ...)
- Idiomas: nivel alto de inglés/nivel alto de alemán.
- Disponibilidad geográfica europea para cambio de residencia temporal
- Carnet de conducir
- Habilidades personales: Persona responsable, dinámica, trabajadora, resolutiva, con capacidad de trabajar en equipo y bajo presión.
- Motivación por trabajar en el sector de la automoción como Programador/a de Robot Industrial.

**Ofrece:**

- Estabilidad profesional: contratación indefinida a jornada completa.
- Carrera profesional
- Salario según experiencia del candidato +alojamiento+ gastos derivados del desplazamiento
- Plan de formación continua en la empresa.
- Oportunidad laboral de trabajar en el sector de la automoción a nivel nacional e internacional

**Contacto:**

- Si quieres formar parte de Roptex, envía tu curriculum y la solicitud de empleo de Roptex a la siguiente dirección de correo electrónico: [rrhh@roptex.com](mailto:rrhh@roptex.com)
- Página web de la empresa: <http://www.roptex.com/>



35.-Oferta de trabajo para programación de robots de soldadura



## 2. Proceso de soldadura MIG/MAG

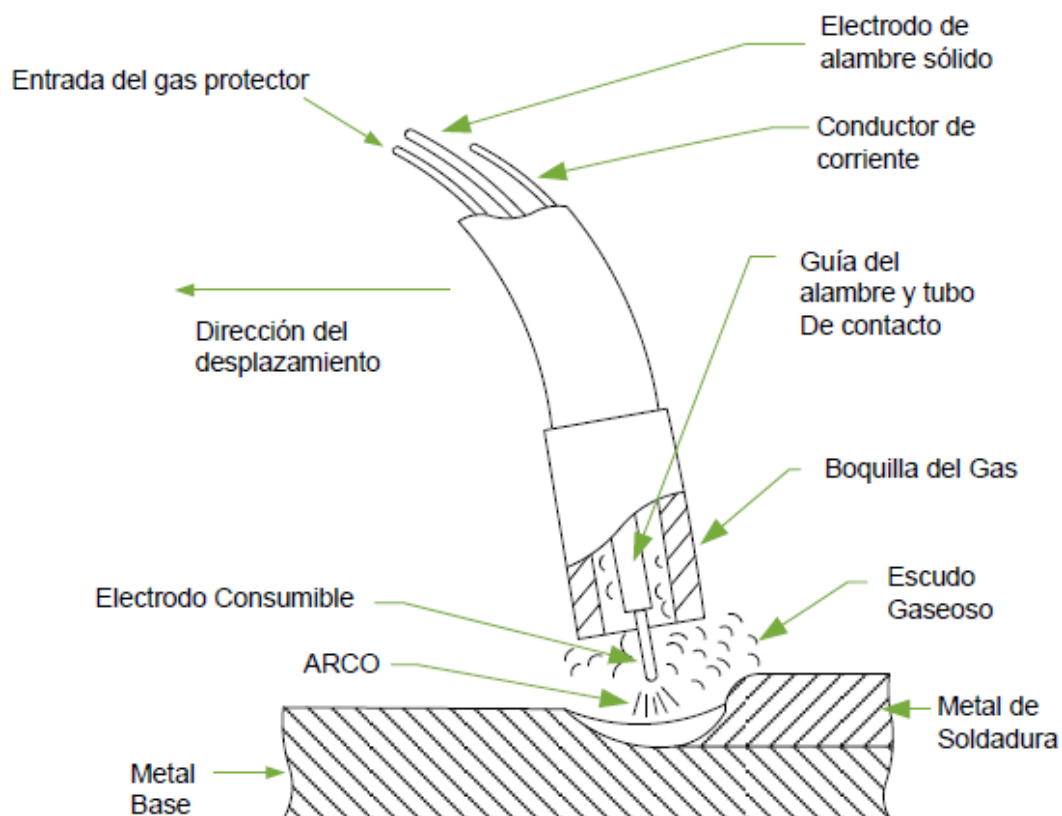
La soldadura MIG/MAG, también llamada GMAW es un método de soldadura por fusión mediante arco protegido con gas. El material de aporte es tubular, en hilo, y también hace la función de electrodo.

Cuando el gas protector es un gas inerte (helio o argón) hablamos de soldadura MIG. Cuando el gas protector es CO<sub>2</sub> hablamos de soldadura MAG. El uso de gases de protección es necesario para evitar la contaminación del cordón de soldadura por gases atmosféricos.

### 2.1. Principio de funcionamiento y aplicaciones

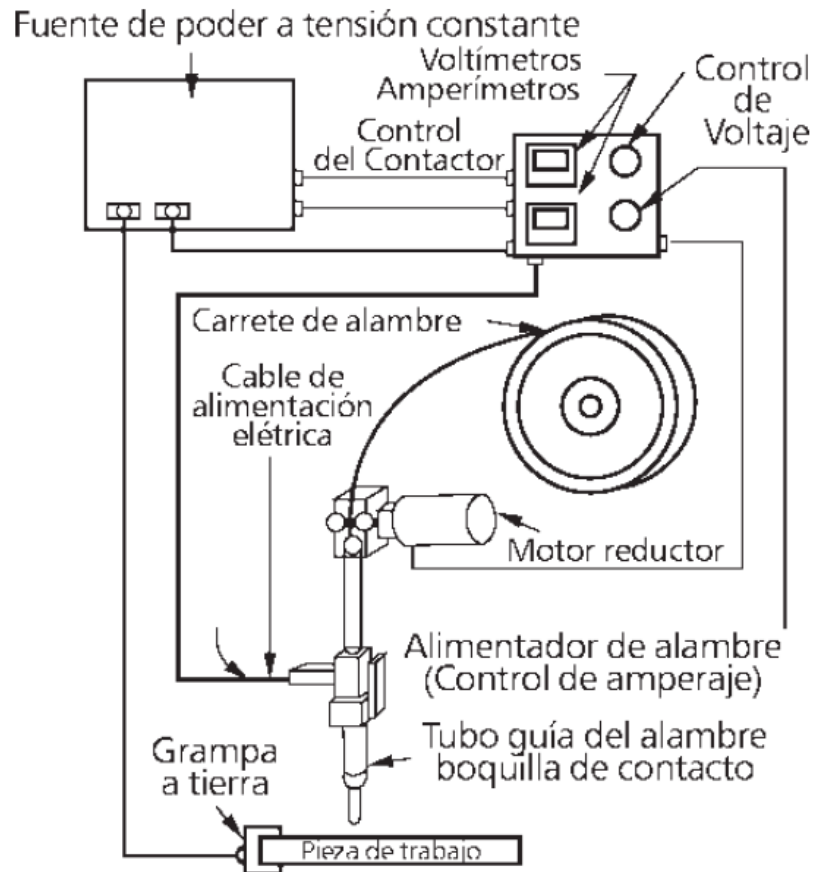
El proceso MIG/MAG se basa en alimentar un hilo hacia la pieza a soldar de manera que se genere un arco eléctrico constante para generar una fusión controlada. El hilo se funde junto con los bordes de la pieza a soldar. Este material de aporte es arrastrado por una polea dentada hacia la antorcha. El gas es conducido por un conducto para ser suministrado por la tobera de la pistola de manera concéntrica al hilo.

En la siguiente imagen vemos la antorcha de soldadura. Se observa cómo el material de aporte (hilo) se conduce junto con el gas hacia la tobera de salida.



36.-Antorcha de soldadura MIG/MAG

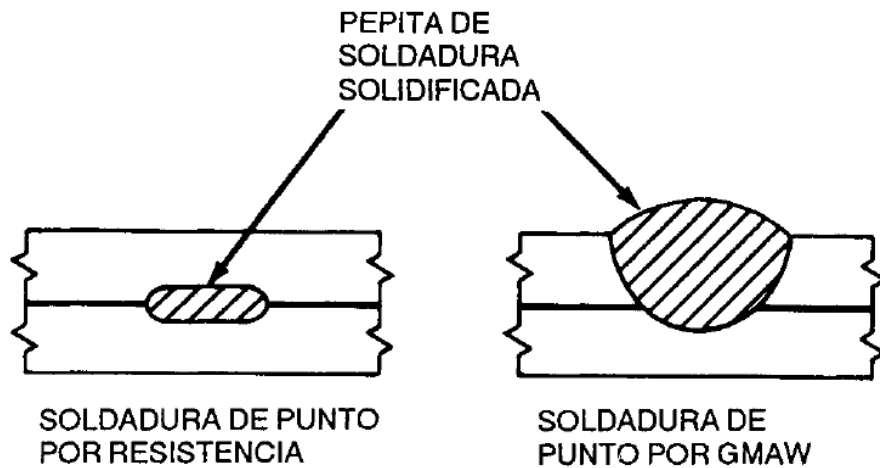
En la siguiente imagen vemos un esquema de concepto de una máquina de soldadura MIG/MAG. Vemos que básicamente se trata de una fuente de alimentación controlada a tensión constante, y un motor que arrastra el material de aporte/electrodo hacia la boquilla.



37.-Esquema de concepto de la máquina soldadora MIG/MAG

Este proceso de soldadura está muy extendido a nivel industrial, esto es debido a las numerosas ventajas que tiene frente a otros procesos. A continuación se enumeran las principales ventajas:

- Puede soldar todo tipo de metales, incluso los inestables y de bajo punto de fusión; como el aluminio.
- Versátil. Admite todo tipo de espesores y diferentes modos de soldadura. No sólo puede soldar mediante cordones continuos sino también por puntos. En la soldadura por puntos compite con la técnica de fusión por resistencia. A diferencia de la soldadura por resistencia, que requiere el acceso a las dos caras de la pieza para realizar la unión, el MIG/MAG realiza el punteo accediendo sólo a un lado de la unión. Por lo que es de gran utilidad para carrocerías de geometría compleja.



38.-Unión de chapa por puntos: Resistencia vs MIG/MAG

- Material de aporte continuo. Esto permite tirar cordones largos sin defectos y ahorrar tiempo porque no hay demoras debidas al cambio de electrodo. No produce pérdidas de tiempo por preparación de máquina por lo que está orientado al Lean Manufacturing y 5S, tan implantado en la industria del automóvil.
- Fácilmente automatizable. La antorcha se puede instalar fácilmente en un robot, el suministro de gas se puede controlar con una electroválvula, y la activación del arco se puede comandar también de manera automática.

En resumen, la soldadura MIG/MAG se caracteriza por ser versátil y de alta productividad.

Por todos estos motivos, la soldadura MIG/MAG es mayoritaria en la industria del automóvil. Una misma estación de soldadura, en fábrica la pueden adaptar para soldar por puntos una chapa de carrocería en acero, o soldar por cordón lineal un subchasis frontal de aluminio, o soldar por cordón circular un tubo de escape en acero inoxidable.

Además los tiempos de preparación cortos están enfocados con la filosofía 5S implantada en las fábricas de automoción.

## **2.2. MIG/MAG Robotizado.**

Una línea de soldadura MIG/MAG robotizada consiste en un brazo antropomórfico al que se le ha acoplado una antorcha de soldar. Existen varias maneras de conseguir esta configuración; utilizar un brazo específico de soldadura, o utilizar un brazo estándar y acoplarle una máquina MIG/MAG.

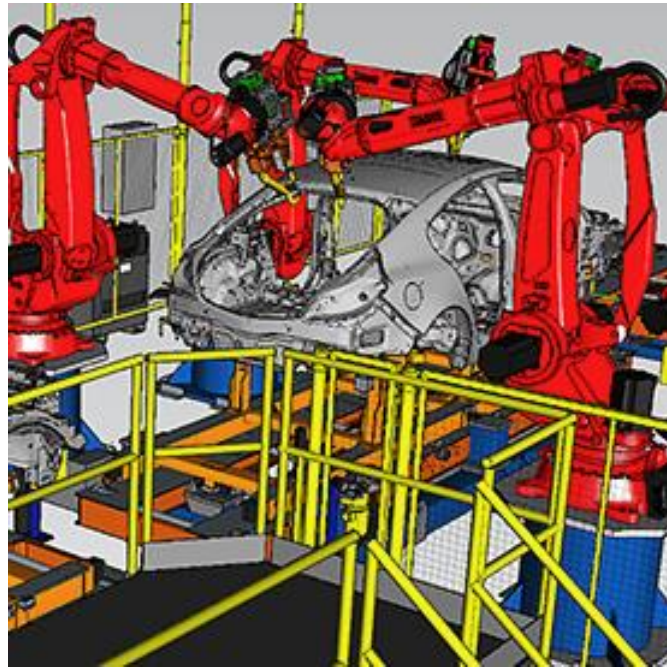
Todos los fabricantes de robots tienen en su catálogo brazos específicos de soldadura. En la siguiente imagen vemos un ABB IRB 2600ID que es específico para este tipo de operaciones.



*39.-Robot específico de soldadura, IRB2600ID*

La ventaja que tienen estos robots específicos es que están diseñados concretamente para soldadura, no tienen una cadena cinemática preparada para coger objetos pesados por lo que consiguen mayor producción al ser más ligeros y poder desplazarse más rápido. Tienen eslabones de mayor longitud que hacen que el área de trabajo aumente, permitiendo soldaduras de difícil acceso en carrocerías complejas.

En la siguiente imagen vemos una carrocería donde el acceso es complicado dada su geometría, en este caso es imprescindible el uso de robots específicos de soldadura.



*40.-Soldadura de difícil acceso, usando robots específicos*

Estos robots además tienen menos inercias por lo que consumen menos energía.

Además estos robots vienen ya preparados para insertar los tubos de gas, material de aporte y activación de antorcha, por lo que el cableado se reduce y la vida útil de las mangueras aumenta, evitando tiempos de parada por rotura de cables.

En definitiva, usar un robot específico de soldadura se traduce en mayor fiabilidad y producción por lo que es más rentable.

La desventaja que tienen es que no se pueden adaptar para realizar otro tipo de aplicaciones porque no soportan cargas para desplazar objetos.

Este tipo de soluciones específicas se instalan en grandes fábricas que requieren alta producción y rentabilidad; como una línea de soldadura de carrocería de una marca de coches.

La otra opción para tener un robot de soldadura es usar un brazo estándar y acoplarle una antorcha de soldar. Existen máquinas de soldadura específicas para automatizar en donde todo el control como la activación del gas y del arco se realiza por comunicaciones como profinet, devicenet o Ethernet/IP.

La ventaja de esta solución es que el robot se puede usar en otro tipo de aplicaciones. Si se cambia el layout de la planta se podrían usar estos robots en otras aplicaciones, como acoplarle una mano para manipular objetos, etc. Por eso las empresas pequeñas suelen usar esta opción. Las empresas auxiliares de automoción que son externas a las marcas grandes suelen adoptar soluciones más modulares y los robots sí que pueden ser estándar con un acople a soldadura.

La desventaja de optar por esta solución es que es menos eficiente tanto energéticamente como en producción.

A continuación vemos una máquina de soldar SELCO acoplada a un robot estándar Motoman.



41.-Máquina de soldar SELCO adaptada a robot MOTOMAN

Selco es un fabricante que tiene gran presencia en el mundo de la soldadura y tiene equipos específicos para acoplarse a robots. Estos equipos se pueden comandar con multitud de protocolos.

Ahora se van a detallar todos los equipos que hay que instalar en un robot para adaptarlo a soldadura:

1. Fuente de alimentación. Genera la corriente del arco eléctrico, empuja el hilo y controla la electroválvula del gas.
2. Refrigerador. Se trata de un dispositivo que refrigera por aire o por agua la antorcha. Es necesario pues las soldaduras robotizadas son largas y producen gran calentamiento.
3. Antorcha. Se acopla en la herramienta del robot y es el efector por donde sale el hilo y se provoca el arco.
4. Interfaz máquina-robot. Este controlador se instala en el armario del robot y actúa de intermediario entre el robot y la máquina de soldar. A través de este controlador el robot puede comandar la máquina de soldar.



En la siguiente imagen vemos todos estos equipos integrados en el robot. Observamos la máquina en sí (1), el refrigerador que va en el codo del robot (2), la antorcha (3) y la interfaz que va en el armario del robot (4).

Cómo curiosidad comentar que observamos que en la siguiente imagen el hilo de aporte va por fuera de la antorcha, por lo que se trata de una soldadura TIG.

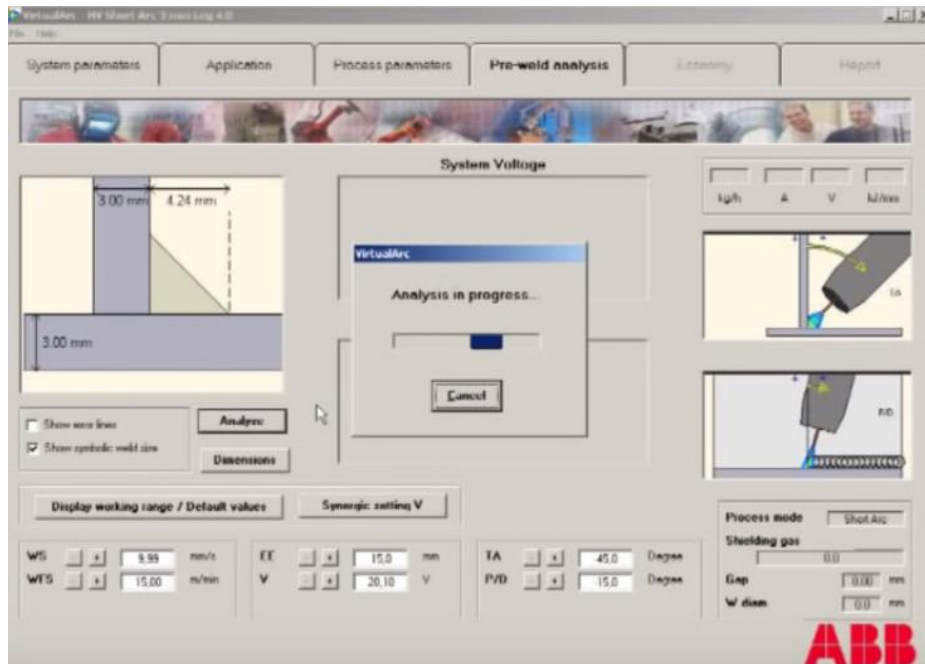


42.-Acople de máquina de soldar a robot

Respecto a la programación de soldaduras, hay dos formas de hacerlo. La manera tradicional es picando código y haciendo movimientos punto a punto para generar la trayectoria que queremos soldar, e ir activando salidas para encender el arco eléctrico y suministrar el gas.

O bien se pueden usar paquetes de software específicos de soldadura que los vende el propio fabricante del robot y en donde el proceso consiste más en una configuración que en una programación de código. Se trata de un software específico para soldadura donde

el proceso de programación es más sencillo. En el caso de ABB este paquete se llama Arc Welding PowerPac. Si escogemos esta opción prácticamente no tenemos que programar; se trata más de un proceso de configuración en donde especificamos los parámetros de soldadura y el tipo de unión tal y como vemos en la siguiente imagen.



43.-Paquete de software de soldadura

ABB dispone de muchos paquetes adicionales para todo tipo de aplicaciones, por ejemplo para pick&place y manipulado de objetos dispone del paquete "Pick Master" en donde se integra el robot con una máquina de visión artificial que le manda al controlador las coordenadas del objeto que tiene que manipular.

Esto paquetes ahorran muchas horas de programación y facilitan la puesta en marcha, pero tienen un coste adicional.

En este TFG la programación se ha hecho de manera convencional, picando código como veremos más adelante.

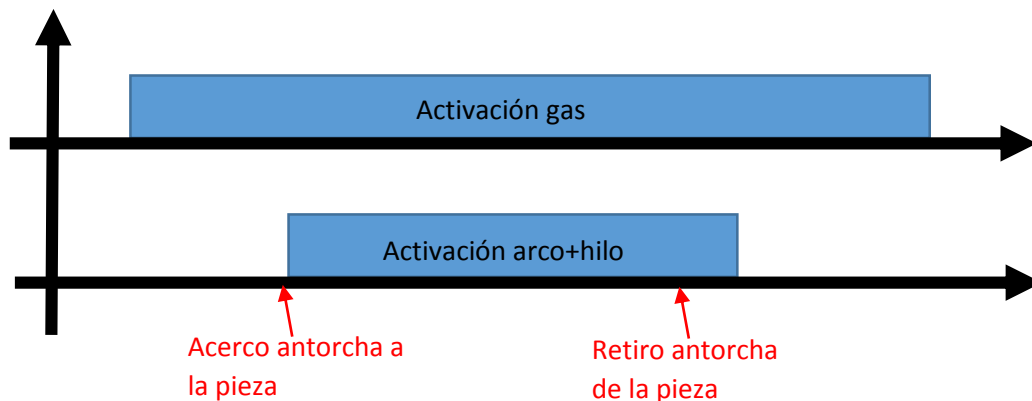
Cuando se programa la soldadura hay que tener en cuenta ciertos aspectos que ayudan a que la unión sea más efectiva. Digamos que hay que saber soldar manualmente para poder automatizarla. Hay que conocer toda la secuencia de acciones que realiza un operario cuando suelda de manera manual para poder reflejar ese proceso en el robot con la programación. Al fin y al cabo la soldadura consiste en un conjunto de posiciones de soldeo a determinada velocidad de avance y siguiendo una secuencia de activación y desactivación del arco y del gas.

En primer lugar cuando realizamos una soldadura manual es poner el equipo en posición de soldeo: abrir válvula de la botella de gas, encender el equipo, configurar parámetros eléctricos y conectar masa a la bancada. Esto en la soldadura robotizada se traduce en insertar una secuencia en el programa que al inicio abra una electroválvula de la botella de gas, envíe por comunicaciones al equipo los parámetros de la soldadura (voltaje, avance del hilo, etc) y conecte la masa a la bancada (mediante un accionamiento lineal que enganche una pinza a masa, por ejemplo).



También hay que tener en cuenta algunos trucos que usan los soldadores y tenemos que replicar en la programación. Como por ejemplo iniciar el gas antes de iniciar el arco, y soltar el gas después que el arco, porque el flujo de gas tarda unos ms en llenar todo el conducto y llegar a la boquilla; la protección tarda unos ms en ser efectiva. Como curiosidad, en la soldadura manual este proceso se conoce 4t (4 tiempos), porque al pulsar la primera vez activamos el gas, al soltar sale el hilo y pasa corriente, al volver a apretar se corta el hilo y el arco eléctrico, y al soltar se corta el gas.

A continuación vemos el timing de desfase que tenemos que conseguir entre arco/hilo y gas:



Otro truco que hacen los soldadores profesionales y debemos contemplar en la programación es terminar el soldeo alejando la antorcha sin desactivar el arco, para que no se quede pegado el hilo a la pieza. Porque si desactivamos el arco antes de alejar la antorcha, el hilo se puede quedar pegado en la chapa. Y esto puede suponer un golpe brusco para el robot cuando la antorcha se aleja, con el consiguiente desgaste, descalibración y pérdida de tiempo en mantenimiento.

### 3. Estación de soldadura propuesta

#### 3.1. Contexto real y explicación de la necesidad

En este apartado vamos a explicar la necesidad de la aplicación. Vamos a imaginarnos una serie de requisitos que debe tener la línea para deducir posteriormente las características de los equipos a incorporar.

Imaginaremos que tenemos la necesidad de hacer una planta de producción compuesta por una línea de soldadura de carrocería BIW y por otro lado de una línea de soldadura de componentes auxiliares de automoción. Así completamos todas las aplicaciones típicas de soldadura en automoción: chapa (de carrocería) y piezas macizas (de componentes auxiliares).

Es decir, por un lado tenemos la línea de soldadura de la carrocería BIW que es la principal de este trabajo. Y por otro lado tenemos una línea de soldadura de componentes auxiliares; en este caso se tratará de la soldadura del disco exterior de volantes de inercia de embrague bimasa.

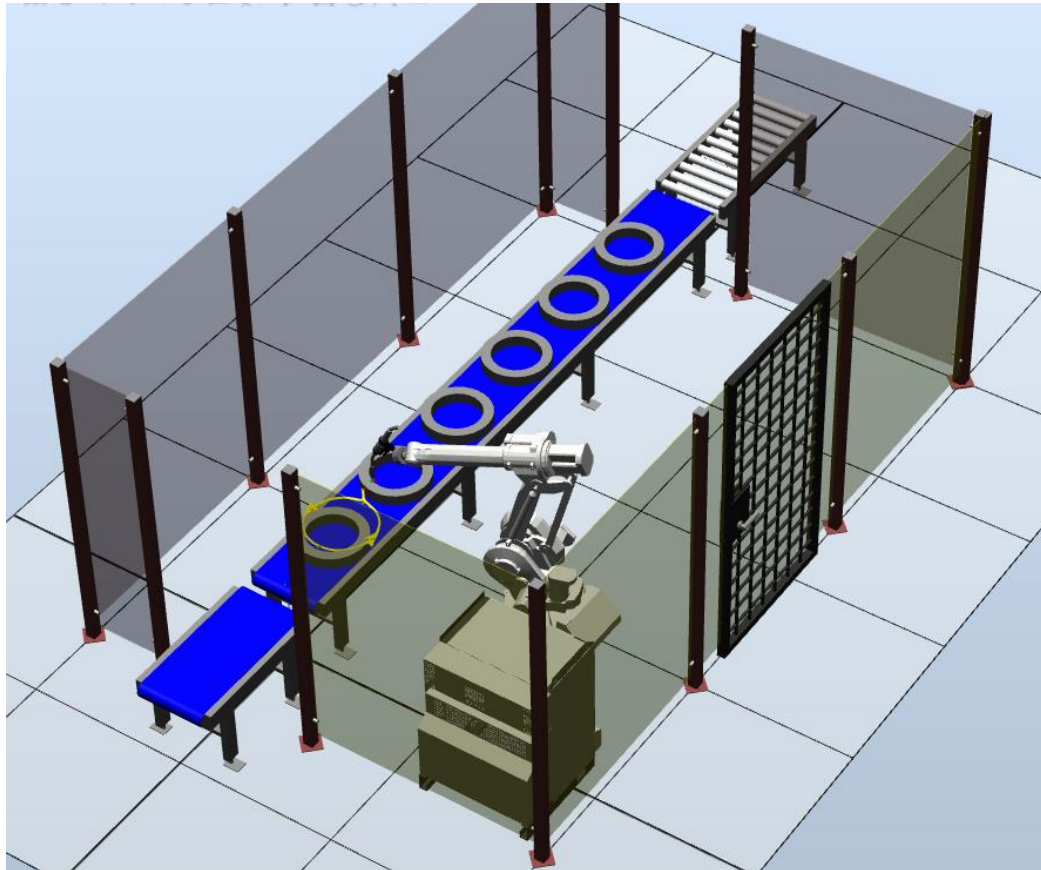


*44.-Volante de inercia bimasa*

Es decir, en este TFG, aparte de soldar chapa en un proceso de ensamblaje de carrocería, tendremos una línea de soldadura en un proceso de fabricación de embragues.

Realmente el objetivo de este TFG se centraba sólo en soldadura de carrocería, pero se ha querido integrar una línea adicional de soldadura de componentes (en este caso embragues) porque agrega características muy interesantes a este TFG. Como por ejemplo el “conveyor tracking”, que es el seguimiento de la cinta transportadora, para poder soldar sin que la línea se detenga. El robot de esta línea va a soldar siguiendo la pieza para que la línea no haga interrupciones. Este seguimiento de la línea para soldar con las piezas en movimiento no se puede hacer en carrocería, principalmente por temas de dimensiones, además al ser cordones largos la velocidad es más lenta por lo que no renta hacer “conveyor tracking”. Es por eso que se ha implementado la línea de soldadura de embragues para poder aplicar este sistema de movimiento.

Son numerosas las ventajas de soldar la pieza “al vuelo”, sin que se pare la cinta transportadora. Se gana en volumen de producción de manera directa porque somos capaces de soldar más piezas al minuto. Pero también ganamos producción de manera indirecta, pues se reducen los tiempos de parada por mantenimiento, ocasionados por el desgaste que supone los arranques-parada de la cinta transportadora.



45.-Celda de soldadura de embragues propuesta

Este aumento de producción y disminución de tiempos de parada concuerda con las filosofías japonesas de **Lean Manufacturing** y **5S** tan implantadas en la industria del automóvil.

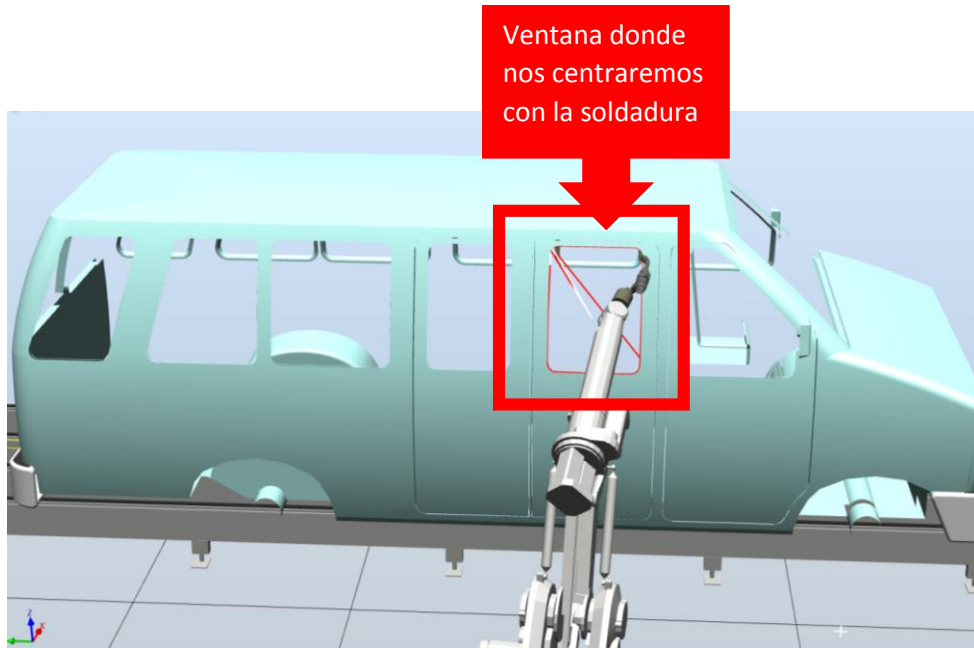
Ahora vamos a establecer los requisitos de las líneas. En primer lugar vamos a especificar el dato de la cadencia, es decir, el requisito de piezas por minuto. Para que el requisito sea lo más real posible, se ha buscado la cadencia de una fábrica real de automoción. En la fábrica de SEAT en Martorell, según el siguiente artículo se fabrican 2000 coches al día: <http://www.autobild.es/noticias/2000-coches-salen-cada-dia-fabrica-seat-martorell-237773>

En este TFG se va a asumir que nuestras líneas de soldadura estarán trabajando en una fábrica con una demanda de 2000 coches al día, por lo que nuestra solución debe ser capaz de garantizar esa cadencia para no suponer un cuello de botella en el proceso.

De la fábrica de SEAT salen 2000 coches al día, que se reparte en 4 modelos diferentes: Ibiza, León, Altea y Audi Q3. Vamos a asumir que la demanda de todos los modelos es uniforme aunque no sea realmente así, pero para hacer una aproximación nos sirve; esto supone 500 coches al día de cada modelo. Nuestra línea va a soldar carrocería de un único modelo por lo que deberemos asegurar una cadencia de 500 al día en esta línea.

Ya tenemos la cadencia de la soldadura de la carrocería. Esta línea pertenecería digamos a la multinacional de coches (SEAT por ejemplo) en donde se ensamblan los coches.

Vamos a centrarnos en la soldadura de la ventana central que se muestra a continuación. Podríamos plantear la soldadura de la carrocería completa pero carece de interés pues no habría tiempo para programar la línea de embragues. **Se ha preferido que la línea de soldadura de carrocería sea más simple y sólo soldemos una ventana en lugar de todas.** Para así poder programar la línea de embragues y aprender más cosas como el “conveyor tracking”. Y poder profundizar en otras cosas cómo la programación del PLC, los equipos, sistemas de seguridad...

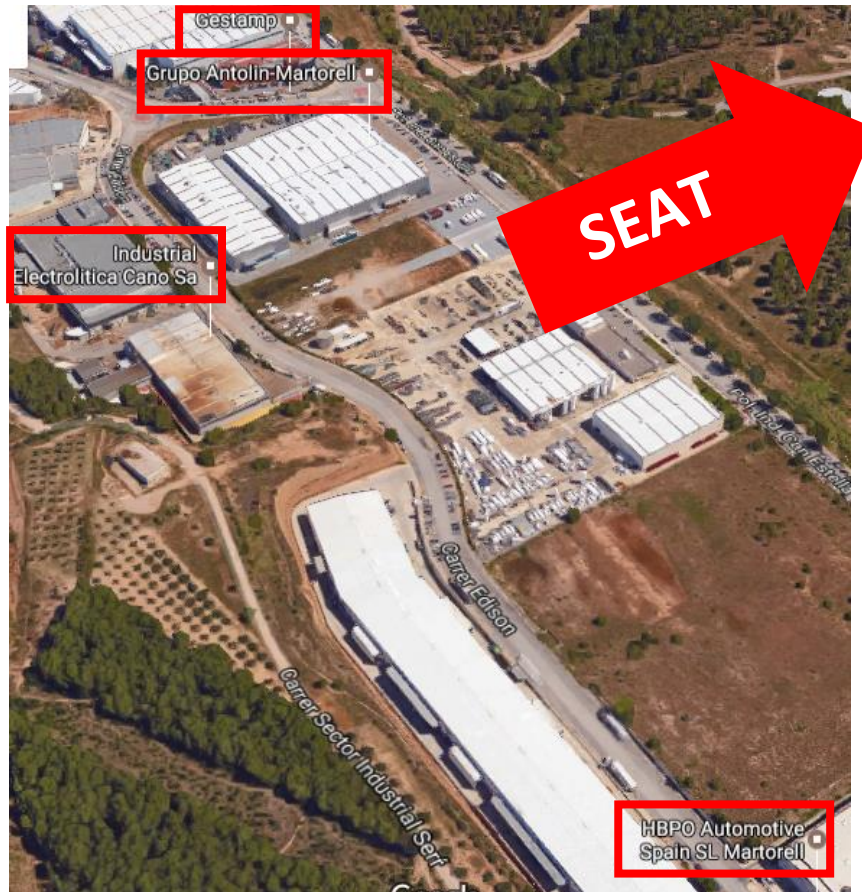


46.-Celda de soldadura de carrocería propuesta

Ahora vamos con la línea de soldadura de piezas de embrague. Esta línea pertenecería a una empresa auxiliar que fabrica componentes (en este caso embragues) para la marca principal (SEAT por ejemplo). Esta empresa externa se encuentra en el mismo recinto que la línea de ensamblaje, para reducir costes de transporte. Es usual que haya un mini polígono industrial alrededor de la línea de ensamblaje, en donde se encuentran los proveedores externos de componentes.

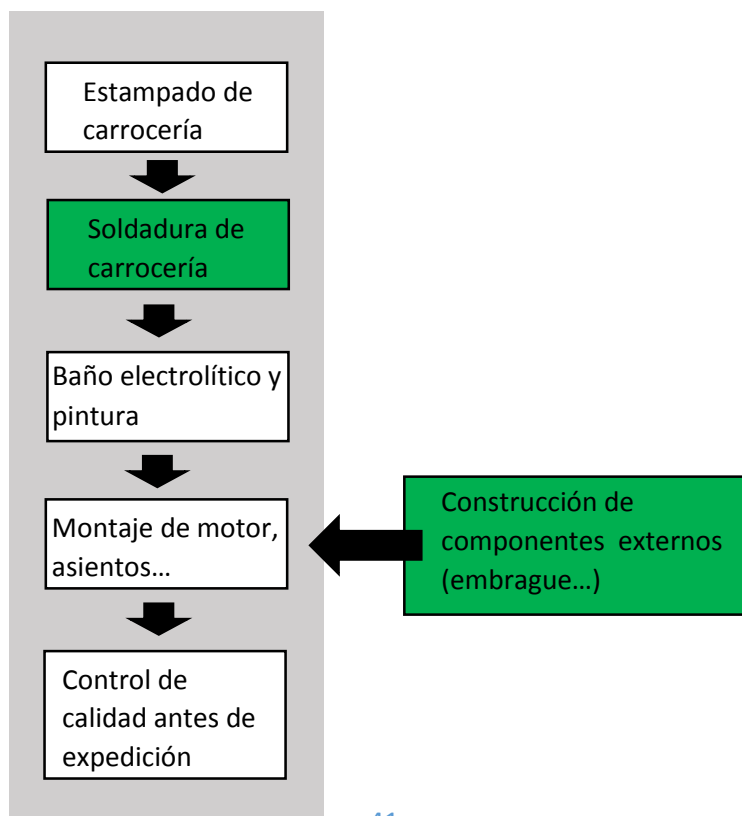
A continuación vemos una captura de pantalla del polígono anexo a la fábrica de SEAT de Martorell. Vemos cómo está repleto de empresas de componentes auxiliares de automoción que suministran a SEAT. Observamos Gestamp (fabricación de componentes metálicos estructurales), Grupo Antolín (fabricación de techos, salpicaderos...), Industrial Cano (tratamientos superficiales), HBPO (fabricación de frontales y parachoques).

Esto es interesante comentarlo para dotarle de realismo a este TFG.



47.-Localización estratégica de proveedores de SEAT

A continuación vemos todo el proceso de fabricación. Resaltamos en verde las partes en las que estamos involucrados. Se observa el flujo de material tan buscado por la filosofía de organización Lean Manufacturing.





Vamos a asumir que este embrague es usado por los 4 modelos que se ensamblan en esta fábrica imaginaria. Es usual que diferentes modelos de coche compartan piezas en común para ahorrar costes. Por lo que la cadencia de la línea de soldadura de embragues debe ser capaz de cubrir 2000 unidades al día.

Una vez tenemos definidos los requisitos de números de producción, vamos a especificar otros requisitos. Para dotar a este TFG de una perspectiva un poco más real, vamos a imaginar que se nos exige un requisito en el que la línea de producción de embragues lleve un robot usado de segunda mano. Como ya sabemos estas piezas auxiliares (embragues, sistemas de freno...) las fabrican empresas externas como Valeo, Sachs... que no tienen tantos recursos como la propia marca de coches, por lo que tienen que recurrir a robots de segunda mano. Esto es una realidad, existen multitud de empresas que compran robots usados.

Vamos a asumir que la empresa que fabrica los discos de embrague ha comprado un robot IRB 1400 a precio de saldo en una oportunidad y este es el que debemos usar. Ya hemos comentado anteriormente que las empresas auxiliares de automoción no suelen tener la envergadura de las grandes multinacionales de coches, es por eso que utilizan robots estándar en lugar de específicos de soldadura. Imaginaremos que nuestra empresa de embragues ha comprado el robot IRB-1400 de segunda mano para soldar, pero al ser un robot estándar no específico, lo podrá usar en un futuro para otras operaciones como paletizado, manipulado de piezas, o pintura.


A continuación vemos una imagen de una web que ofrece robots IRB-1400 de segunda mano.

**Used Robots ready for working**


GE-MA srl provides you a wide range of industrial robots, covering most common payload categories and Palletizing Robots, Press-to-Press Robots, Foundry Robots, Cleaning/Spraying Robots, Painting Robots. All Robots will be exactly customized for your application and industry.

Contact us to find the best solution for your business. »


Brand: **ABB**



**ABB IRB 140**  
Handling capacity: 5 kg  
Reach: 810 mm  
Axis: 6  
Robot weight: 98 Kg  
Controller: IRC5



**ABB IRB 1400**  
Handling capacity: 5 kg  
Reach: 1440 mm  
Axis: 6  
Robot weight: 225 Kg  
Controller: S4C



**ABB IRB 2400-16**  
Handling capacity: 16 kg  
Reach: 1500 mm  
Axis: 6  
Robot weight: 380 Kg  
Controller: S4C

GE-MA srl:robot usato ABB-IRB1400

48.-Robot IRB-1400 de soldadura de segunda mano

(Realmente se ha buscado la manera de justificar el uso del IRB1400 en esta línea de fabricación porque es el robot que se dispone en el laboratorio del departamento de automática, por lo que una vez se programe en RobotStudio es fácil llevarlo al robot real y probar el código).

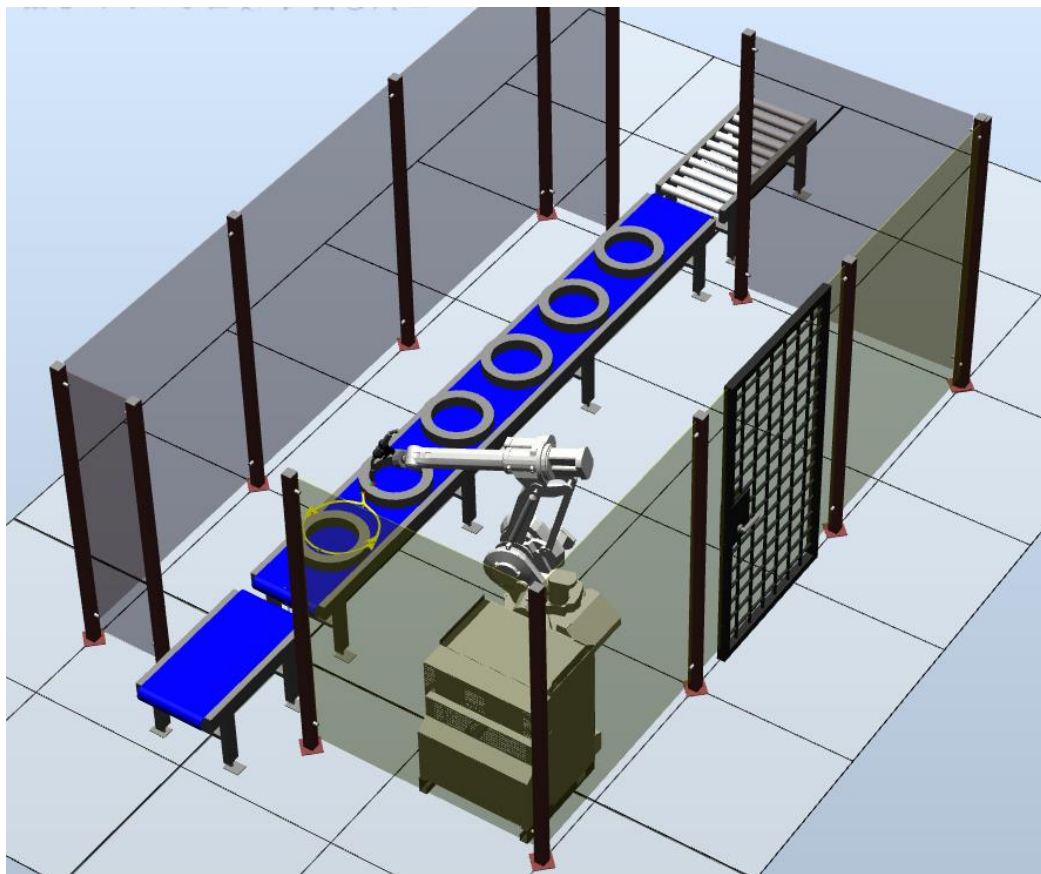
Respecto al tipo de soldadura hay que destacar que no nos centraremos en la soldadura por puntos MIG/MAG, sino que será un cordón continuo MIG/MAG. Asumimos que las piezas vienen ya punteadas y lo que tenemos que hacer es tirar cordones largos.

Resumiendo las características que se nos exigen y debemos cubrir:

REQUISITOS	LÍNEA CARROCERÍA	LÍNEA EMBRAGUES
Cadencia	500/día	2000/día
Modelo robot	Según necesidad	ABB IRB 1400
Tipo de soldadura	Cordón continuo MIG/MAG	Cordón continuo MIG/MAG

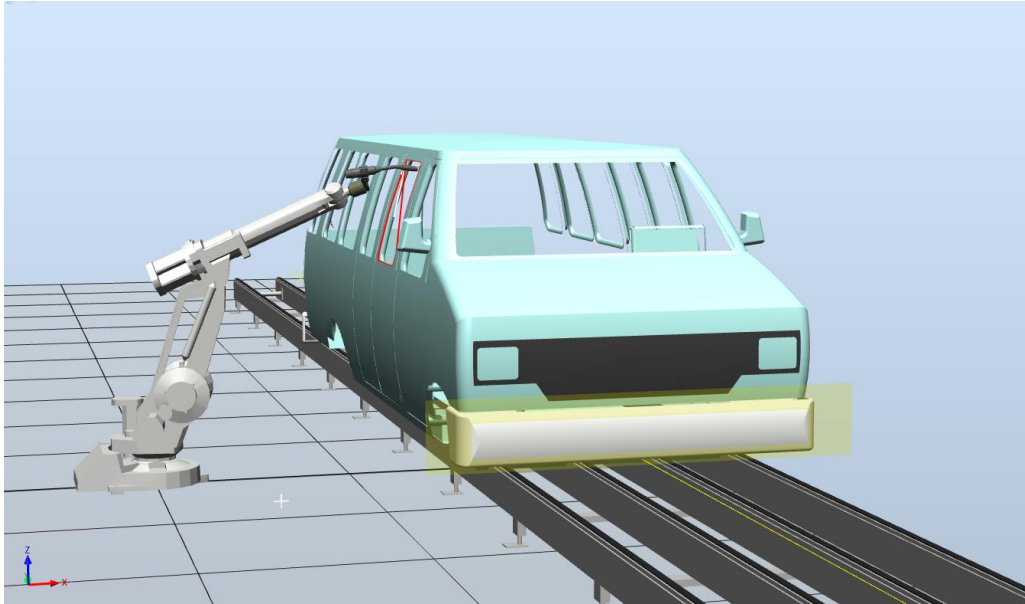
Hay que adelantar que se han cubierto estas demandas sin problemas. Se ha conseguido una cadencia real de 26 piezas/minuto en la línea de embragues, lo que supone cubrir la demanda de 2000 piezas/día en un turno de 8 horas (realmente en 2h se cubren las 2000 piezas). Respecto a la línea de carrocería se ha conseguido una cadencia de 1.5 coches al minuto, lo que supone 720 coches en un turno de 8h por lo que cubrimos la demanda de 500 sin problemas en un turno. Por lo tanto queda tiempo de sobra (16h restantes) para incorporar al proceso los demás robots que soldan el resto de la carrocería que no hemos contemplado.

En resumen, se ha hecho una línea de soldadura de embragues, que cubre la cadencia de 500 al día.



49.- Línea de soldadura de embragues

Y se ha hecho una línea de soldadura de carrocería, en donde sólo soldamos una ventana.



50.-Línea de soldadura de carrocería

Carece de interés académico soldar toda la carrocería. Se podría hacer, pero como lo que se busca en este TFG es aprender lo máximo posible, se prefiere dedicar ese tiempo a aprender otros conceptos. Soldando una ventana ya tenemos un concepto claro de lo que es la soldadura de carrocería, extenderse más en carrocería no supondría aprender más.

### 3.2. Conceptos sobre gestión y dirección de líneas automatizadas

En este apartado se pretende recoger algunas nociones básicas sobre gestión de líneas automatizadas, para intentar que el diseño de la celda esté orientado al requerimiento económico de una fábrica real. Dado que este TFG tiene un enfoque inminentemente práctico y orientado al mundo laboral, el autor ha querido recopilar algunas nociones sobre gestión, para que las líneas de soldadura contemplen esos conceptos y resulte una solución más real.

Para comprender el mundo de la gestión de operaciones el autor ha leído el libro “La Meta” escrita por Eli Goldratt. Este libro es un clásico en el mundo empresarial y ha sido el precursor de muchas técnicas como la gestión de proyectos por cadena crítica.

Como dice Eli Goldratt en su libro de gestión “La Meta”, la cadencia de la línea la marcan los procesos que son cuellos de botella. En donde un cuello de botella es **“un recurso cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él” [3]**. Los cuellos de botella son los procesos más ineficientes y suelen ser los que no están totalmente automatizados, como el montaje final de los componentes por parte de operarios. Por eso **“se hace coincidir la cadencia del cuello de botella con la demanda del mercado” [4]**.

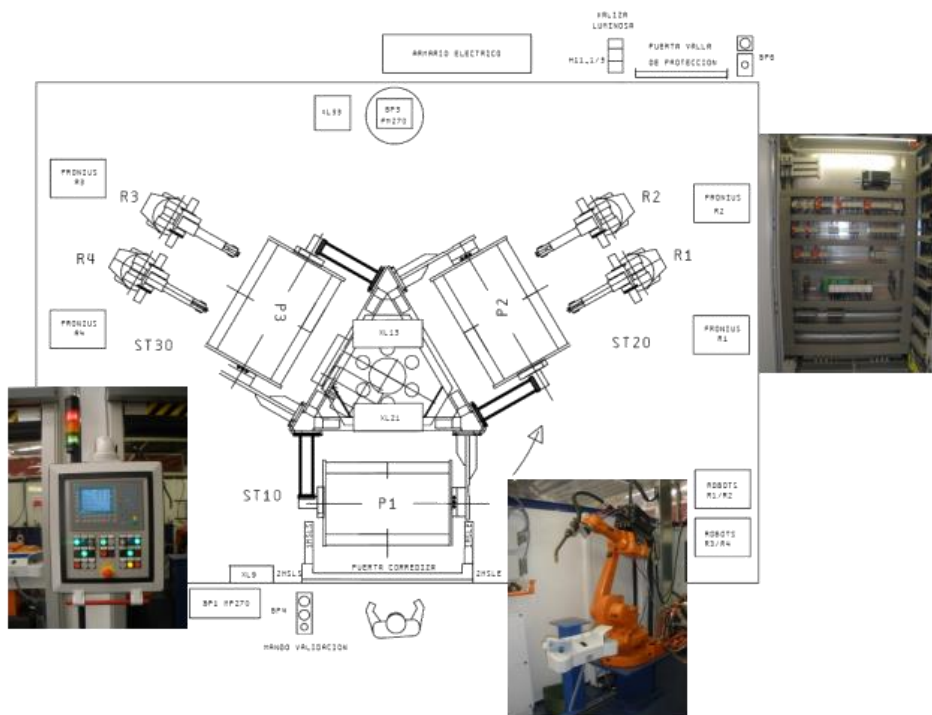
Es por eso que la cadencia de las líneas robotizadas debe ser superior a la cadencia de los cuellos de botella. **“Parte del tiempo de las máquinas que no son cuello de botella debe ser tiempo muerto” [5]**. Si en este caso tenemos una cadencia de 2000 coches/día es porque esa es la cadencia del cuello de botella, por lo tanto la cadencia de las líneas robotizadas debe ser superior porque al ser unidades de producción automatizadas deben tener más producción que el cuello de botella. Así es más fácil crecer, teniendo la fábrica preparada para una producción mayor, en cuanto se consiga optimizar la producción del cuello de botella.

Efectivamente hemos visto en el apartado anterior como las 2 líneas que hemos diseñado tienen una producción superior a la del cuello de botella (que es 2000), por lo tanto quiere decir que hemos satisfecho una premisa de gestión fundamental.

Por lo tanto nuestras líneas de soldadura propuestas cumplen con los requisitos básicos en términos organizativos.

### 3.3. Deducción de componentes y distribución del layout

El objetivo de este apartado es enumerar todos los componentes que se van a usar con el fin de llegar a la distribución del layout de planta. A continuación vemos un ejemplo de lo que es un layout de una línea de soldadura. En nuestro caso no haremos este dibujo de planta en 2D porque directamente haremos en Robot Studio el diseño en 3D.



51.-Ejemplo de layout de robot de soldadura



### **3.3.1. Elección del robot**

Ya hemos comentado que para la línea de embragues el robot que se nos exige usar es el IRB-1400 dado que es un robot muy versátil y muy asequible de comprar.

Respecto a la línea de carrocería, vamos a elegir un robot específico de soldadura puesto que esta línea pertenece a una gran fábrica de coches que necesita robots específicos de soldadura puesto que no requieren poder aprovecharlos para operaciones de manipulado u otras en un futuro. Usar robots específicos tiene la ventaja de que tienen mayor alcance, y al estar optimizados consumen menos. En concreto el robot elegido es el IRB-2600ID.




*52.-Robot de soldadura IRB-2600ID para la línea de carrocería*

Cabe destacar que las simulaciones en Robot Studio realmente las haremos con el robot IRB-1400 puesto que es el que tenemos en el laboratorio para probar el código de programación. En el apartado de simulaciones se puede ver un vídeo del robot real que está en el laboratorio realizando los movimientos de soldadura de la carrocería.

### **3.3.2. Elección de las herramientas de soldadura**

La máquina de soldar escogida es la SELCO GENESIS 3200, que tiene una capacidad de hasta 320A. En la siguiente imagen vemos que en el catálogo de Selco existen máquinas con más amperaje pero para nuestra aplicación no es necesario, porque para soldar chapa de carrocería y el disco de embrague no hacen falta cordones de soldadura gruesos.



**GENESIS MSE / PME / GSM**  
 Inverter power sources for MIG/MAG and pulsed MIG/MAG based on Selco's patented **green@wave**® technology for reduced energy consumption and better performance.

GENESIS	3200 MSE/PME/GSM	4000 MSE/PME/GSM	5000 MSE/PME/GSM
Supply	3x230 - 400 V	3x 400 V	3x 400 V
Power	13,0 kVA 12,4 kW	16,9 kVA 16,1 kW	23,6 kVA 22,5 kW
X%	40°C 50% 320A 40°C 100% 250A 25°C 100% 270A	40°C 60% 400A 40°C 100% 360A 25°C 100% 400A	40°C 50% 500A 40°C 100% 420A 25°C 100% 470A

53.-Máquina de soldar escogida: GENESIS 3200

Ya veremos más adelante que el protocolo de comunicaciones escogido para comunicar todos los equipos es Ethernet/IP. Por lo tanto la máquina de soldar debe ser compatible con dicho protocolo para que podamos controlar la activación de la soldadura por comunicaciones. Para ello hay que instalar una tarjeta adicional que hace que la máquina de soldar sea controlable a través de Ethernet/IP.

### 3.3.3. Elección del PLC y HMI

Ahora vamos a escoger el PLC y HMI. Estos componentes son comunes a ambas líneas. Habrá un PLC maestro que gestione ambas líneas. Técnicamente a este PLC se le denomina PLC de cabecera. Y es el equipo que está a pie de fábrica y se comunica con todos los subconjuntos de producción. Realmente hemos asumido que las 2 líneas que hemos programado son independientes; una pertenece a la marca de coches (soldadura carrocería) y la otra pertenece a un fabricante auxiliar (línea de embragues), por lo que deberían ser independientes y gestionadas por PLC's diferentes. Pero vamos a asumir que a pesar de ser líneas que pertenecen a empresas diferentes, son gestionadas por un mismo PLC como si estuviesen en una misma fábrica. Esto es común hacerlo, pues ahora la tendencia es que haya un flujo de datos entre los clientes y proveedores que permite hacer pedidos automáticos, anticiparse a falta de stock, etc. Entonces, asumimos que un PLC maestro gestiona las 2 líneas para permitir una buena coordinación entre las 2 empresas. Además, como las 2 empresas sabemos que están en el mismo polígono industrial no es descabellado pensar que las 2 fábricas están comunicadas por un protocolo de comunicaciones.

El PLC escogido es el OMRON NJ, dado que es un controlador escalable con conexión a base de datos y precio muy competitivo.



54.-PLC Omron NJ

Este PLC permite conexión a bases de datos de tipo servidor SQL como Oracle, IBM, MySQL, Firebird... Esto nos interesa bastante pues en la industria del automóvil es muy importante disponer de todos los históricos de producción en la nube para poder hacer análisis de datos y permitir el llamado BigData. Ahora más que nunca se utilizan sistemas ERP de control de producción como SAP, que se implementa a través de conexiones de los PLC a bases de datos.

Además esta CPU tiene módulos de seguridad que permiten que nos ahorremos la instalación de un PLC de seguridad, pues se puede integrar en el propio PLC con un módulo adicional.

Este PLC ya incorpora algunas entradas digitales por lo que no tendremos que adquirir una tarjeta de entradas digitales para conectar las fotocélulas, encoder...

El HMI escogido es el OMRON NS. En esta pantalla se podrá ajustar la velocidad de los robots, de la cinta transportadora, ver los históricos de producción...



55.- HMI Omron NS

Estos dos componentes los pediremos a ELECTROMAIN, que es un distribuidor oficial de Omron para la zona Levante.

COMPONENTES GENERALES	SELECCIÓN
PLC	Omron NJ
HMI	Omron NS

#### 3.3.4. Elección del protocolo de comunicaciones

En este apartado vamos a elegir el protocolo de comunicaciones que vamos a utilizar para comunicar el PLC con el robot y la máquina de soldar.

El protocolo que vamos a usar para comunicar los robots con el PLC es Ethernet/IP. Porque el PLC que hemos escogido ya tiene de manera nativa este protocolo.

Por lo tanto los robots y máquina de soldar deben tener el protocolo Ethernet/IP. Esto se consigue instalando unas tarjetas de comunicaciones adicionales tanto en el robot como en la máquina de soldar que permitan dicha comunicación.

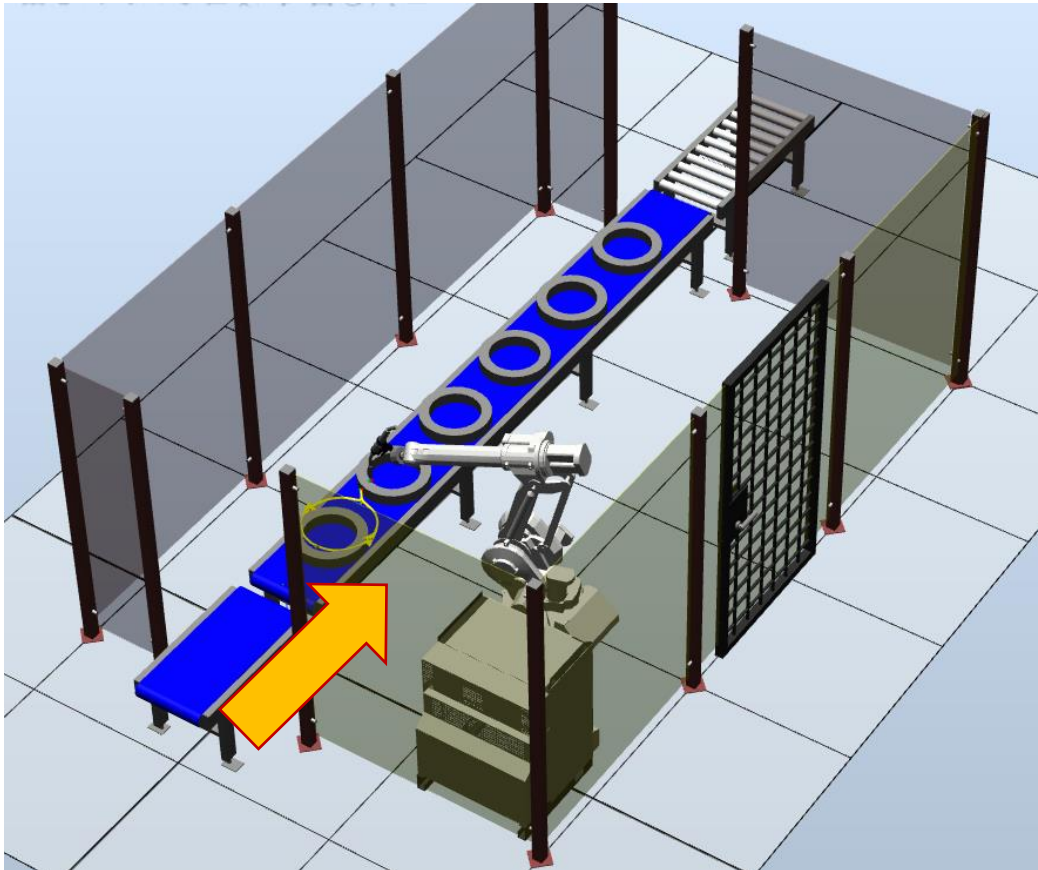
#### 3.3.5. Periféricos generales

En este apartado vamos a ver los elementos periféricos; cinta transportadora, encoder, fotocélulas...

En primer lugar vamos a ver los elementos de la celda de soldadura de discos de embrague.

Respecto a los elementos transportadores, veamos una imagen de cómo queda el layout de la línea de embragues. En principio todos estos componentes auxiliares se iban a diseñar en Solid Works para posteriormente importarlos en Robot Studio: vallado de seguridad, cintas transportadoras, etc. Pero finalmente se descubrió la existencia de un paquete de RobotStudio que al instalarlo se podían descargar todos estos componentes listos para insertarlos.





56.-Estación de soldadura de embragues propuesta

Observamos que se ha puesto una cinta transportadora de banda azul para introducir las piezas a la celda, y una transportador de rodillos para sacarlas. Esto es debido a varios motivos. Un transporte de rodillos es más económico y tiene menos mantenimiento que uno de cinta, sin embargo presenta varios inconvenientes:

- Los rodillos no tienen **grip** por lo que la pieza se puede deslizar el todo el plano horizontal y provocar que la pieza se mueva del sitio donde el robot debe generar la soldadura. Como no tenemos una cámara de visión que detecte dónde está la pieza, el robot va siempre a un sitio fijo, que debe ser garantizado por un transportador que no desplace la pieza. Cosa que no lo permiten los rodillos, por eso toda la celda va con cinta hasta el final.
- Los rodillos suponen una superficie de contacto muy pequeña. Teniendo en cuenta que para soldar necesitamos una conexión a masa, no podemos hacerlo con rodillos porque la poca superficie de contacto puede provocar una resistencia muy alta que genere chispas entre la pieza y el rodillo.

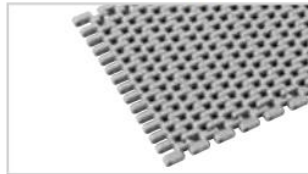
Por estos motivos debemos usar un transporte de cinta en toda la celda de soldadura; para desplazar con precisión las piezas y que estas vayan justo al sitio donde el robot tiene programado, y para permitir una conexión a masa que hace falta para la soldadura.

En concreto, la cinta que usaremos se le denomina banda modular de acetal POM-EC, que es conductora de la electricidad.

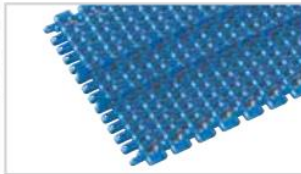


57.-Transporte modular de bandas de acetal

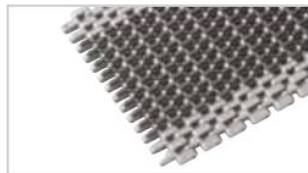
#### uni SNB M2 Single Link®



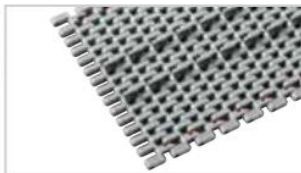
uni SNB M2 20%  
uni SNB 20% TAB



uni SNB M2 34% TAB

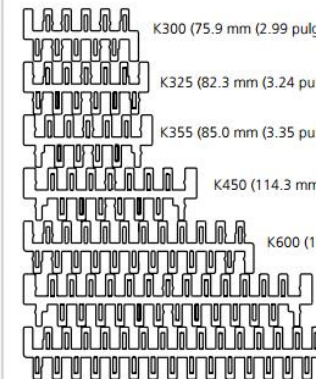


uni SNB M2 20% Sup.  
superior de goma



uni SNB M2 20% TAB Sup.  
superior de goma

uni SNB M2 Single Link® se suministra



58.-Bandas de acetal POM-EC conductoras de la electricidad

El proveedor que usaremos para la banda modular será [AMERAAL BELTECH](#), dado que tiene una gama muy amplia y gran soporte a nivel nacional. Tienen un almacén en Molina de Segura así que no habría problemas de soporte y servicio. Otro proveedor interesante en Murcia es [SUMINISTROS PALAZÓN](#) que tiene también gran variedad de oferta.

En el final de línea vemos que hemos incorporado un transportador de rodillos porque ya no necesitamos precisión en el movimiento, dado que la pieza ya está fabricada y lo que hacemos es llevarla a un lugar de acumulación de piezas para almacenaje.

El transportador de rodillos lo va a fabricar un proveedor llamado [CODIMAR](#), que están especializados en transportadores de este tipo y tienen gran experiencia con un precio competitivo y terminaciones de gran calidad. Tienen comerciales con presencia en Murcia así que no habría problemas de suministro y soporte.

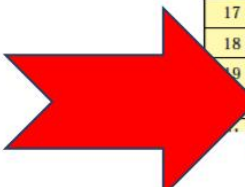


59.-Transportadores con rodillos de CODIMAR

Ahora vamos a seleccionar el motor que arrastra la cinta y su variador de frecuencia. Se ha contactado con uno de los mayores suministradores de la Región de motores y accionamientos eléctricos: Comercial Industrial García, situado en Molina de Segura. Nos ha suministrado un catálogo de motores en donde podemos escoger los motores según queramos que sean de trifásica, monofásica, número de polos, dimensiones, peso, eficiencia... A continuación se muestra un ejemplo de las tablas que contiene dicho catálogo.

**2 POLOS - 3.000 RPM**

Línea número	Tipo de motor	Potencia nominal	Velocidad (a carga nominal)	Nivel sonoro	Eficiencia (rendimiento)	Factor de potencia	Amperios a carga completa			Par arranque/ Par nominal	Corriente arranque/ Corriente nominal	Par máximo/ Par nominal	Momento de inercia	Peso (mb3)
		Ph	nn	LwA	$\eta$	cos	I1n	I2n	I3n	Ts/Tn	Is/In	Tmax/Tn	J	m
		[Cv]	[min <sup>-1</sup> ]	[dB]	[%]	$\varphi$	[A]230V	[A]400V	[A]690V	[-]	[-]	[-]	[Kgm <sup>2</sup> ]	Kg
17	AL-56-2B	0,17	2730	58	62	0,69	0,70	0,40	0,23	2,2	6	2,4	0,00013	3,2
18	AL-63-2A	0,25	2710	61	63	0,75	0,95	0,55	0,32	2,2	6	2,4	0,00016	4
19	AL-71-2A	0,50	2730	64	70	0,79	1,67	0,97	0,56	2,2	6	2,4	0,00034	5,6



60.-Catálogo de motores ALREN

Ahora mirando dichas tablas tenemos que escoger el motor que más nos interesa. Realmente el motor nos viene impuesto por el fabricante de la cinta transportadora; él con su experiencia sabe qué potencia tiene que tener el motor




según la longitud de la cinta. Supongamos que nos ha aconsejado un motor de 0.5cv, nos vamos a la tabla de arriba y vemos un motor de 0.5cv y 2 polos (3000 rpm) cuyo modelo es el ALREN AL-71-2A. Se trata de un motor asíncrono trifásico estándar. Si tuviéramos más restricciones, por ejemplo de par, o eficiencia tendríamos que fijarnos en los demás parámetros. Pero como se trata de una aplicación común, que no es crítica, nos sirve perfectamente el motor de 0.5cv que hemos escogido. Podríamos escogerlo de 4 polos y 1500rpm, pero nos interesa la máxima velocidad posible (3000rpm) ya que tendremos un variador de frecuencia con el que podremos ajustar la velocidad, así que nos interesa lo máximo posible para que el rango de ajuste sea mayor.

Teniendo el motor, ahora tenemos que elegir la reductora. El distribuidor de motores también nos ha enviado el catálogo de reductoras, en concreto el catálogo técnico de reductores TAUSEND. Para la selección de la reductora hay que partir del motor que ya se ha escogido y del requerimiento de velocidad la cinta. Se ha escogido el motor AL-71-2A que tiene un tamaño de brida 71. Y es de velocidad nominal 3000rpm con potencia 0,5cv. Ahora hay que conocer la velocidad que queremos que tenga la cinta. Imaginamos que necesitamos que a máxima velocidad (3000rpm) la cinta debe ir a 2m/s. Considerando que la velocidad lineal de la cinta debe ser de 2m/s y que el tambor de la cinta (diámetro del eje) viene impuesto por el fabricante de la cinta y es de 60cm, podemos deducir la velocidad a la que debe girar el eje del tambor con la siguiente fórmula:

$$velocidad\ tambor = \frac{2 * 60 (m/min)}{2 * \pi * 0.6 m} = 30 rpm$$

Con estos tres datos de las características del motor; tamaño, potencia y velocidad nominal y conociendo la velocidad que requerimos a la salida de la reductora (30rpm) ya podemos entrar al catálogo y buscar la reductora.

En el catálogo de reductoras, el tamaño del motor, su potencia y su velocidad se representan con un dígito de 4 cifras. En donde las dos primeras indican el tamaño, la tercera la potencia y la cuarta el número de polos; es decir la velocidad (si es de 2 polos sabemos que son 3000rpm). La potencia se representa con 1 si es de 0.33cv y con un 2 si es de 0,5cv. Así teniendo un motor de tamaño 71, potencia 0,5cv y de 2 polos, el dígito que tenemos que buscar es 7122.

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	i	Fr <sub>2</sub> [N]	fs			
<b>0.55</b>	140 112	31 38	20 25	1987 2140	1.7 1.4	<b>RSTV050</b>	<b>7122</b>	61

61.-Selección del reductor adecuado

Sabemos que necesitamos alrededor de 30rpm a la salida, esto se representa con la variable “n2”. También necesitamos que la reductora aguante los 0,5cv del


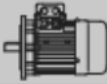



motor. En el catálogo de las reductoras la potencia del motor se representa en kW, así que tenemos que buscar una que sea superior a 0,312kW.

Además es recomendable buscar reductoras con un factor de servicio “fs” igual o superior a 1 para que tenga una vida útil larga.

Estas variables de potencia “P1”, velocidad de salida “n2” y factor de servicio “fs” se representan en la primera fila del catálogo tal y como vemos en la imagen de arriba.

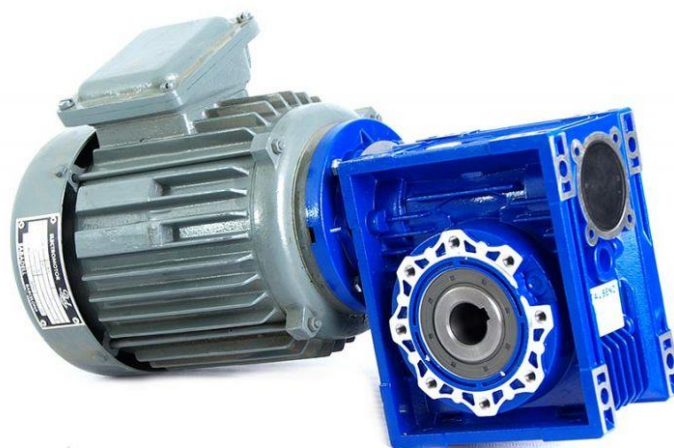
A continuación se han puesto todas las reductoras del catálogo, que siendo 7122 tienen alrededor de 30rpm a la salida, admiten más de 0,312kW y tienen un factor de servicio “fs” superior a 1.

$P_1$ [kW]	$n_2$ [min <sup>-1</sup> ]	$M_2$ [Nm]	$i$	$Fr_2$ [N]	$fs$			
35	99	80	4865	1.3	<b>RSTV075</b>	<b>7122</b>	63	
28	114	100	5241	1				

62.-Selección del reductor adecuado

Tal y como se ve podemos escoger entre 2 reductoras, una que da 35rpm a su salida y otra que da 28rpm a su salida. Nos quedamos con la de 28rpm por estar más cerca de los 30rpm que buscamos.

La reductora seleccionada es la TAUSEND RSTV075 de 0,55kW tal y como vemos en la tabla de arriba.



63.-Conjunto de motor ALREND y reductor TAUSEND escogidos

Ahora vamos a escoger los componentes electrónicos: variador, fotocélula y encoder. Hay que destacar que serán de la marca Omron. Esto es debido a que el PLC de cabecera será Omron como veremos más adelante, porque esta marca tiene un PLC que se adapta justo a nuestras necesidades tal y cómo veremos más adelante. Entonces, los periféricos los escogemos de la misma marca para hacer el pedido de material eléctrico al mismo fabricante y poder **negociar mejores precios**. Cuando pedimos mucha cantidad de material a un mismo fabricante podemos negociar mejores precios con el comercial. Y como el PLC será Omron porque es el PLC que mejor se adapta a nuestra necesidad, pues nos imponemos la obligación de que el resto de material de automatización sea Omron con el fin de conseguir un pedido de volumen considerable y poder negociar un descuento.

Respecto al variador de frecuencia se ha escogido el VFD Omron MX2, en concreto el de 0,4kW que nos cubre sin problemas nuestro motor de 0,5 cv que equivale a 0,312kW.




64.-VFD Omron MX2 0,4kW

Ahora vamos a seleccionar el encoder. Aquí no hay misterio. Necesitamos un encoder estándar de uso industrial con IP50 o superior para garantizar que el polvo que se genera en la soldadura no interfiere en el funcionamiento. Se ha escogido el encoder Omron E6B2-C que cumple los requerimientos planteados.

Incremental Rotary Encoder OD 40 dia.  
**E6B2-C**

**General-Purpose Incremental Rotary Encoder With Large Shaft 40 dia.**

- A wide operating voltage range from 5 to 24 VDC (open collector model).
- High resolution models (2000 pulses per revolution) substantially improve measuring accuracy
- Easy-to-adjust zero index (phase Z) with origin indicating function
- A large load of 30 N in the radial direction and 20 N in the thrust direction are permitted.



65.-Encoder incremental escogido

Ahora vamos a seleccionar la fotocélula. Necesitamos mínimo una fotocélula. Que es la que indica al robot que hay presencia de pieza y que puede iniciar el seguimiento y soldadura. No requerimos de especificaciones técnicas especiales. Simplemente que tenga un grado de protección IP50 o superior y salida por relé (no es necesario que sea por transistor pues no manejamos velocidades de pieza tan altas). La fotocélula escogida es la Omron E3JK, porque es una fotocélula estándar muy usada y tiene los requisitos que necesitamos. Esta en concreto es de reflexión con emisor y receptor incorporado en el mismo dispositivo, por lo que nos hace falta un reflector que habría que colocar en el otro extremo.

New Product

**OMRON**

**Built-in Power Supply Photoelectric Sensor E3JK <NEW>**

**Long-distance Photoelectric Sensor That Supports AC/DC Power Supplies**

- Long sensing distance that is approximately 8 times that of our conventional model (for the Through-beam and Diffuse-reflective models). (Through-beam: 40 m, Retro-reflective: 7 m, and Diffuse-reflective: 2.5 m.)
- Improved visibility:
  - A red LED that makes the spot visible.
  - Large indicators that can be seen even from a distance.
- Improved operability. (Enlarged sensitivity adjuster and operation selector)
- Easily selectable power supply input (24 to 240)



For the most recent information on models that have been certified for safety standards, refer to your OMRON website.

66.-Fotocélula escogida

Hay que destacar que en un proyecto real, tendríamos que diseñar unos acoples para fijar la fotocélula a la cinta transportadora, fijar el encoder al motor, etc. Porque estos dispositivos son estándar y se usan en muchas aplicaciones y cada aplicación tiene una necesidad diferente de cómo se fija. Es por eso que los fabricantes de fotocélulas no suelen vender los acoples y debe ser cada integrador el que se fabrique sus propios soportes.

A continuación vemos un ejemplo de un soporte de fotocélula similar al que tendríamos que fabricar.



67.-Soporte de fotocélula cortado por láser y posteriormente plegado

Para ello tendríamos que diseñar en Solidworks el acople y posteriormente fabricarlo. Generalmente se diseña y se envía a cortar por láser en metal. En nuestra zona hay un proveedor que nos puede fabricar estos acoples, se trata de [LASER MOLINA S.L.](#)

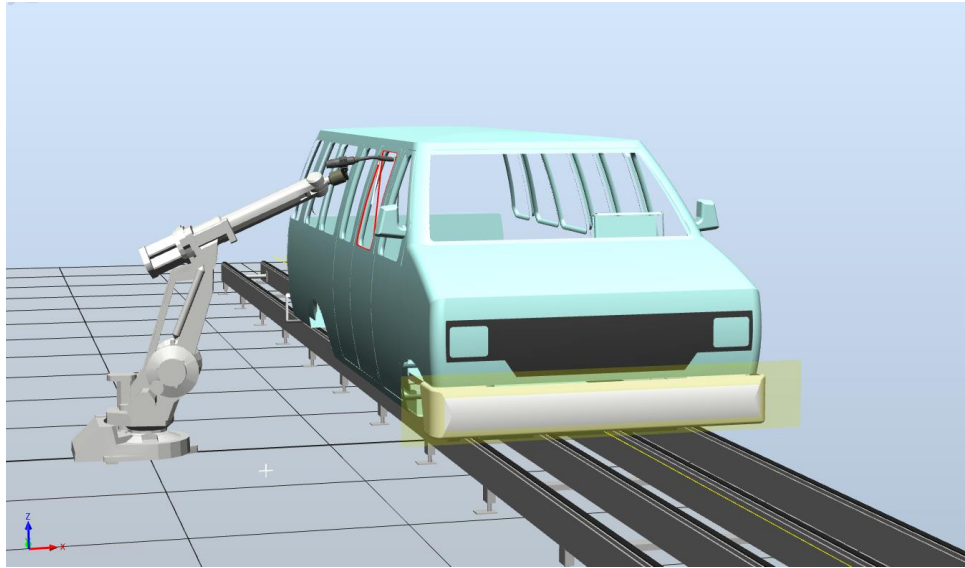
A este tipo de empresas le enviamos el diseño de los acoples y lo que hacen es cortarlo por láser en chapa de 5mm. Posteriormente pliegan la chapa y ya tenemos el soporte fabricado.

A continuación resumimos en la siguiente tabla todos los periféricos de la línea de embragues:

PERIFERICOS GENERALES LINEA EMBRAGUES	SELECCIÓN	DETALLE
Cinta transportadora	Banda modular de acetal POM-EC	Conductora de la electricidad. Suministrada por Ameraal Beltech.
Transportador de rodillos	Rodillos estándar por gravedad	Suministrado por Codimar.
Motor	ALREND AL-71-2A de 0,5cv	Suministrado por Comercial industrial garcía
Reductora	TAUSEND RSTV075	Suministrado por Comercial industrial garcía
Variador	Omron MX2	Suministrado por Electromain
Encoder	Omron E6B2-C	Suministrado por Electromain
Fotocélula	Omron E3JK	Suministrado por Electromain



Ahora vamos con la línea de carrocería.



68.-Línea de soldadura de carrocería propuesta

El transportador de esta línea consiste en cadenas. A continuación vemos una imagen de este tipo de transportador. Se trata de unas cadenas que se encargan de arrastrar la carrocería.



69.-Transportador de cadenas

Respecto a los demás periféricos que habría que incorporar, hay que reseñar que en esta línea de carrocería no se va a seleccionar el motor dado que ya viene

incorporado en el transportador de cadena. Tal y como se ve en la imagen anterior el motor ya viene acoplado y lo elige el propio fabricante del transportador.

Tampoco elegiremos variador de frecuencia pues en esta línea no hay necesidad de variar la velocidad pues la cadencia es constante y no hace falta variar la velocidad.

Tampoco hace falta encoder pues no hacemos seguimiento de la línea como ocurre con los embragues.

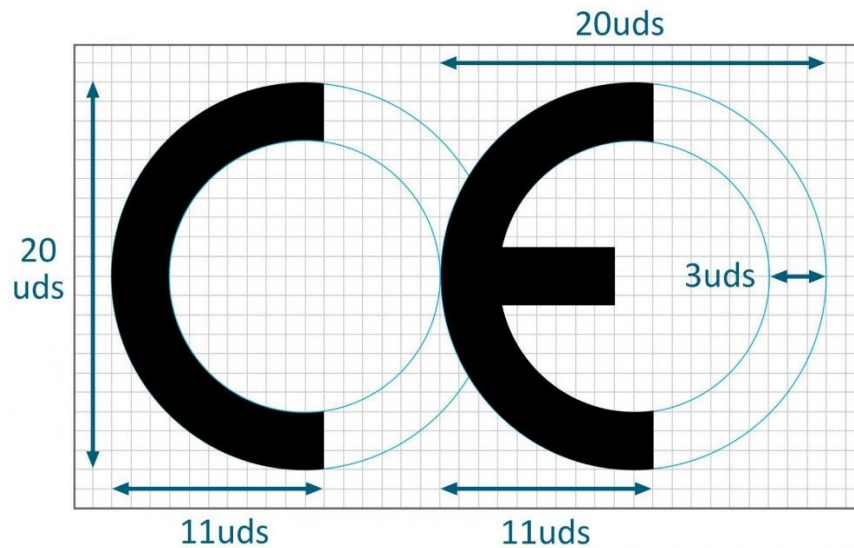
Sí que vamos a necesitar una fotocélula para detectar cuando llega la carrocería a la estación. Esta fotocélula nos indica que debemos ejecutar el movimiento de soldadura cuando entra un coche a la celda. La fotocélula es la misma que se ha escogido en la línea de embragues, la Omron E3JK.

PERIFERICOS GENERALES LINEA CARROCERÍA	SELECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Transportador de cadenas	Transportador estándar	Fabricado por Codimar
Fotocélula	Omron E3JK	Suministrado por Electromain

### 3.3.6. Seguridad: normativa y periféricos

En este apartado vamos a comentar los temas relativos a seguridad.

Primero vamos a ver las directivas de obligado cumplimiento y normas que se aconsejan de consulta, para darle un mayor realismo a este TFG. Para comercializar cualquier máquina tenemos que cumplir obligatoriamente con ciertas directivas, como son la de baja tensión (2006/95/EC), compatibilidad electromagnética (2004/108/EC) y la más importante; **seguridad en máquinas (2006/42/EC)**. Legalmente, según la directiva de máquinas, por el hecho de integrar un robot y una cinta transportadora ya nos convertimos en fabricantes de maquinaria. Y tendremos que cumplir con todas las obligaciones que eso conlleva, como son **hacer un marcado CE del conjunto, aunque todos los componentes por separado tengan ya su propio marcado CE**. El robot que compremos, el PLC, la cinta transportadora etc, ya tendrán su propio marcado CE, pero aún así, al integrarlos debemos hacer nosotros un marcado CE del conjunto porque el hecho de ensamblar todos esos equipos ya se considera una máquina nueva, y la responsabilidad la asumimos nosotros.



70.-Marcado CE

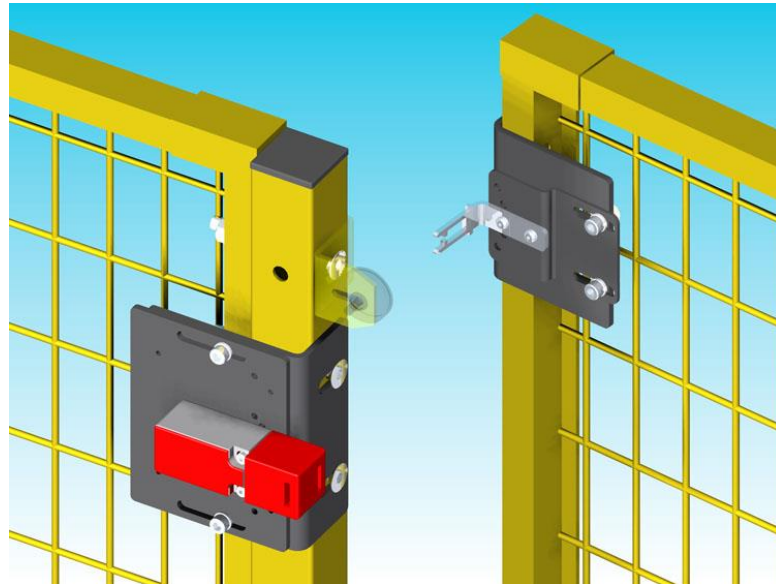
Para poder marcar la máquina con el logotipo CE, primero deberemos hacer un expediente técnico. Este expediente no requiere de la aprobación de ninguna entidad, sólo lo consultan las autoridades en caso de accidente, y es un compendio de todas las normas seguidas, datasheets de componentes usados... Si algún día la celda provocase un accidente las autoridades se referirán al expediente técnico para evaluar si se ha cumplido con la directiva. Para cumplir con la directiva de máquinas podemos apoyarnos en la norma **UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas.**

Básicamente los requisitos de seguridad que se nos exigen para la celda es que tenga un perímetro de seguridad vallado, para que nadie pueda acceder al perímetro de trabajo cuando el robot está soldando.



71.-Vallado de seguridad celda robótica

Además el vallado debe detectar cuando alguien accede al perímetro de seguridad, y debe parar el robot. Esto lo conseguimos con un interruptor específico de seguridad instalado en la puerta de acceso. Estos interruptores detienen automáticamente la línea en caso de que dicha protección se abra.



72.-Interruptor de seguridad para puertas

El interruptor de seguridad escogido para la puerta es el Omron D4NS

**Interruptor de Bloqueo de Seguridad Omron D4NS-9BF, M12, 4, 2 NC, 0,27 (dc) A, 3 (ac) A, 240V, 250V, 2NC, Plástico**

Código RS 549-502  
 Fabricante Omron  
 N° ref. fabric. D4NS-9BF



✓ 22 Dis horas.

Precio con IVA  
**52,47 €**  
 Precio Unidad

unidades

1 - 9  
 10 - 14  
 15 +

Cantidad

Disponibilidad c

Documentos

- Certificac
- Machine
- Hoja de c
- Ficha de
- Ficha de
- Datashee



73.-Interruptor Omron D4NS



Al tratarse de soldadura, el vallado debe estar protegido contra la radiación que desprende el arco eléctrico. El arco eléctrico de soldadura produce muchas radiaciones, tanto visibles como invisibles. La radiación ultravioleta es la más peligrosa dado que puede producir quemaduras tanto en los ojos como en la piel. Para ello hay que usar un vallado completamente opaco para proteger a las personas que se encuentren en el exterior de la celda. O bien usar un vallado compuesto por cristal inactínico de protección, que bloquea las radiaciones peligrosas.



74.-Vallado de seguridad con cristal inactínico de protección

Otro componente de seguridad que debemos tener por normativa, es una seta de emergencia, que si es accionada, detiene toda la línea.



75.-Seta de emergencia

Esta seta de seguridad es obligatoria, es exigida por la **directiva de máquinas 2006/42/EC**. En la siguiente imagen extraída de la directiva, vemos que por normativa se nos exige que esta parada de emergencia provoque un enclavamiento remanente, cuya reactivación suponga una acción manual por parte del operario.

S

## Diario Oficial de la Unión Europea

Cuando deje de accionarse el dispositivo de parada de emergencia una vez que se haya dado la orden de parada, esta orden deberá mantenerse mediante el bloqueo del dispositivo de parada de emergencia hasta que dicho bloqueo sea expresamente desactivado; el dispositivo no deberá poderse bloquear sin que genere una orden de parada; solo será posible desbloquear el dispositivo mediante una acción adecuada y este desbloqueo no deberá volver a poner en marcha la máquina, sino solo permitir que pueda volver a arrancar.

La función de parada de emergencia deberá estar disponible y ser operativa en todo momento, independientemente del modo de funcionamiento.

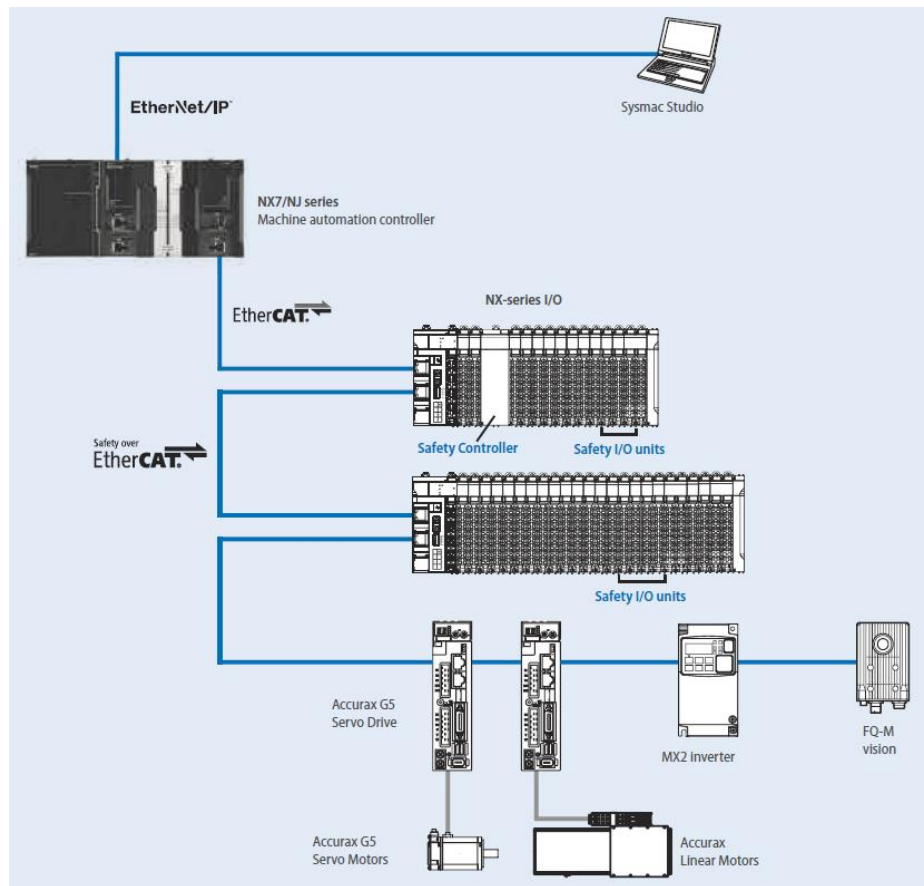
*76.-Exigencias para paradas de emergencia según directiva 2006/42/EC*

Todas las señales de seguridad (básicamente el interruptor de apertura de la celda y la seta de seguridad) deben ser gestionadas por un controlador de seguridad. Este controlador asegura redundancia y respuesta inmediata. Por normativa, las señales de seguridad no pueden ser gestionadas por un PLC estándar ni por un relé estándar, sino por un controlador específico de seguridad. Existen en el mercado diferentes controladores de seguridad, basados en relé (sin programación) para máquinas simples y basados en PLC para grandes líneas en donde la modificación de la lógica de seguridad es más rápida. En este caso usaremos un módulo que se acopla al PLC de cabecera de la fábrica y funciona como un PLC de seguridad. Se trata del módulo **Omron NX Safety Controller** que vemos a continuación.



*77.-Módulo de seguridad NX para PLC Omron NJ*

Tal y como vemos a continuación este módulo se conectaría al PLC principal de cabecera por el protocolo EtherCAT.



78.-Diagrama de conexión del PLC de seguridad

En él podemos programar todas las condiciones de seguridad, sobre todo teniendo en cuenta posibles ampliaciones de la fábrica conviene que sea programable. Además permite tener varias zonas de seguridad. En este PLC contemplaremos todas las zonas de seguridad. Respecto a los componentes de seguridad de la línea de carrocería hay que reseñar que a esta línea de carrocería no se le ha incorporado vallado de seguridad ni otros elementos de seguridad porque no es una línea compacta o aislada. Se trata de una línea que estará en una nave junto con las demás líneas de soldadura de carrocería. Es decir, será una línea que esté integrada en una línea a su vez más grande, por lo que todos los elementos de seguridad ya los incorpora la línea grande.

### 3.4. Programación de la línea

#### 3.4.1. Programación en RobotStudio

##### 3.4.1.1. Funciones de RobotStudio e instrucciones en RAPID

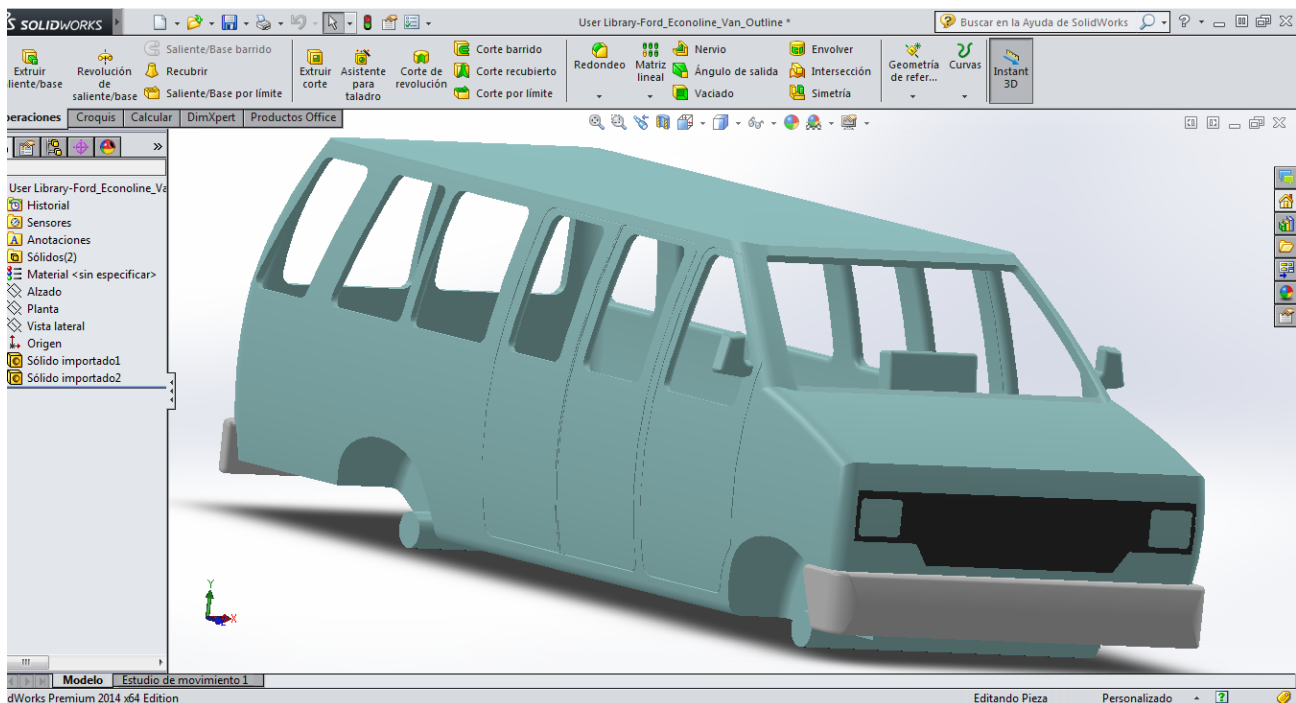
##### 3.4.1.1.1. Creación de trayectorias

Para crear trayectorias de soldadura primero deberemos programar las posiciones que componen dicha trayectoria. Lo que hacemos es ir posicionando el robot y creando “targets” en cada posición.

En nuestro caso queremos que siga una trayectoria concreta de la carrocería, para soldar, por ejemplo la ventana. Para ello tenemos que conseguir que RobotStudio reconozca la geometría del archivo CAD de la carrocería. Tenemos que conseguir que RobotStudio reconozca la geometría de la ventana, y a partir de esa geometría genere los puntos de la trayectoria.

Para que RobotStudio reconozca la geometría, el archivo CAD debe tener un formato específico, que interprete las formas como un conjunto de objetos vectoriales y no como un objeto macizo o malla unificada. Para ello debemos exportar con SolidWorks la carrocería con el formato adecuado.

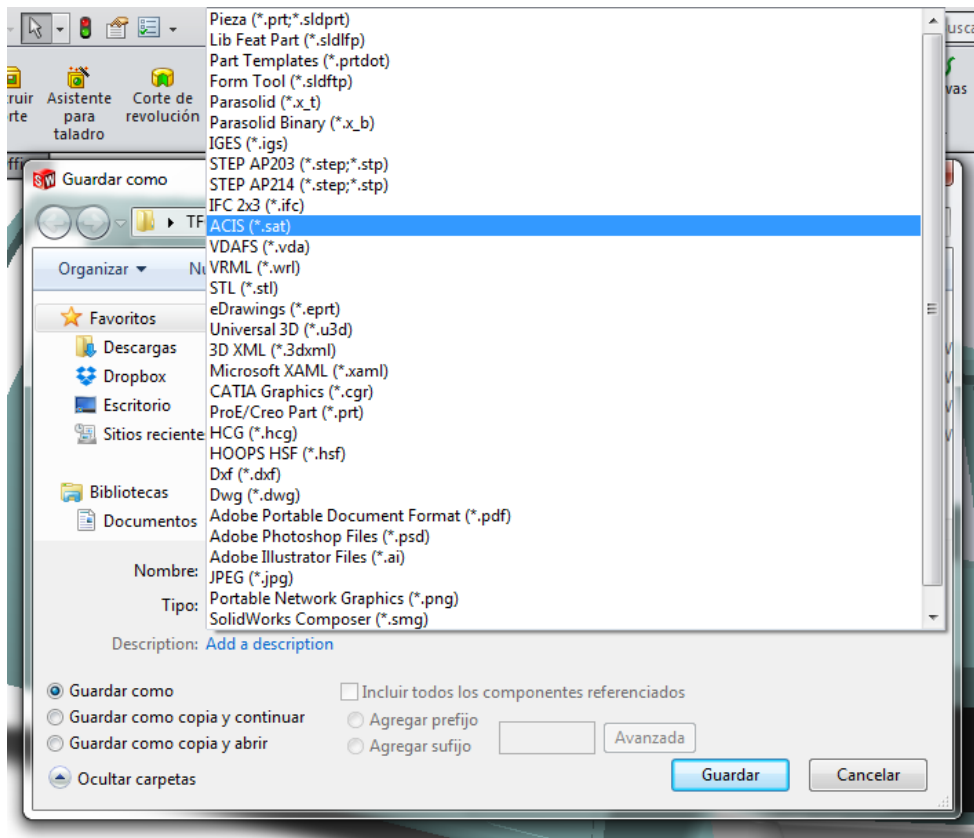
En este caso la carrocería la hemos descargado de la biblioteca online de SolidWorks. Una vez abierto en SolidWorks el archivo, lo exportamos en el formato .SAT que es un formato vectorial que permite que RobotStudio reconozca todas las geometrías. No debemos exportarlo en otros formatos universales como .STL porque este formato convierte el archivo en una malla global que impide que RobotStudio reconozca las geometrías del objeto.



79.-Carrocería en el software de diseño SolidWorks

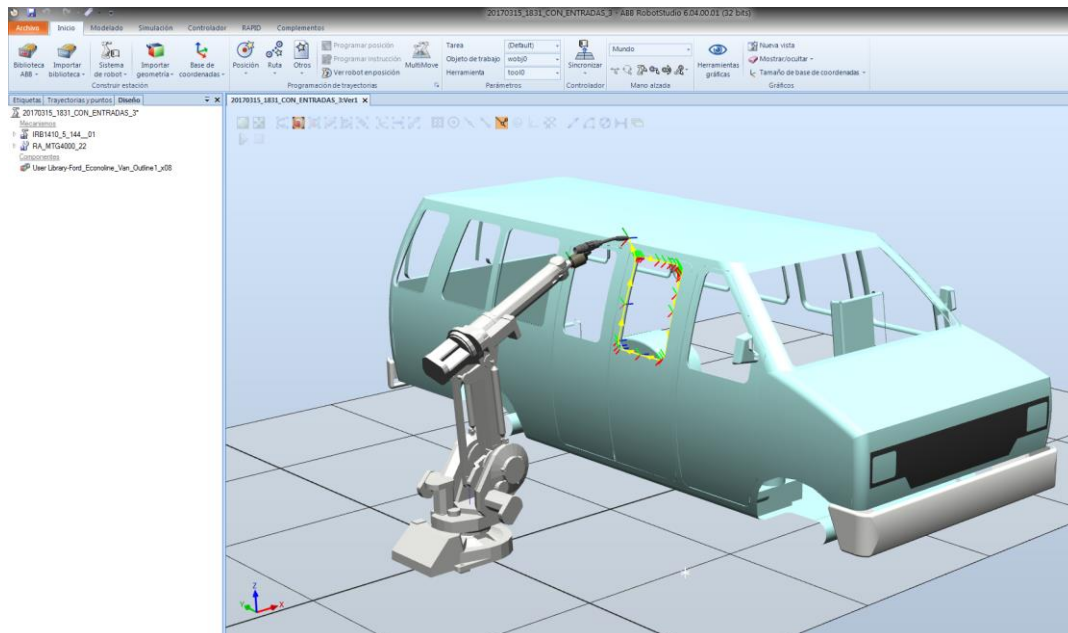
Para realizar la exportación vamos a “Guardar como”, y seleccionamos el formato .SAT tal y como vemos a continuación.





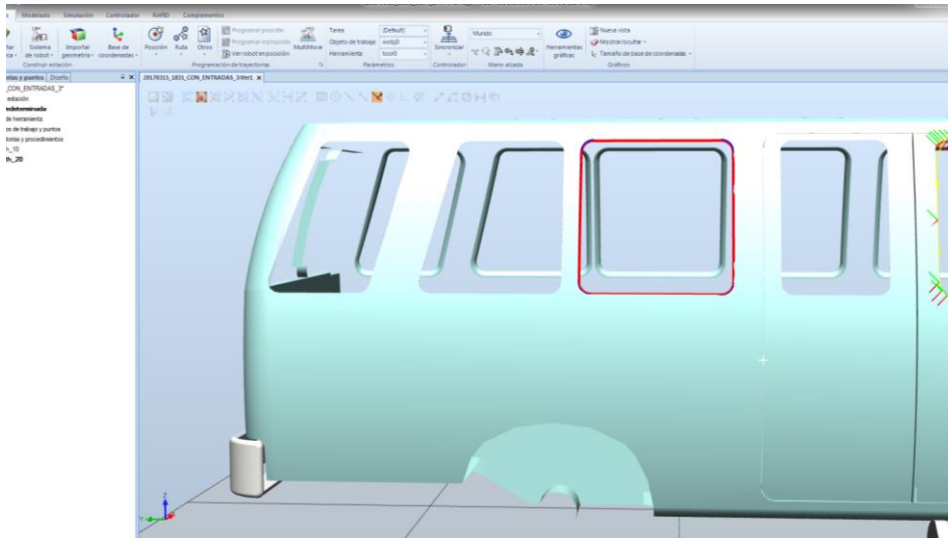
80.-Exportar en SolidWorks archivos a RobotStudio

Ahora en RobotStudio nos vamos a **“Importar geometría”** → **“Buscar geometría”** y seleccionamos el archivo que hemos exportado de SolidWorks. Entonces RobotStudio se nos queda de la siguiente manera:



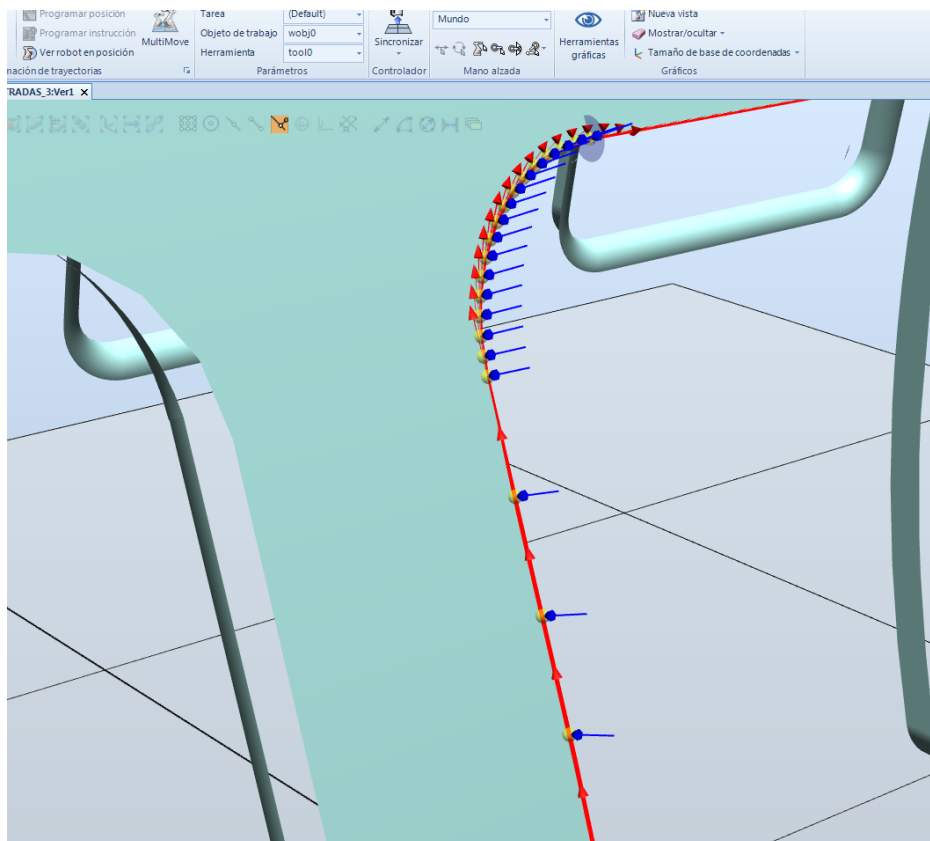
81.-RobotStudio una vez hemos importado geometrías externas

Ahora vamos a generar la trayectoria de la soldadura de la ventana a modo de ejemplo. Para ello nos vamos a **“Ruta”→“Trayectoria automática”** y seleccionamos la geometría de la trayectoria (en este caso una ventana). Al seleccionar la ventana se nos genera una trayectoria en color rojo tal y como observamos en la siguiente imagen.



82.-Trayectoria de soldadura en ventana

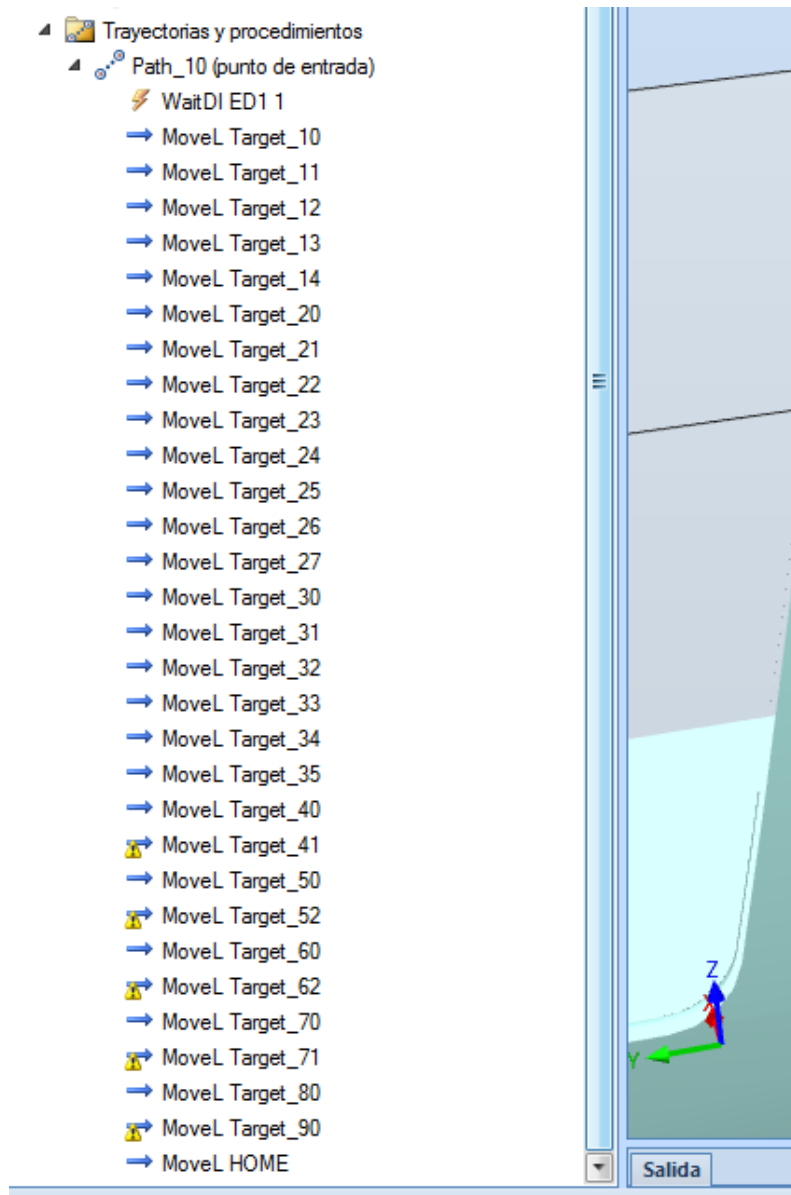
Si nos fijamos en la trayectoria en detalle, vemos cómo está compuesta de muchos puntos. A continuación vemos cómo efectivamente RobotStudio ha reconocido la geometría y ha generado automáticamente todos los puntos que componen la trayectoria.



83.-Trayectoria generada en la ventana de la carrocería

Si le damos a **“Trayectorias y procedimientos”** podemos ver todas las instrucciones de movimiento que se han generado para componer la trayectoria.

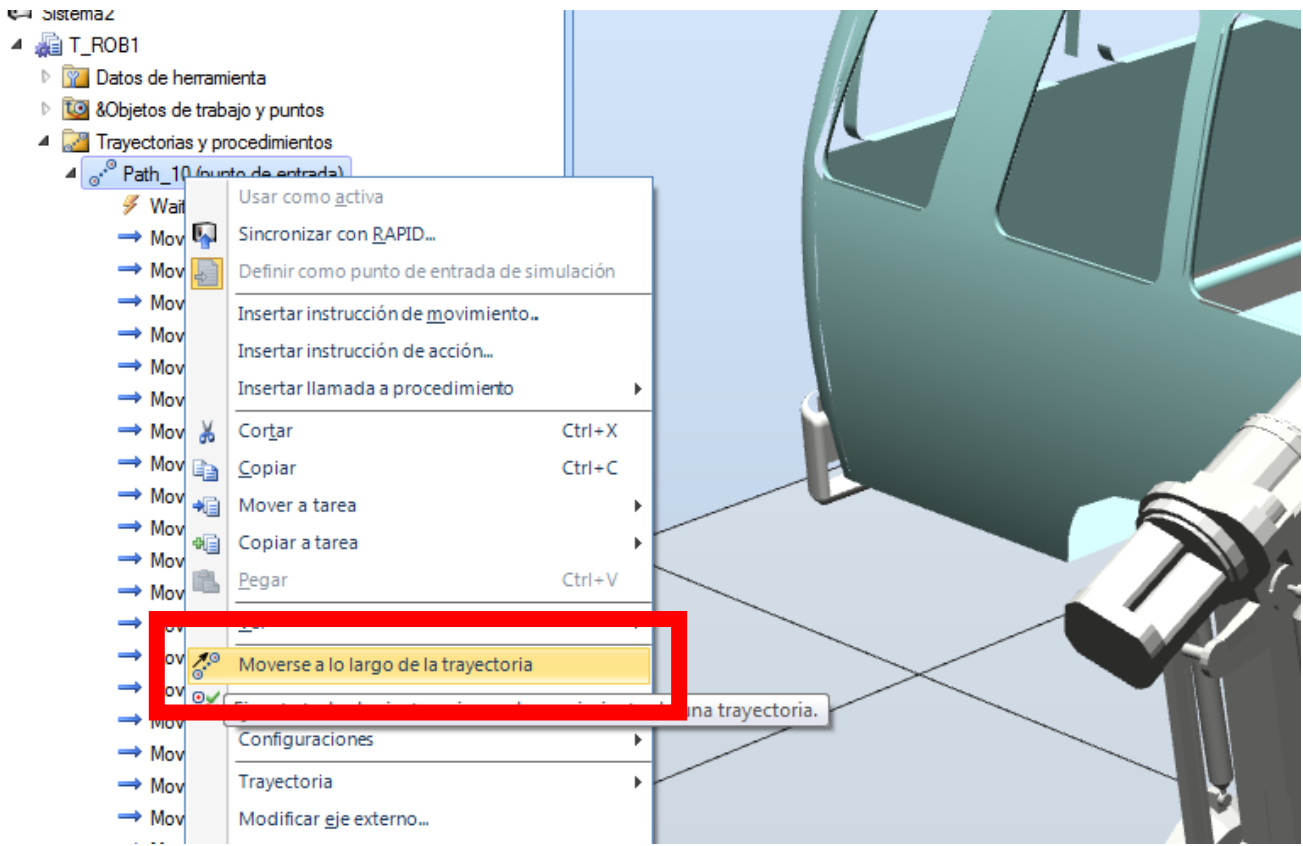
Tal y como observamos en la siguiente imagen, las instrucciones de movimiento que hemos generado son de tipo lineal, y desplazan al robot de manera lineal de un target a otro.



84.-Instrucciones de movimiento que componen la trayectoria

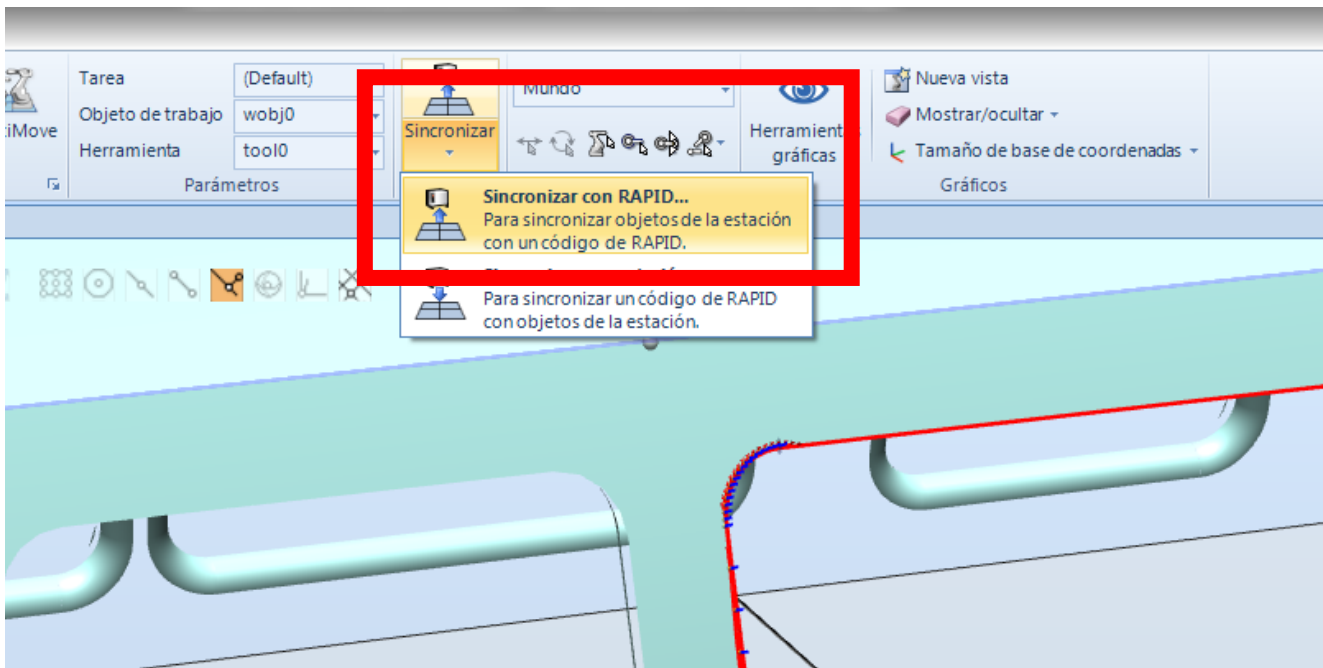
Como ya tenemos la trayectoria definida, podemos darle a **“Moverse a lo largo de la trayectoria”**. Entonces el robot ejecuta el movimiento y vemos cómo se desplaza por todos los puntos.

A continuación vemos cómo ejecutar el movimiento a lo largo de la trayectoria:



85.-Ejecutar u movimiento a lo largo de la trayectoria

Ahora lo que tenemos que hacer es generar estas instrucciones en código de programación. Para ello nos vamos a la pestaña “Inicio” y seleccionamos “Sincronizar con RAPID” tal y como vemos en la siguiente imagen.



86.-Sincronizar las trayectorias con el código RAPID



Una vez le hemos dado a **“Sincronizar con rapid”** lo que ocurre es que se genera automáticamente el código RAPID necesario para que el robot ejecute esos movimientos de la trayectoria.

Se puede comprobar en la pestaña RAPID el código que se ha generado, y cómo efectivamente ha creado instrucciones de movimiento a los targets establecidos anteriormente.

A continuación vemos el código generado:

```

CONST robtarget Target_50:=[[1187.016,-263.283,923.933],[0.594496094,0.236605112,0.7099256
CONST robtarget Target_52:=[[1184.896,-243.071,912.256],[0.594496094,0.236605112,0.7099256
CONST robtarget Target_60:=[[1184.702,-69.594,911.162],[0.594496094,0.236605112,0.70992568
CONST robtarget Target_62:=[[1185.101,104.743,913.409],[0.594496094,0.236605112,0.70992568
CONST robtarget Target_70:=[[1187.669,123.943,927.437],[0.594496094,0.236605112,0.70992568
CONST robtarget Target_71:=[[1193.292,132.056,956.015],[0.594496094,0.236605112,0.70992568
CONST robtarget Target_80:=[[1245.866,132.056,1165.134],[0.594496094,0.236605112,0.7099256
CONST robtarget Target_90:=[[1333.278,126.081,1420.053],[0.594496094,0.236605112,0.7099256
CONST robtarget HOME:=[[1122.453963479,-50.938782779,1599.287614849],[0.594496094,0.236605
PROC Path_10()
  lbl1:
  WAITDI ED1, 1;
  MoveL Target_10,v7000,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_11,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_12,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_13,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_14,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_20,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_21,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_22,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_23,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_24,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_25,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_26,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_27,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_30,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_31,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_32,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_33,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_34,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_35,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_40,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_41,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_50,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_52,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_60,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_62,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_70,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_71,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_80,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_90,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL HOME,v7000,z200,Weldgun\WObj:=wobj0;
  GOTO lbl1;
ENDPROC

```

87.- Código RAPID generado

Observamos las instrucciones de movimiento que tienen la siguiente sintaxis:

```
MoveL Target_11,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
```

Vamos a explicar el significado de cada término:

- **MoveL.** Es el tipo de movimiento. En este caso es lineal. Más adelante veremos otros tipos de movimiento (circular, etc) y las diferencias entre ellos...
- **Target\_11.** Es el punto al que se dirige la trayectoria.
- **V80.** Es la velocidad del movimiento.
- **Z100.** Es la aproximación. Si ponemos “fine” el robot se acerca exactamente al punto, si ponemos “z” el robot hace una mera aproximación. Si es un lugar de paso, podemos poner “z200” porque no es necesaria precisión y así ahorramos esfuerzo de cálculo innecesario al controlador.
- **Weldgun\WObj:=WOFurgo.** Especifica la herramienta y el Work object.

Podemos modificar el código RAPID e incluir condiciones y otras acciones, como entradas digitales. En la siguiente imagen vemos que hemos incluido **WAIT ED1, 1;** esto lo que hace es esperar a que la entrada 1 esté activada para continuar con la ejecución del código. Esta entrada podría ser una fotocélula que indicase la presencia de la carrocería en la estación de soldadura, para poder comenzar a soldar.

```
CONST robtarget HOME:=[1122.453963479,-50.938782779,1599.287614
PROC Path_10()
  IDII:
  WAITDI ED1, 1;
  MoveL Target_10,v7000,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
  MoveL Target_11,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
```

88.-Función de espera WAITDI

La parte principal del código RAPID en la línea de embragues queda de la siguiente manera:

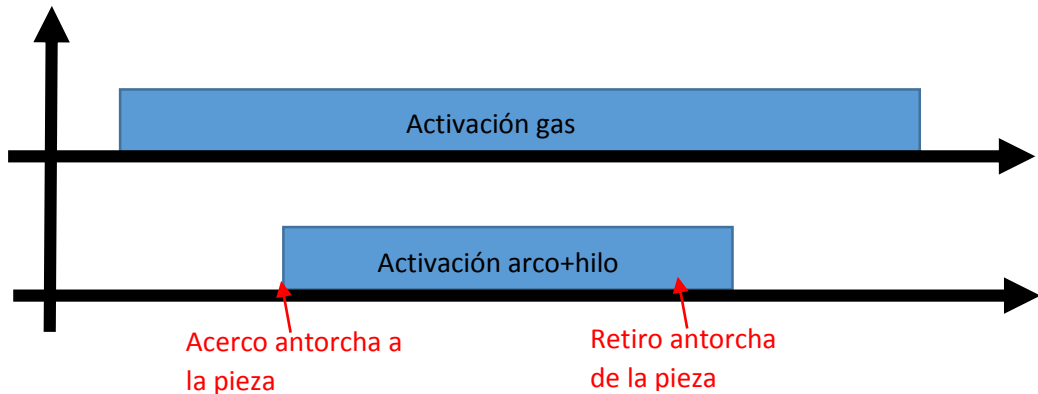
```

18  CONST jointtarget JointTarget_6_2=[[16.022423387,-14.850308284,12.788654957,-33.11
19  VAR num Parametros_Soldeo; !Valor numerico que especifica a la máquina de soldar l
20  VAR bool EV_Botella;
21  VAR bool Arco;
22  VAR bool Gas;
23
24  PROC Path_10()
25      Parametros_Soldeo:=1; !Cargamos en el robot la configuración 1 de parámetros
26      Gas:=TRUE; !Nos desplazamos a la primera posición activando el gas protector
27      MoveL Target_10,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
28      WaitRob \InPos;
29      Arco:=TRUE; !Activo el arco una vez he llegado al primero punto
30      MoveL Target_20,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
31      MoveC Target_30,Target_40,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
32      MoveC Target_50,Target_60,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
33      MoveL Target_70,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
34      WaitRob \InPos; !Sincronizo puntero de programa y movimiento para desactivar e
35      Arco:=FALSE;
36      Gas:=FALSE; !Desactivamos el gas siempre después del arco
37
38  ENDPROC
39  PROC main2()
40      MoveAbsJ JointTarget_6,v1000,fine,AW_Gun\WObj:=wobj0;
41      ActUnit CNV1;
42      WaitWObj wobj_cnv1;
43      Path_10;
44      MoveAbsJ JointTarget_6_2,v1000,fine,AW_Gun\WObj:=wobj0;
45      DropWObj wobj_cnv1;
46  ENDPROC
47  ENDMODULE

```

89.-Código RAPID

En dicho código se ha implementado la secuencia de activación-desactivación del arco y gas que hemos comentado en la sección de soldadura. La secuencia que hemos implementado es la siguiente.



Vamos a explicar línea por línea el código RAPID anterior para ver de qué manera se ha implementado la secuencia de soldadura:

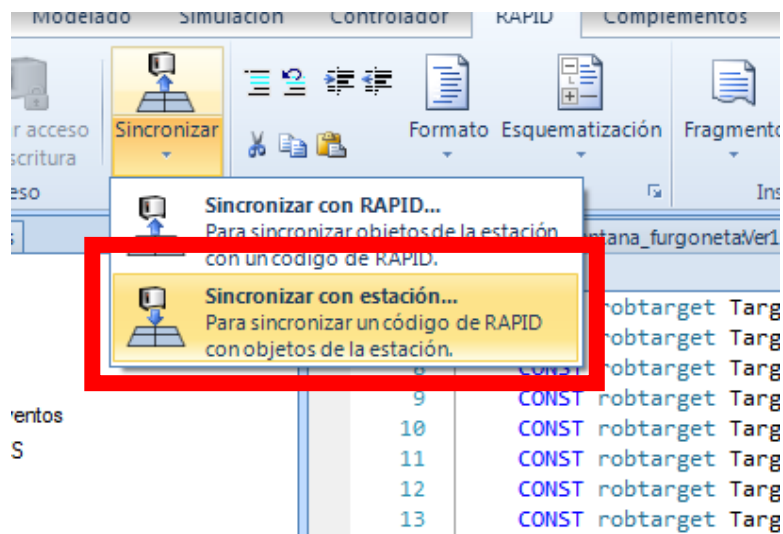
- LÍNEA 25. Observamos que mandamos a la máquina de soldar el número de la configuración de soldadura que queremos que se cargue. Le mandamos un 1 por el protocolo de comunicaciones. Cuando la máquina recibe el 1 sabe que tiene que cargar la configuración 1, que es la que contiene los parámetros de soldadura que hemos configurado en la máquina y necesitamos para esta

aplicación (corriente, voltaje y velocidad de avance del hilo idóneo para esta aplicación).

- LÍNEA 26. Activamos el gas protector, para tenerlo activado por precaución antes de activar el arco y que la soldadura no se oxide.
- LÍNEA 27. Movemos el robot hacia la primera posición.
- LÍNEA 28. Lo que hacemos es esperar a que el robot llegue a la posición anterior. Esta instrucción “WaitRob \InPos” lo que hace es sincronizar el puntero de programa con el de movimientos. Esto lo hacemos porque en la siguiente línea activamos el arco, y conviene activarlo sólo cuando tenemos la certeza de que estamos en el punto de comienzo de soldadura.
- LÍNEA 29. Activamos el arco.
- LÍNEAS 30 A 33. Nos desplazamos por la trayectoria soldando.
- LÍNEA 34. Tenemos de nuevo la instrucción de sincronización de punteros. Esto es necesario porque en la siguiente línea desactivamos el arco, por lo que necesitamos desactivarlo sólo cuando hemos llegado al último punto de soldadura.
- LÍNEA 35. Desactivamos el arco.
- LÍNEA 36. Desactivamos el gas.
- LÍNEAS 40 A 45. Esto es el main. Aquí lo que hacemos es programar la sincronización del conveyer tracking. En las líneas 40 y 44 tenemos los movimientos a Home en trayectoria absoluta. Esto es necesario para la correcta sincronización del robot con el encoder de la cinta transportadora.

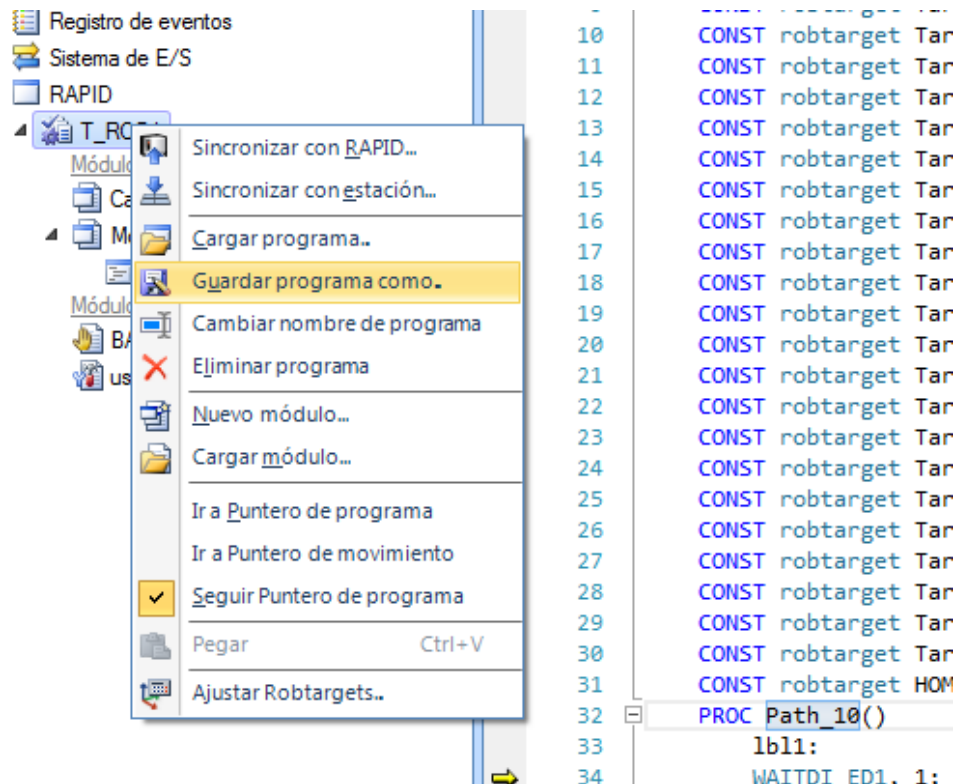
El código RAPID en la línea de soldadura de carrocería es similar, quitando la sincronización de la cinta transportadora. Por eso no vamos a extendernos en explicarlo.

Una vez hemos modificado el código rapid que se ha generado automáticamente hay que darle a **“Sincronizar”** → **“Sincronizar con estación”**.



90.-Función Sincronizar con estación

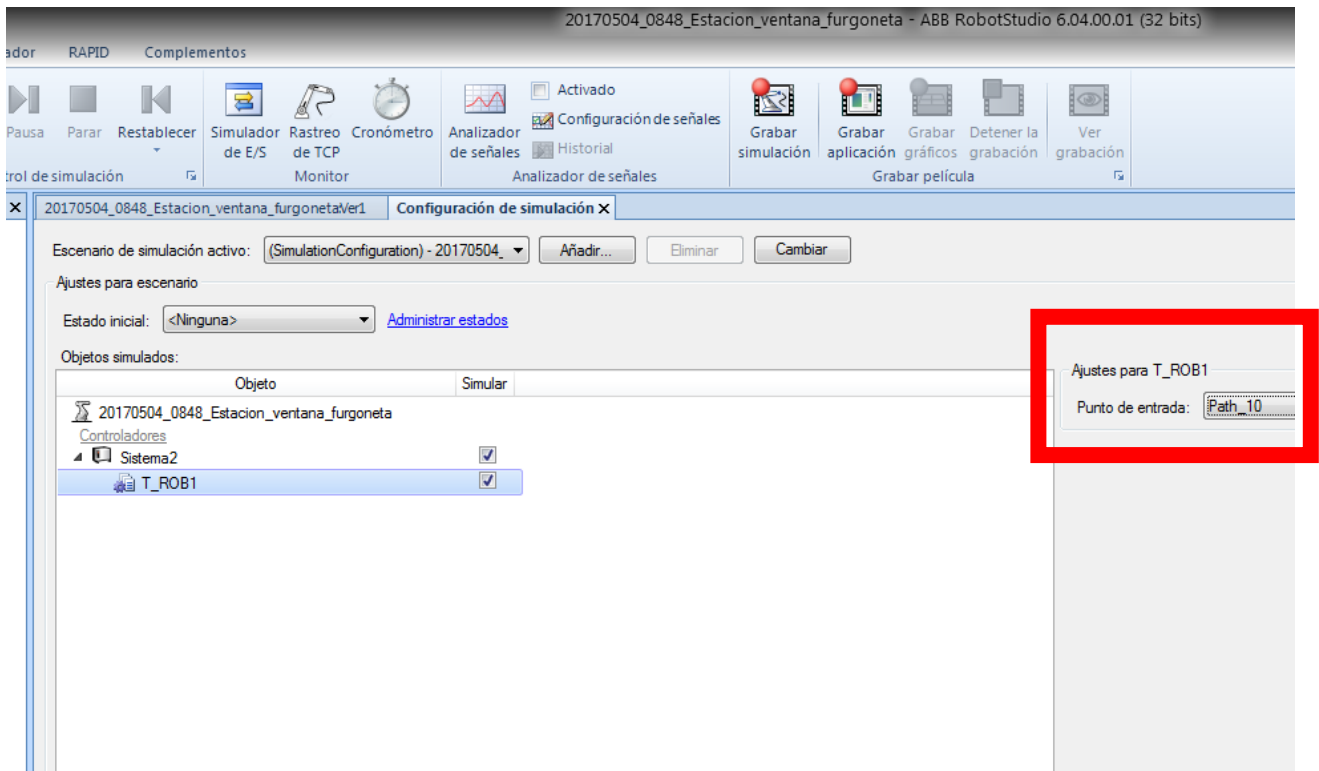
Como curiosidad comentar que podemos guardar código RAPID de manera independiente al proyecto que estamos haciendo. Esto es de interés pues es un sistema modular. Podemos guardar directamente todo el proyecto; esto incluiría el sistema, el robot, los objetos importados, los programas... O podemos guardar todo de manera independiente e importarlo de manera modular. Podemos guardar el robot y toda su configuración (sistema) y la programación con un BACKUP, o podemos guardar directamente los programas. Para guardar sólo el código RAPID tenemos que darle botón derecho encima del programa; **“Guardar programa como”**.



91.-Guardar programa RAPID

Para simular esto tendremos que ir a la pestaña de simulación, **“Configuración de simulación”** e incorporar la trayectoria generada a la simulación, que en este caso es **“Path\_10”** tal y como vemos a continuación:





92.-Configuración de la simulación

Podemos monitorizar la trayectoria para ver todo el trayecto. Para ello seleccionamos **“Rastreo de TCP”**.

### 3.4.1.1.2. Explicación de los diferentes ejes de coordenadas

En Robot Studio se pueden usar diferentes sistemas de coordenadas. Cuando nos referimos a un punto del espacio, podemos usar diferentes sistemas de referencia. A continuación se explican todos los tipos:

- Eje de coordenadas mundo. Es útil cuando tenemos varios robots y ejes externos controlados por el robot. Se trata de una referencia global, común para todos los sistemas de una misma celda.
- Eje de coordenadas de una tarea. Consiste en un sistema de coordenadas que puede ser común a todos los programas que se encuentran dentro de una tarea.
- Eje de coordenadas del robot. Esta referencia se encuentra en la base del robot.
- Eje de coordenadas TCP (herramienta). Este sistema de coordenadas está siempre en la punta del efector final del robot.
- Eje de coordenadas objeto “Workobject”. Cuando generemos una trayectoria es conveniente hacerlo en un Workobject propio, así conseguimos desplazar toda la trayectoria al desplazar el workobject. Esto es de utilidad si se cambia de sitio la disposición del layout de planta.
- Eje de coordenadas usuario. Se trata de un sistema de coordenadas global y personalizable.

### 3.4.1.1.3. Instrucciones RAPID

A continuación vamos a ver las principales instrucciones de RAPID. Existen cientos de instrucciones disponibles, sólo vamos a ver las más comunes y susceptibles de usarse en la programación de una celda de soldadura.

- Usamos la instrucción **“WAITDI ED”** para esperar la activación de una entrada.

```
WAITDI ED1, 1;
```

- Usamos la instrucción **“WaitTime”** para temporizar. A continuación vemos como se usa:

```
WaitTime 1;
```

- Saltos. Se puede saltar a una etiqueta que pongamos. El salto se hace con GOTO. A continuación vemos un ejemplo de uso, se aprecia cómo hemos creado un bucle que en cuanto llega a la última línea, la instrucción GOTO lleva el puntero de programa de nuevo al inicio.

```
lbl1:
WAITDI ED1, 1;
MoveL Target_10,v7000,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_11,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_12,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_13,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_14,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_20,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_21,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_22,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_23,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_24,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_25,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_26,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_27,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_30,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_31,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_32,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_33,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_34,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_35,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_40,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_41,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_50,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_52,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_60,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_62,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_70,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_71,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_80,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL Target_90,v80,z100,Weldgun\WObj:=WOFurgo;
MoveL HOME,v7000,z200,Weldgun\WObj:=wobj0;
GOTO lbl1;
```

93.-Código RAPID

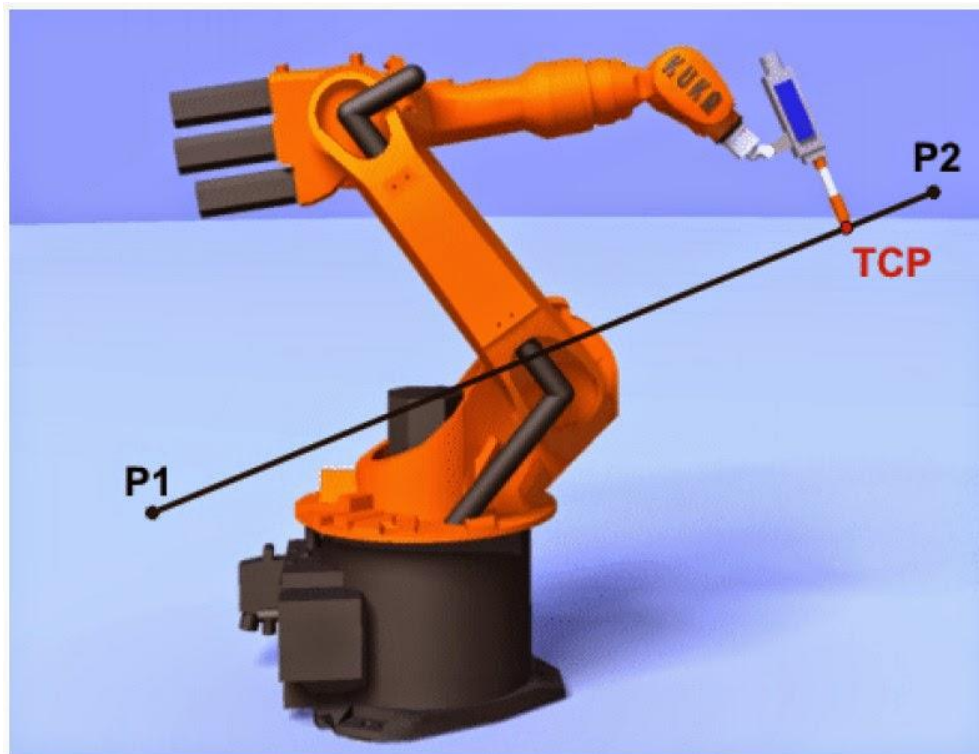
- Las condiciones las creamos con **“IF condición THEN” “ELSE” “ENDIF”**  
A continuación vemos un ejemplo:

```
PROC main()  
  IF time > 60 THEN  
    IF full_speed THEN  
      TPWrite "Examine why the production is slow";  
    ELSE  
      TPWrite "Increase robot speed for faster production";  
    ENDIF  
  ENDIF  
ENDPROC
```

- Las variables se declaran: **“VAR num contador”**
- Inicializamos las variables contador: 0;
- Comentamos las líneas en RAPID con

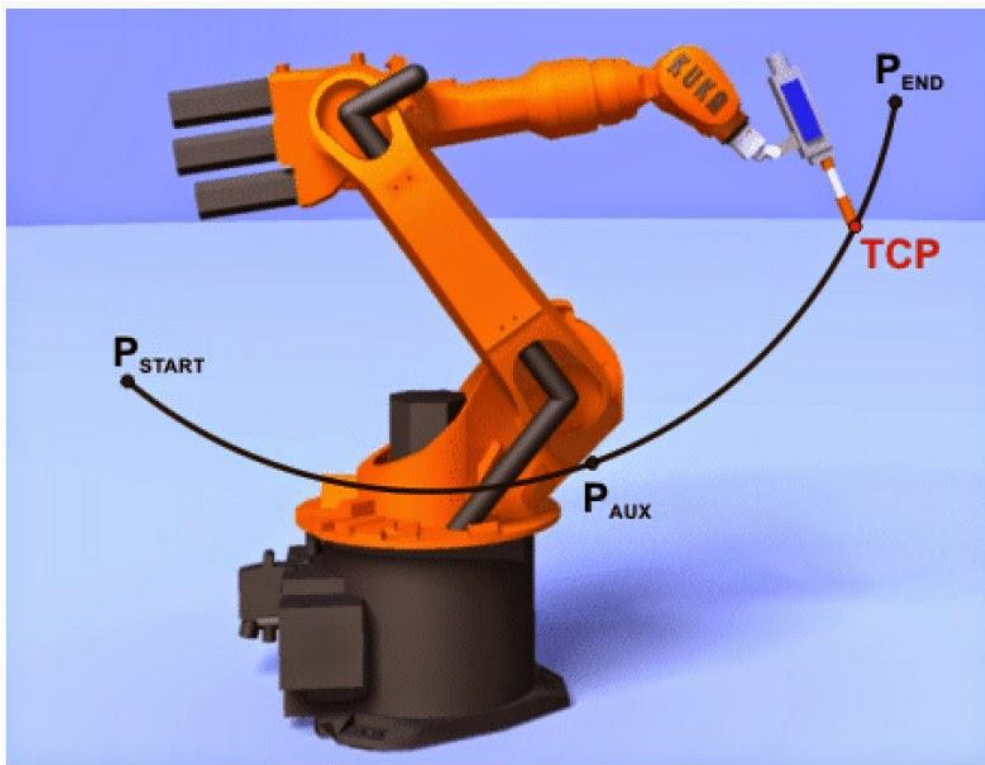
Hay 3 tipos de instrucciones de movimiento. Puede ser MoveJ, MoveL o MoveC.

MoveL es una interpolación lineal. Se desplaza de un punto a otro por una línea. Este es el tipo de movimiento que hemos usado anteriormente para los desplazamientos. A continuación vemos una representación de este tipo de movimiento.



94.-Interpolación lineal

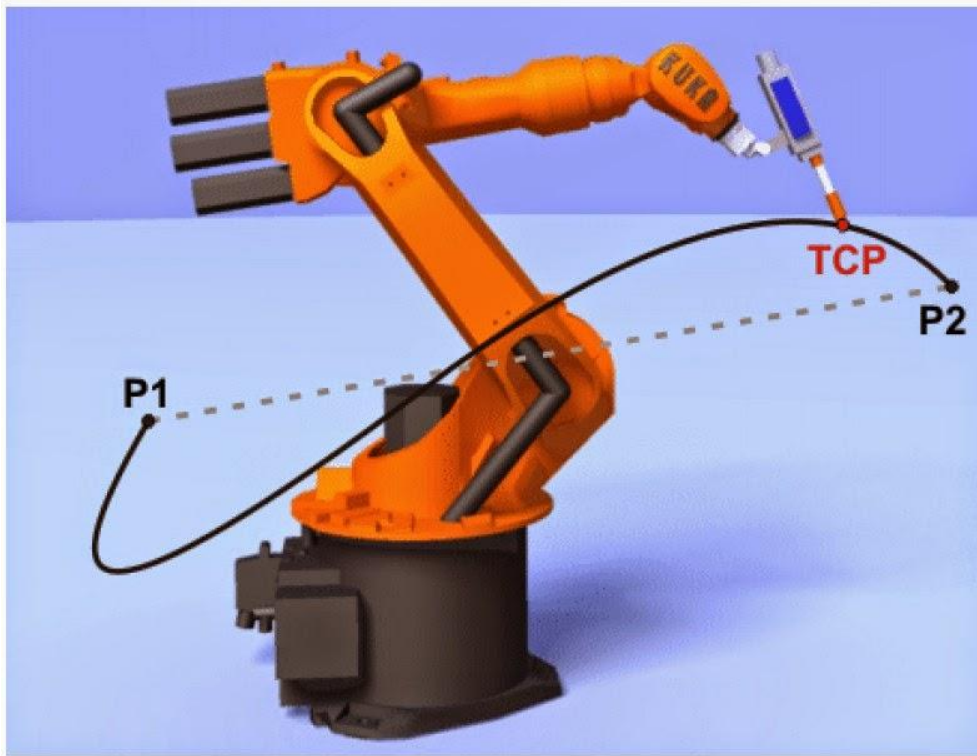
Otro tipo de movimiento es MoveC, que es una interpolación circular. Se desplaza de un punto a otro describiendo un arco de circunferencia.



95.-Interpolación circular

Por último tenemos MoveJ, que es una interpolación de tipo Joint. No es circular ni lineal, sino que busca la trayectoria con menos cálculos. Suele ser la trayectoria más rápida a pesar de que no es la más corta, porque es la que menos esfuerzo de cómputo y movimiento tiene. Puede parecer contradictorio que la trayectoria más rápida no sea la más corta. Para entenderlo tenemos que recordar que antes hemos explicado que un brazo robótico de tipo antropomórfico es de tipo cinemática angular. Es decir, el movimiento de cada eje del robot es rotacional por lo que generar un movimiento lineal no resulta natural y requiere cierto esfuerzo de cálculo y movimiento. Lo que menos esfuerzo implica son los movimientos circulares porque son los naturales de la propia cinemática.

En KUKA este tipo de movimiento se denomina PTP.



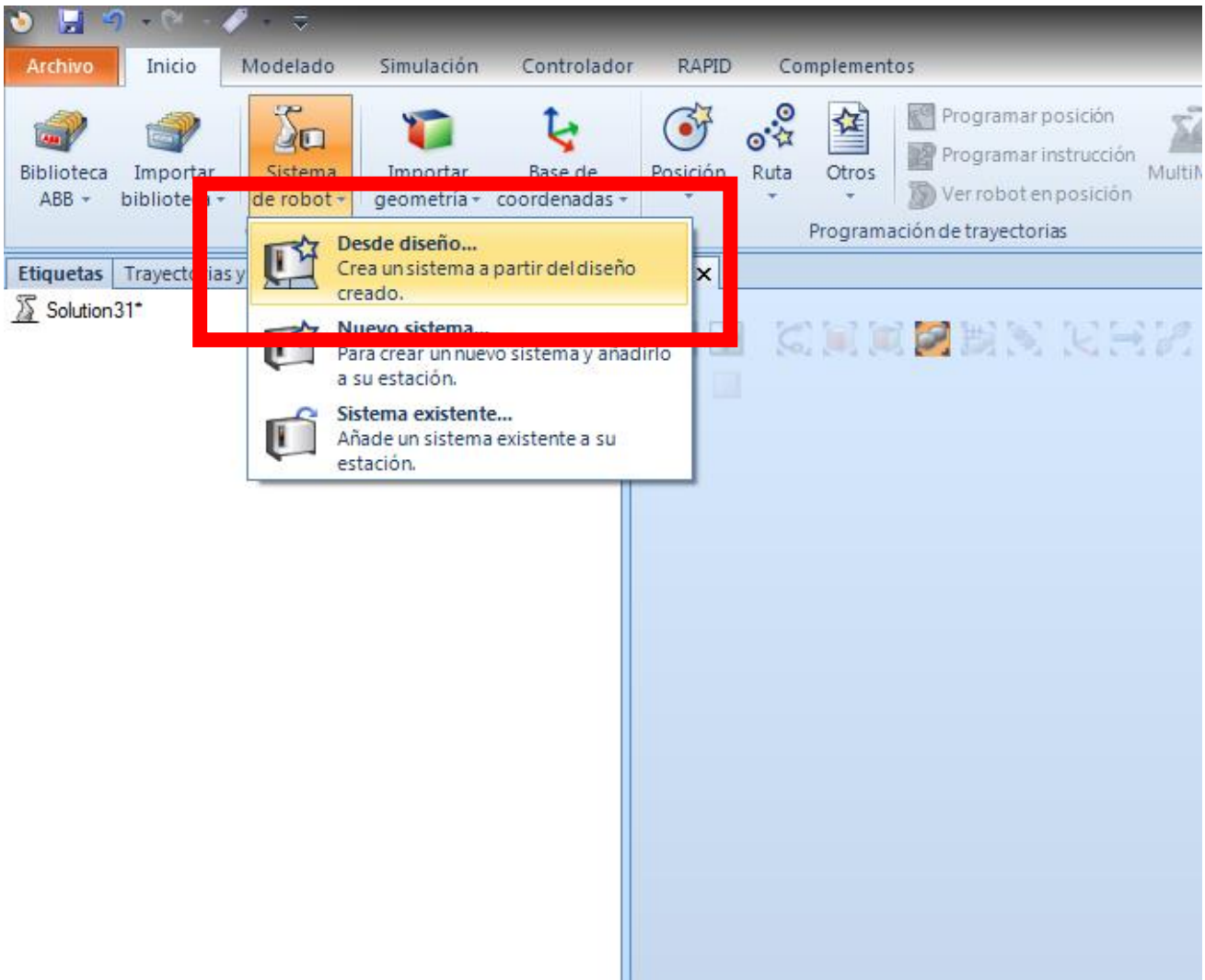
96.-Interpolación joint



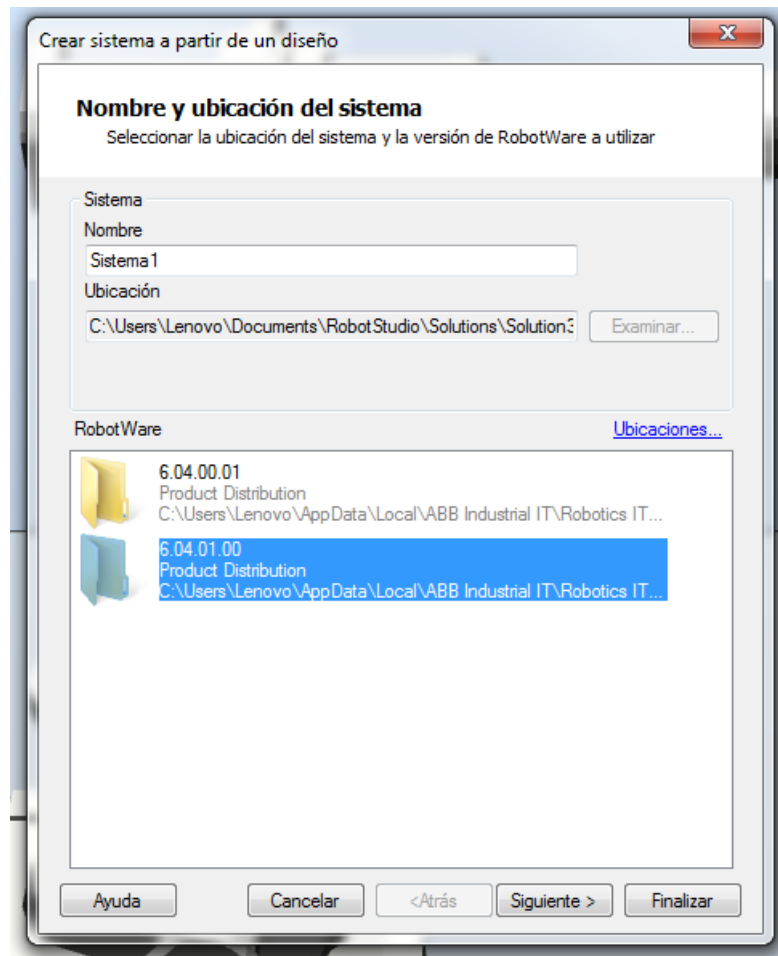
#### 3.4.1.1.4. Trabajar con entradas y salidas

Para poder trabajar con entradas y salidas tenemos que añadir previamente una tarjeta de E/S. En el robot físico habría que pincharle dicha tarjeta y en el robot simulado en Robot Studio tendremos que configurarla.

Para añadir una tarjeta de entradas-salidas al controlador tenemos que ir a **“Sistema de robot”** → **“Desde diseño”**.

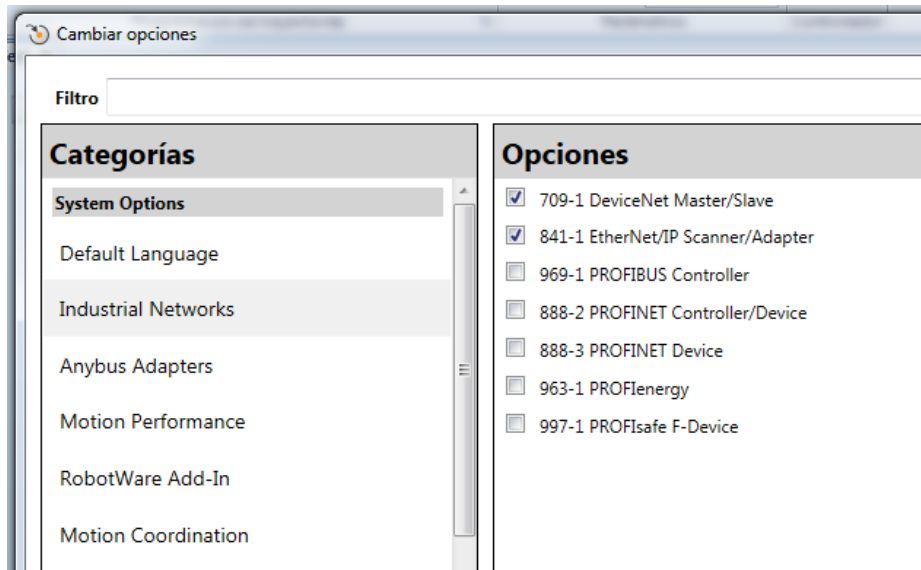


97.-Creación de una estación



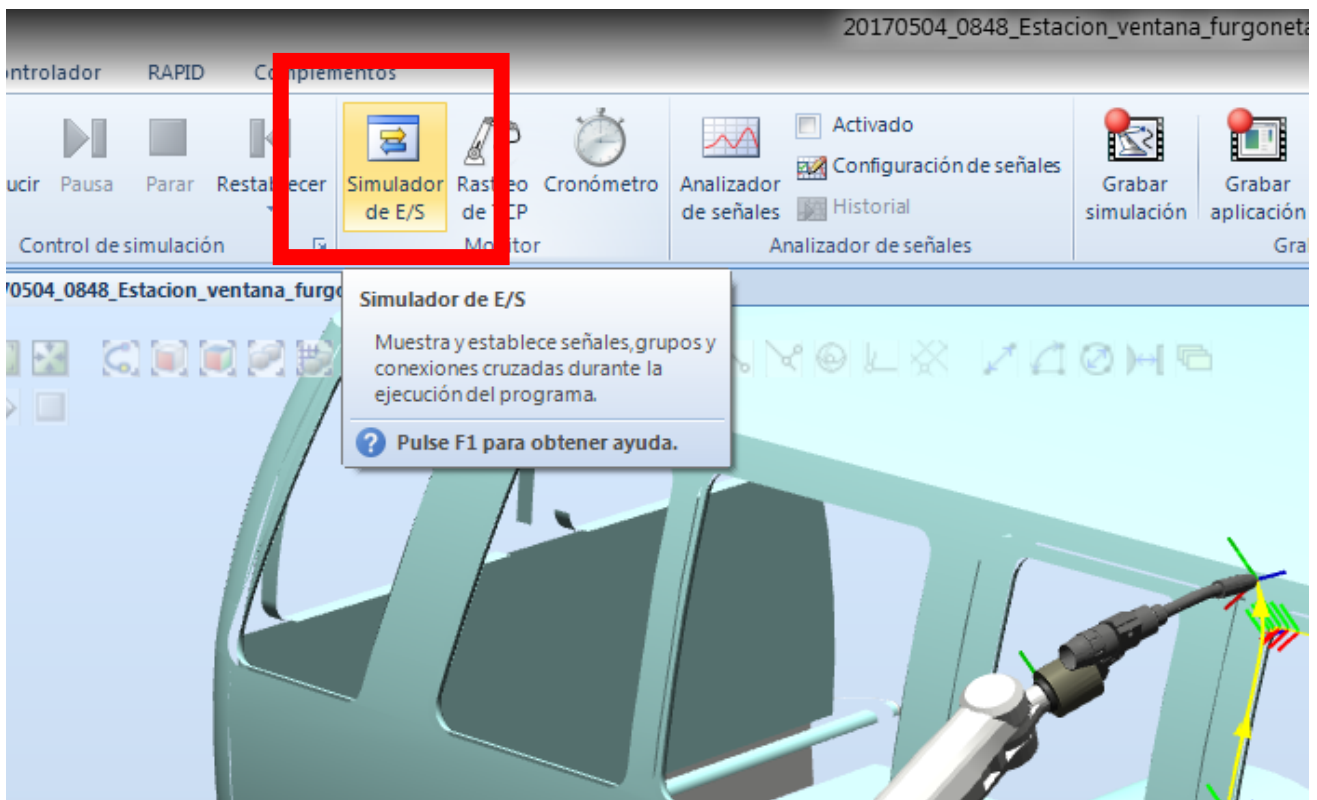
98.-Elección del robotware adecuado

Le damos a **“Siguiente”** y después seleccionamos **“Opciones”**. A continuación seleccionamos **“Industrial Networks”** y seleccionamos las tarjetas de entradas que queremos añadir. En este caso vamos a seleccionar una tarjeta de DeviceNet y otra de EtherNet/IP.



99.-Elección del paquete conveyor tracking

Si queremos simular la activación de una entrada, le damos a **“Simulación”** → **“Simulador de E/S”**.



100.-Simulación de E/S

Ahora filtramos por dispositivo, seleccionamos **“Entradas digitales”** y ya podemos simular las entradas.



101.-Activación de E/S

Para trabajar con una entrada condicional en Rapid ya hemos visto que podemos usar la instrucción WAIT, que se queda esperando a que la condición de entrada se cumpla para seguir con la ejecución del programa.

A continuación se ve un ejemplo en el que esperamos a que la entrada digital ED1 se ponga a 1 para continuar con la ejecución del programa.

```
WAITDI ED1, 1;
```

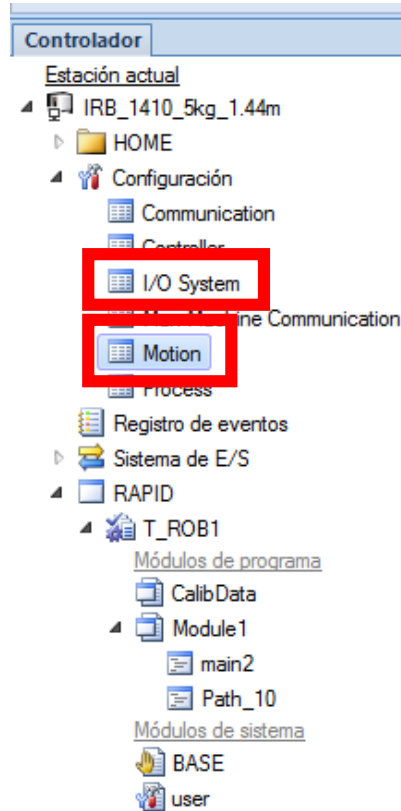
Para trabajar con una salida la sintaxis es **SetDO Salida, valor;**

**3.4.1.2. Explicación de la estructura planteada**

**3.4.1.3. Explicación de las instrucciones usadas y método usado**

Primero se va a explicar la línea de fabricación de embragues.

El árbol de controlador es el siguiente:

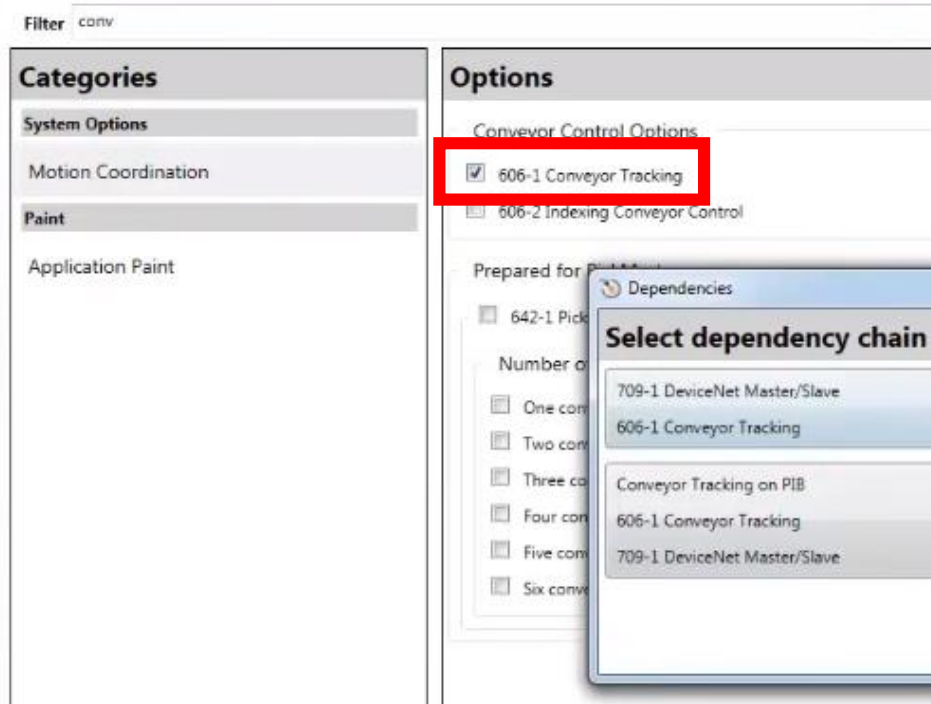


102.-Explicación de los paquetes instalados

Se observa que el controlador tiene instalado el paquete **I/O System** que permite que podamos manejar entradas y salidas con el robot. Además vemos que está el paquete **Motion** que permite que el robot haga el seguimiento de la pieza para soldar al vuelo sin detención de la línea.

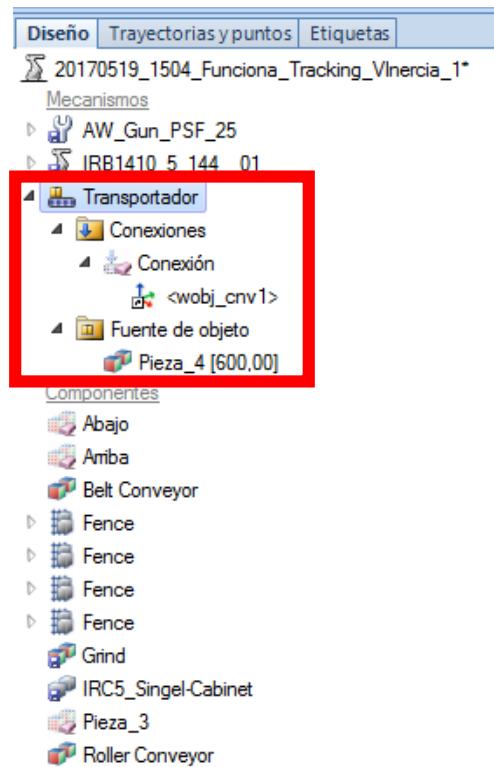
Para añadir esta opción en el controlador se ha tenido que añadir la opción **Conveyor tracking** en la configuración del controlador, tal y como se observa en la siguiente imagen.





103.-Paquete adicional conveyor tracking

El árbol de diseño es el siguiente:

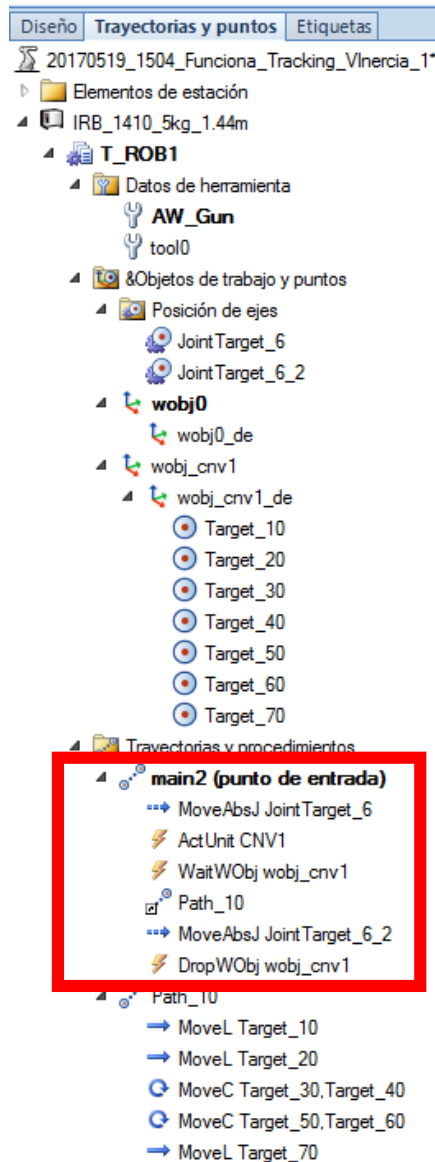


104.-Arbol de diseño

Se puede observar que en esta sección de diseño tenemos el mecanismo **Transportador**. Se observa que en el árbol de Transportador tenemos una conexión con **wobj\_cnv1** que es el WorkObject del conveyor (transportador).

Además vemos una fuente de objeto que es **Pieza\_4** que es la geometría que se mueve por el transportador; que en este caso es el disco de embrague. Acabamos de ver la configuración del mecanismo transportador; hemos visto que tenemos que asignarle una pieza de trabajo (disco de embrague) que es la pieza que se mueve por el transportador. Y además hacer una conexión a un WorkObject que será el workobject en donde se volcará la información del encoder de la cinta transportadora, para que podamos hacer el seguimiento de los objetos que se mueven por la cinta.

El árbol de trayectorias y puntos tiene la siguiente pinta



#### 105.-Secuencias de acciones y movimientos

Aquí hay que explicar la sección marcada en rojo, que se llama **main2**. Esta es la sección principal y contiene todas las instrucciones a ejecutar por el robot. Pasemos a explicar todas las instrucciones que se ven en **main2**:

- **MoveAbsJ JointTarget\_6** Esta instrucción es de movimiento. Se trata de un movimiento en coordenadas absolutas. Es el movimiento hacia

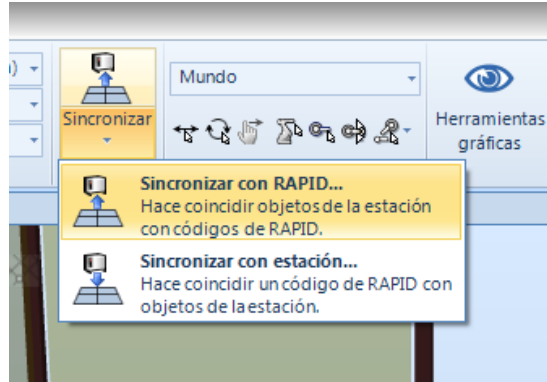
el “Home”, es decir la posición de reposo mientras no se está soldando. Esta posición es necesaria; el controlador del robot exige una posición de referencia absoluta de reposo cuando usamos la opción de **conveyor tracking**. Esta referencia es en modo Joint para que sea una posición concreta independiente del sistema de coordenadas que esté cargado en ese momento. Se puede observar en el directorio **posición de ejes** cómo aparece ahí el punto **JointTarget\_6** que acabamos de comentar. Realmente no es un punto del espacio, si no la configuración en ángulos de todas las articulaciones, dado que es de tipo Joint. Así que es una posición independiente del sistema de coordenadas y además inequívoca. Al contrario de lo que ocurre con puntos de coordenadas espaciales en donde el robot puede adoptar diferentes posiciones para llegar a ese punto, debido a las singularidades. Por eso decimos que **Joint** es una posición absoluta.

- **ActUnit CNV1** Esta instrucción activa un mecanismo, en este caso activamos el mecanismo **CNV1**, es decir el conveyor 1, osea el transportador. En cuanto se ejecuta esta instrucción, el transportador pasa a ser monitorizado y controlado por el robot. El robot tiene una entrada del encoder de la cinta transportadora, que permite al robot hacer el seguimiento de la pieza. El robot tiene una salida al transportador, que es el motor de la cinta; cuando el robot está preparado, arranca el motor de la cinta transportadora.
- **WaitWObj wobj\_cnv1** Esta instrucción establece una conexión al objeto de trabajo **cnv1**. Cómo hemos visto antes en la configuración del mecanismo **transportador**, este está conectado al objeto de trabajo **wobj\_cnv1**, es por eso que tenemos que contemplar una instrucción que active dicho objeto de trabajo para tenerlo operativo en el mecanismo.
- **Path\_10** Esto es la trayectoria de soldeo. Es la consecución de puntos que tiene que seguir la antorcha para soldar el disco de embrague. Podemos observar en el desplegable **Path\_10** los puntos que componen la trayectoria. Observamos instrucciones de tipo circular; esto es debido a que la pieza a soldar (disco de embrague bimasa) posee una geometría circular, por lo que la instrucción de movimiento la configuramos de tipo circular, para que el movimiento tenga más resolución con menos puntos e implique menos esfuerzo de cálculo que si usáramos un movimiento lineal.
- **MoveAbsJ JointTarget\_6\_2** Esto es la posición home de nuevo. Una vez realizada la trayectoria de soldeo **Path\_10** nos vamos a la posición de reposo.
- **DropWObj wobj\_cnv1** Esto libera el workobject. Es obligatorio usarlo después de realizar el movimiento por la trayectoria de soldeo, dado que habíamos activado el workobject con **WaitWObj**.

Con todas estas instrucciones ya se puede hacer la simulación en RobotStudio de la línea y es completamente funcional. Digamos que la programación que hemos contemplado hasta ahora es la mínima que hay que contemplar para

que la mecánica se mueva de la manera que queremos. Es la estructura básica de la programación.

Ahora lo que se hace es traducir esas instrucciones a lenguaje RAPID con el botón **SINCRONIZAR CON RAPID**.



106.-Sincronización con RAPID

El código RAPID queda de la siguiente manera:

```

1  MODULE Module1
2  CONST robtarget Target_10:=[[710,0,170],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1,0]
3  CONST robtarget Target_20:=[[710,0,70],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1,0]
4  CONST robtarget Target_30:=[[500,210,70],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1,
5  CONST robtarget Target_40:=[[290,0,70],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[0,-1,0,0],
6  CONST robtarget Target_50:=[[500,-210,70],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1
7  CONST robtarget Target_60:=[[710,0,70],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1,0]
8  CONST robtarget Target_70:=[[710,0,170],[0.016817251,-0.706906769,0.706906769,0.016817251],[-1,0,-1,0]
9  CONST jointtarget pAbsHome:=[[-12.490778454,-19.121814676,13.777650981,-146.616881705,-19.901941807,1
10 CONST jointtarget pAbsHome_2:=[[-12.490778454,-19.121814676,13.777650981,-146.616881705,-19.901941807
11 CONST jointtarget pAbs:=[[0,0,0,30,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];
12 CONST jointtarget pAbs_2:=[[7.846153846,-14,-2.788461538,-146.616881705,-19.901941807,141.897152686],
13 CONST jointtarget pAbs_3:=[[0,0,0,30,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];
14 CONST jointtarget JointTarget_4:=[[-9.153846154,0,19.423076923,0,16.807692308,-0.000000751],[9E+09,9E
15 CONST jointtarget JointTarget_4_2:=[[-9.153846154,0,19.423076923,0,16.807692308,-0.000000751],[9E+09,
16 CONST jointtarget JointTarget_4_3:=[[-9.153846154,0,19.423076923,0,16.807692308,-0.000000751],[9E+09,
17 CONST jointtarget JointTarget_6:=[[16.022423387,-14.850308284,12.788654957,-33.164478704,25.011094061
18 CONST jointtarget JointTarget_6_2:=[[16.022423387,-14.850308284,12.788654957,-33.164478704,25.011094061
19 PROC Path_10()
20   MoveL Target_10,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
21   MoveL Target_20,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
22   MoveC Target_30,Target_40,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
23   MoveC Target_50,Target_60,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
24   MoveL Target_70,v7000,z100,AW_Gun\WObj:=wobj_cnv1;
25 ENDPROC
26 PROC main2()
27   MoveAbsJ JointTarget_6,v1000,fine,AW_Gun\WObj:=wobj0;
28   ActUnit CNV1;
29   WaitWObj wobj_cnv1;
30   Path_10;
31   MoveAbsJ JointTarget_6_2,v1000,fine,AW_Gun\WObj:=wobj0;
32   DropWObj wobj_cnv1;
33 ENDPROC
34 ENDMODULE
    
```

107.-Vista del código generado

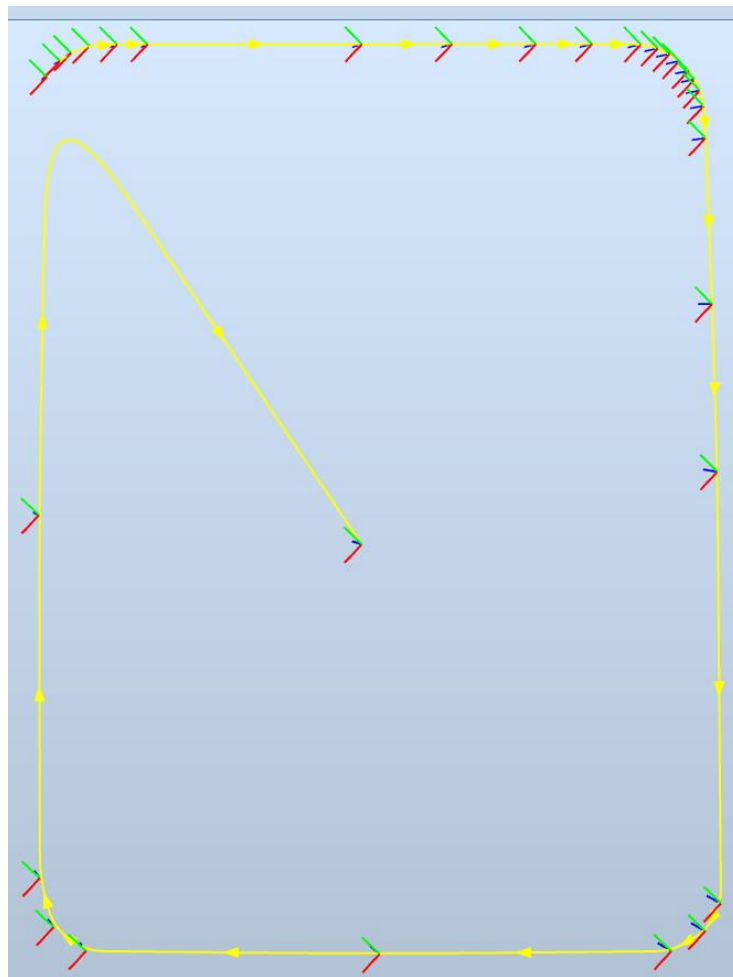
Si quisiéramos llevar a la realidad este proyecto, habría que añadir algunas instrucciones que pasamos a detallar. Lo que vamos a hacer es complicar un poco el código que hemos mostrado arriba.

- Control de la antorcha. Según el punto en el que se encuentre el robot, hay que activar la antorcha para soldar. Asumimos que la comunicación es por protocolo, pero esto no lo podemos simular. Hay que activar dos variables tal y como hemos visto en la sección de

técnica de soldadura. Hay que seguir una secuencia de activación-desactivación del arco-gas: abrir primero la electroválvula de la botella de gas, configurar parámetros de soldadura, conectar la masa si fuera necesario y activar el gas y electrodo.

- Entrada de habilitación de línea. Esta línea estará gestionada por un PLC de cabecera que gestione esta y otras líneas. Necesitamos una variable en la que el PLC pueda desactivarnos el permiso de trabajo, ya sea por que por seguridad se pare al abrir una barrera, o paren la línea desde el HMI o desde la oficina.

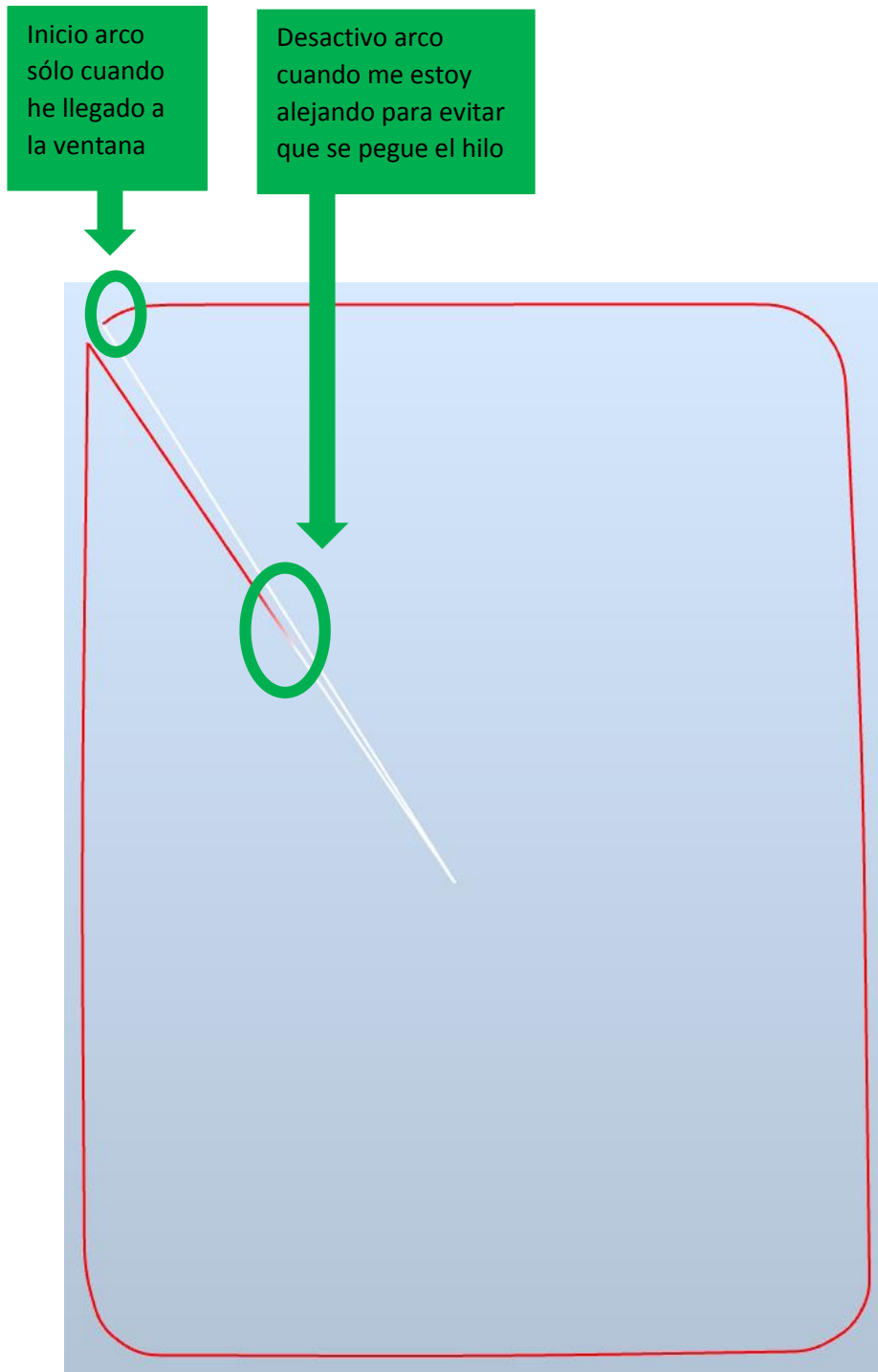
A continuación vemos la trayectoria de puntos que sigue la antorcha del robot.



108.-Trayectoria de soldadura de la ventana

A continuación vemos en rojo el cordón de soldadura. O mejor dicho el tiempo en el que el arco eléctrico está activado. Vemos que desactivamos el arco un poco después alejarnos de la ventana. Esto es para evitar que el hilo se quede pegado a la carrocería.



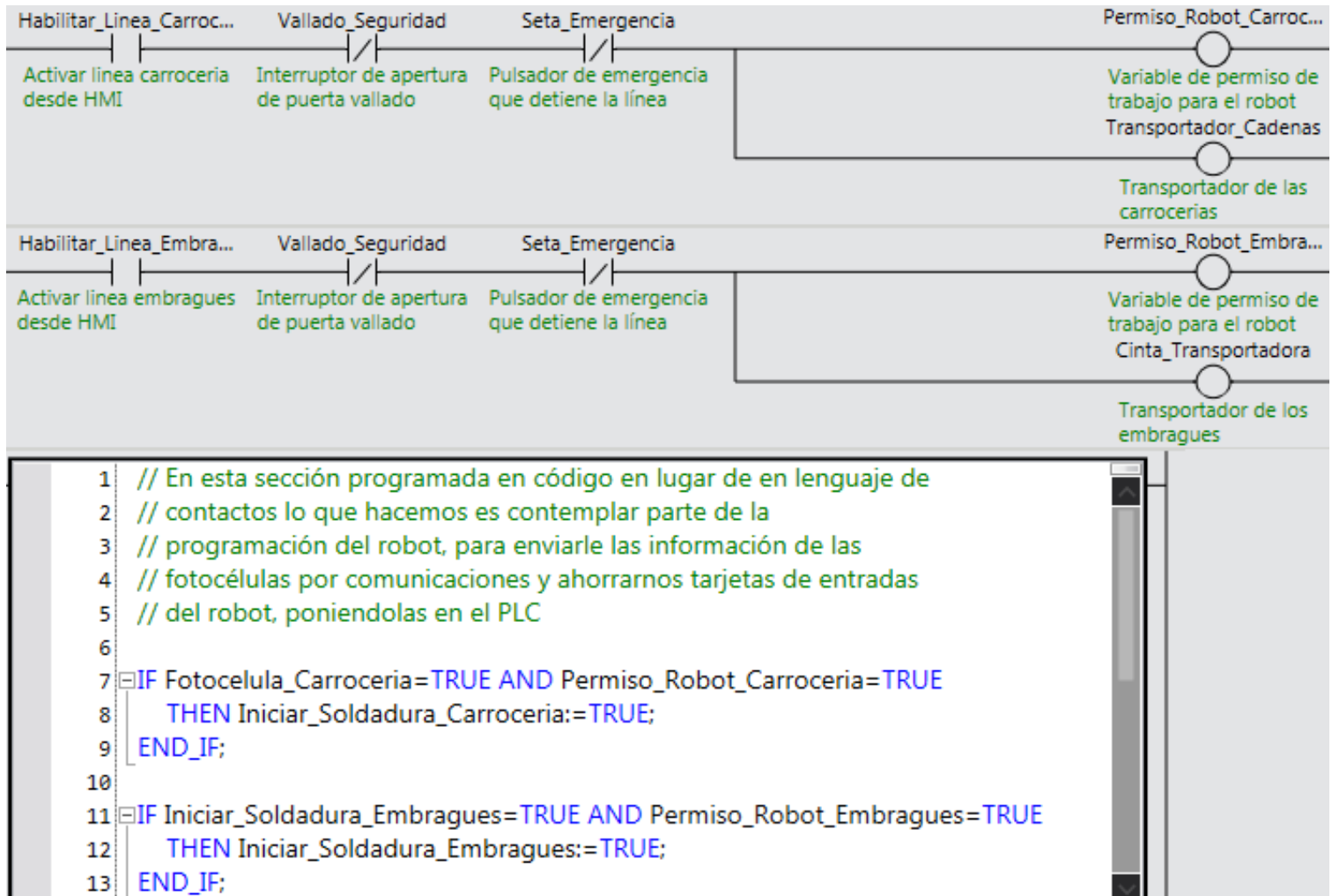


109.-Trayectoria de soldadura con activación de antorcha en rojo

### 3.4.2. Programación del PLC maestro de la línea

El PLC maestro de la línea es el controlador de cabecera que gestiona todas las líneas. Es el maestro de todos los robots y puede detenerlos en todo momento, ya sea por seguridad (cuando se abre una puerta o se pulsa la seta de emergencia), por petición del operario desde el HMI, o incluso por petición desde el ERP-SAP de la oficina.

A continuación vemos la programación del PLC. Se ha programado mediante el software SYSMAC STUDIO de Omron.



110.-Programa de PLC en Sysmac Studio

Observamos que hemos combinado una programación tradicional de PLC (contactos) con una programación de código en lenguaje estructurado. Esto lo hemos hecho para demostrar que este tipo de PLC permite combinar varios tipos de lenguajes dentro de un mismo programa.

La programación de contactos corresponde a la habilitación de las líneas de soldadura. Mientras La variable "Habilitar" esté a 1, la puerta de seguridad esté cerrada y la seta de emergencia no esté pulsada, enviamos al robot el permiso de soldadura y activamos el transportador.

Una vez que el robot recibe el permiso (una variable que enviamos por el protocolo Ethernet/IP) espera a que su fotocélula detecte una pieza para poder comenzar con la soldadura.

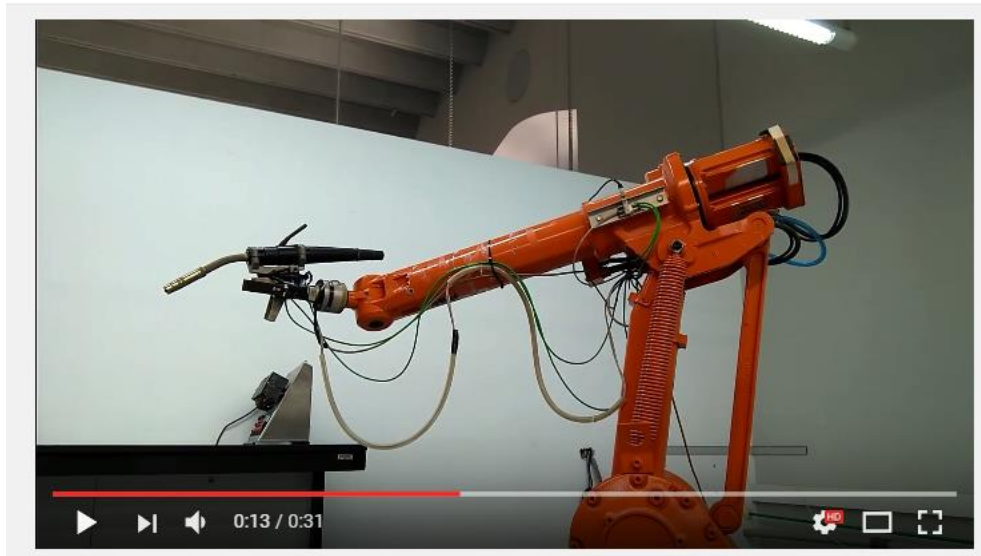
La programación de la fotocélula (esperar a que la fotocélula esté a 1 para comenzar la soldadura) la hemos contemplado en el robot. Hemos visto en las secciones anteriores que en el lenguaje RAPID hemos programado al robot para que espere a que la fotocélula esté a 1 para comenzar a soldar. Resulta que esta programación es correcta pero exige que el robot tenga entradas digitales. No siempre los robots disponen de entradas digitales, es por eso que esta programación se suele incluir en el PLC, porque que dispone de entradas digitales de sobra sin coste adicional.

Precisamente esta programación es la que se ha incluido en el PLC en el lenguaje estructurado que se ve en la imagen anterior. En dicho código vemos cómo esperamos a que la fotocélula detecta pieza para iniciar la soldadura. Realmente esperamos a tener permiso (que viene dado por el lenguaje de contactos anterior) y a que la fotocélula correspondiente se ponga a 1. La variable que activamos es "Iniciar\_Soldadura\_" y esta variable se envía por comunicaciones al robot, por Ethernet/IP. Así conseguimos que todos los sensores estén conectados al PLC, ahorrándonos tarjetas de entrada del robot. Además conseguimos unificar todas las señales en el cuadro de control de cabecera siendo más cómodo hacer mantenimientos y localizar averías.

### **3.5. Simulación en Robot Studio y robot DISA**

Todas las simulaciones se han grabado y se muestran a continuación. En el siguiente enlace podemos ver un vídeo de la simulación del programa en el robot ABB del laboratorio de DISA. Vemos cómo la antorcha recorre toda la trayectoria de soldadura de la ventana.

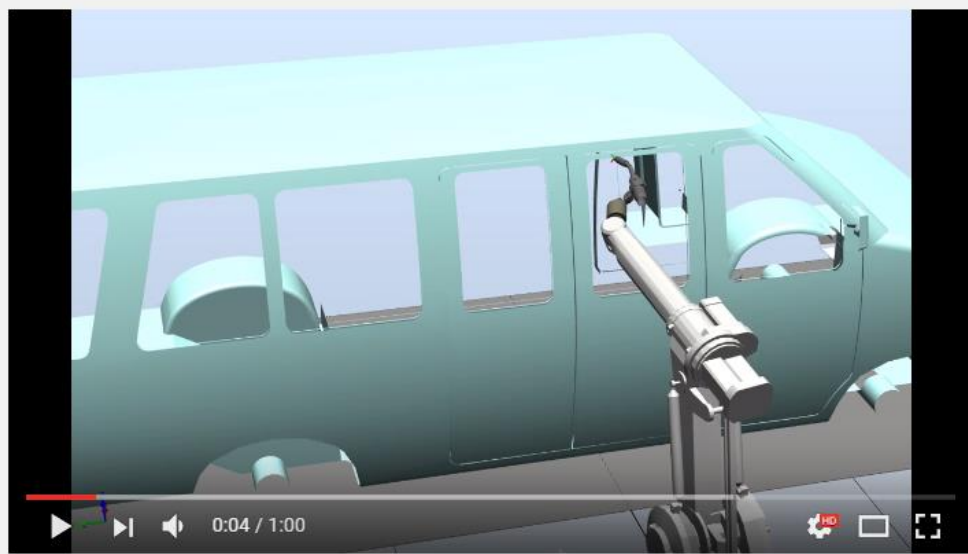
<https://www.youtube.com/watch?v=WhYglB0r2eM>



111.-Vídeo del robot del laboratorio ejecutando trayectoria soldadura

En el siguiente enlace podemos ver la simulación en Robot Studio de la celda de carrocería.

<https://www.youtube.com/watch?v=Qri8IHGqon4>



112.-Vídeo de la línea de soldadura de carrocería

En el siguiente enlace podemos ver la simulación en Robot Studio de la celda de carrocería.

<https://www.youtube.com/watch?v=AHEiXoTnevA>



113.-Vídeo de la línea de soldadura de embragues

#### 4. **Conclusiones y futuros desarrollos**

Podemos concluir que se ha diseñado la línea cumpliendo todos los requisitos establecidos en esta memoria. Se han satisfecho los requisitos técnicos al cumplir especificaciones, los requisitos de seguridad mediante el cumplimiento de directiva de máquinas y los requisitos de gestión mediante una producción superior a la del cuello de botella.

Conociendo los resultados obtenidos, vamos a compararlos con los objetivos que se plantearon en la propuesta para saber si la planificación que se organizó se ha cumplido. Al revisar la propuesta vemos cómo coinciden perfectamente los objetivos planteados y planificación con los resultados que hemos obtenido, aunque hay que aclarar 2 puntos que se han desarrollado con diferente detalle:

- En la propuesta se dijo de hacer primero una soldadura de punteo y un posterior cordón fino. Realmente se ha hecho únicamente soldadura por cordón, sin punteo previo. Se podría hacer, pero carece de interés. Una vez se tiene la trayectoria es igual de fácil hacer que suelde por puntos o por cordón continuo, por lo que una vez tenemos hecha la programación para el cordón, carece de interés académicamente el repetir el proceso para hacerlo por puntos. Se ha preferido dedicar ese tiempo a aprender más funciones de Robot Studio.
- En la propuesta se dice que el diseño de componentes como la cinta transportadora se va a hacer en SolidWorks. Realmente se descubrió después que existe un paquete en RobotStudio que ya tiene dichos componentes por lo que es más cómodo que diseñar desde cero todos los componentes, y es la opción que se ha usado. Cuando se dijo en la propuesta que los componentes iban a ser en SolidWorks era porque no se conocía la existencia del paquete mencionado.

Respecto a los futuros desarrollos, hay que tener en cuenta que este proyecto realmente es una pincelada, una simplificación tremenda de la realidad. Por eso hay muchas cosas pendientes de mejorar en futuros desarrollos.

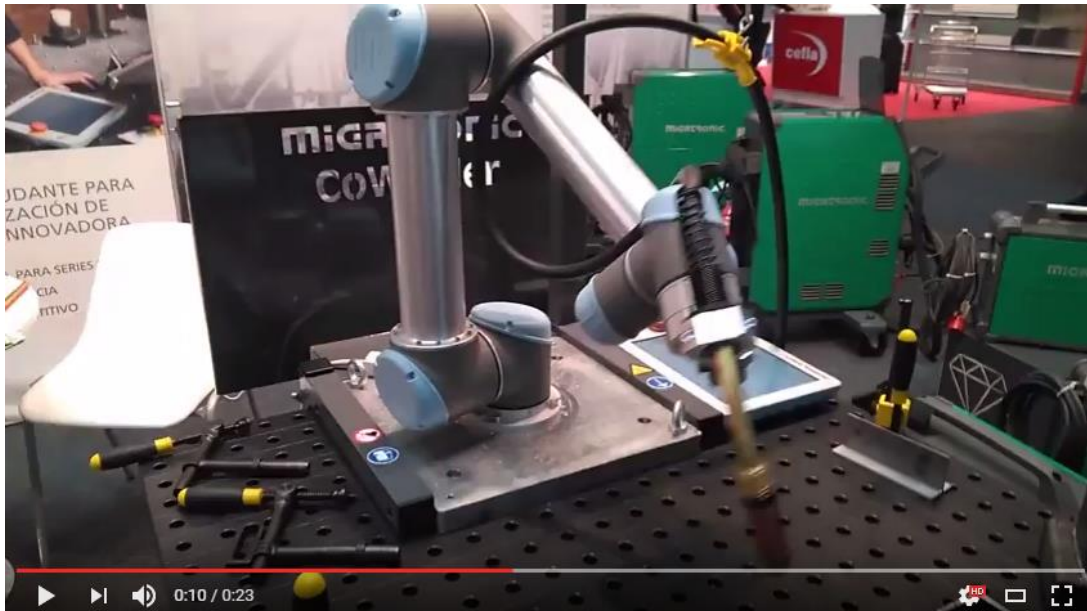


Una importante mejora sería contemplar la soldadura de la carrocería completa. En lugar de hacer sólo una ventana, quedaría pendiente realizar la soldadura completa de la carrocería.

Otra mejora pendiente sería que la línea fuese capaz de aceptar diferentes tipos de carrocería; varios modelos de coche. Para esto habría que programar las trayectorias de todos los modelos de coche que se quieran soldar, e indicar de alguna manera al robot que trayectoria debe ejecutar en cada momento, dependiendo de la carrocería que sea. Esta detección se podría hacer con fotocélulas. Colocando fotocélulas en sitios clave, según la geometría de cada carrocería, se puede saber de qué modelo se trata y qué trayectoria de soldadura tenemos que ejecutar.

Otro futuro desarrollo sería realizar la soldadura con un robot colaborativo. Al visitar la feria industrial de Bilbao los días 7 y 8 de Junio nos dimos cuenta que la tendencia de la robótica tiende a lo colaborativo. En el siguiente vídeo vemos una celda de soldadura con robot colaborativo, que se exponía en dicha feria. Actualmente los robots colaborativos sólo sueldan pequeñas piezas de geometría sencilla, pero está claro que la tendencia es que los futuros desarrollos integren robots colaborativos en líneas de soldadura de carrocería.

<https://www.youtube.com/watch?v=TbJaeua1VLk>



114.-Vídeo del robot de soldadura colaborativo

## 5. Glosario de términos

### A

**Antropomórfico.** Se denominan antropomórficos a los brazos robóticos que tienen forma de brazo humano. La mayoría de robots de soldadura son de brazo antropomórfico.

**Atex.** Se trata de una directiva que se aplica a requerimientos de equipos instalados en atmosferas explosivas. Los robots de pintura al trabajar con disolventes que son volátiles están certificados para trabajar en zonas ATEX.

### B

**Bruñido.** Proceso final de mecanizado con un abrasivo duro que le dota a la pieza gran calidad superficial. Muchas operaciones de este tipo son manejadas por un robot que se encarga de posicionar en la máquina la pieza a mecanizar.

**BIW. Body in White.** Denominación de las carrocerías soldadas por resistencia, MIG/MAG o laser antes del proceso de pintura.

**Bumper.** Protección del subchasis delantero de un coche que se fabrica mediante soldadura MIG/MAG.

**Brazo de suspensión.** Elemento cinemático de la suspensión que une la rueda al chasis del coche y la acompaña en su recorrido de arriba abajo. Es un elemento clásico fabricado por BENTELER mediante soldadura robotizada.

### C

**Can end machinery.** Maquinaria de final de línea de fabricación de botes y latas.

**Colector de escape.** Conjunto de conductos que recogen los gases de escape de cada cilindro y los distribuyen al tubo de escape. La fabricación de esta pieza consiste en la soldadura robotizada de dos mitades embutidas.

**Conveyor.** En inglés quiere decir transportador. Ya sea un transportador de cinta, de cadenas, de rodillos...



116.-Transportador de rodillos (roller conveyor)



115.-Transportador de cinta (belt conveyor)

**Conveyor tracking.** Sistema de seguimiento de una cinta transportadora por parte del robot para poder manipular los objetos en movimiento.

## D

Devicenet. Protocolo de comunicaciones de campo basado en CANBUS. Las tarjetas adicionales de los robots ABB se comunican con el armario del robot mediante Devicenet.

## E

Encoder. Es un codificador rotatorio que convierte la posición angular de un eje a un código digital. Todos los motores de los robots llevan un encoder para realimentar la posición.

Ethernet/IP. Protocolo de comunicaciones a nivel de planta y gestión, usado ampliamente por Omron. Muchos robots se comunican con el PLC maestro de la línea mediante Ethernet/IP.

## F

Ferodo. Material composite que se usa para recubrir zapatas y elementos de frenado. En concreto se usa en todas las articulaciones de los robots como elemento de enclavamiento seguro.

## G

## H

## I

Interproveedor. Figura creada por Mercadona para definir la relación de exclusividad que tiene con algunos proveedores. Permite a Mercadona disponer de fábricas propias sin gastar en infraestructuras. Se caracterizan por ser fábricas orientadas a la competitividad, con grandes inversiones en automatización y robótica.

## J

## K

## L

Lean Manufacturing. Se trata de una filosofía de trabajo que busca la eficiencia de todos los procesos para aumentar la competitividad. La robótica supone una herramienta fundamental para el aumento de la competitividad por lo que es un elemento común del Lean Manufacturing.

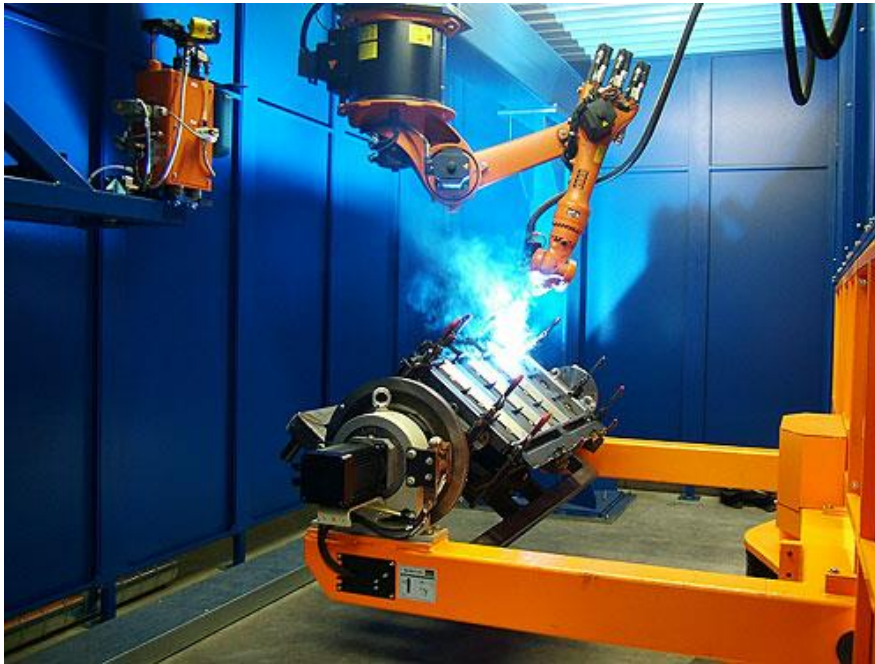
## M

Mesa de soldadura. Se trata de una mesa donde se posicionan y sujetan con posición milimétrica las piezas a unir. En esta mesa se prepara una bancada donde encajan a la perfección las chapas a unir para que la posición de unión sea la buscada. A continuación vemos una mesa de soldadura manual, en donde el operario sujeta con sargentos la estructura a soldar, y conforme avanza el proceso va girando el volante para voltear la estructura para que la posición de soldeo sea más cómoda.



*117.-Mesa de soldadura manual*

A continuación vemos una mesa de soldadura automatizada. Vemos que el volteador ahora es accionado por un motor. En concreto este motor es un servo y funciona como un eje externo del robot, así la sincronización es perfecta entre el robot y la mesa. En este caso el robot tiene 7 grados de libertad.



*118.-Mesa de soldadura automatizada*

Como podemos observar, una estación de soldadura se compone de un robot soldador y de una mesa automatizada.

Matricería. Es la actividad industrial que se dedica a la fabricación de moldes, ya sea para inyección de plástico, moldeo o soplado. En este sector los robots hacen operaciones de soldadura, mecanizado y manipulado de moldes y figuras.

Máquina CNC. Máquina de control numérico que realiza operaciones de mecanizado, fresado o torneado. En este sector los robots se encargan de posicionar los macizos de acero en la máquina y de retirar la pieza una vez mecanizada.





119.-Robot introduciendo piezas en máquina CNC

M

N

O

OEM. Original equipment manufacturer. Son empresas auxiliares de componentes de automoción que fabrican los componentes originales para las marcas.

P

Palpador. Se trata de un vástago de inspección que sirve para medir las piezas fabricadas y comprobar que las dimensiones están dentro de tolerancias.

ProfiBus. Protocolo de comunicaciones de campo.

ProfiNet. Protocolo de comunicaciones basado en Profibus implementado en la capa Ethernet. Es propietario de Siemens.

Q

R

Rectificado. Operación de mecanizado por abrasión con alta precisión dimensional y con pocas rugosidades. En las máquinas rectificadoras los robots hacen operaciones para introducir las piezas en la máquina y retirarla después del rectificado.

S

Servofreno. Componente amplificador del sistema de frenado. Se fabrica con chapas embutidas y posteriormente soldadas con robots.



120.- Servofreno

5S. Es un método de orden japonés que se basa en la clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Surgió en Toyota y está muy extendido en la industria del automóvil.



121.-Lugar de trabajo organizado mediante 5S

Esta filosofía está muy orientada a reducir tiempos de preparación de máquina. Se aplica en los robots industriales para reducir tiempos muertos intermedios y así aumentar la productividad.

T

TCP. Tool center point. Es el muñón del robot donde acoplamos la herramienta.

Teach pendant. Es la consola del robot desde la cual podemos programar de manera local el robot y configurarlo.



122.-Consola teach pendant en un robot FANUC

Travesía. Pieza estructural del paragolpes que lo atraviesa horizontalmente para darle rigidez. Es una pieza embutida en chapa y unida mediante soldadura robotizada por puntos, ya sea por resistencia o MIG/MAG.



123.-Travesía paragolpes trasero



U

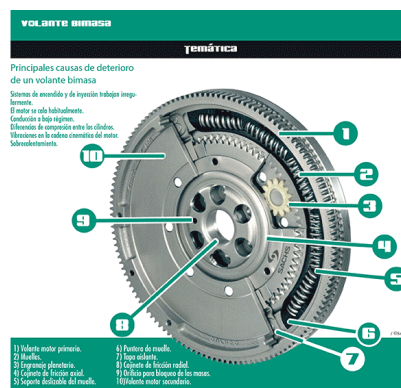
V

Visión 3D. Técnica de inspección automatizada mediante reconstrucción y análisis de imágenes tridimensionales. Se usa en la soldadura robotizada para inspección de cordones, y junto con el análisis en rayos X permite analizar la calidad de la unión. Es una técnica que se ha desarrollado ampliamente en el sector alimentación para inspeccionar botes y envases. A continuación vemos un sistema de inspección de envases.



124.-Inspección de botes mediante visión 3D

Volante de inercia. Se trata de un sistema acoplado entre el embrague y la caja de cambios que viene a reducir las vibraciones del motor.



125.-Volante de inercia



W

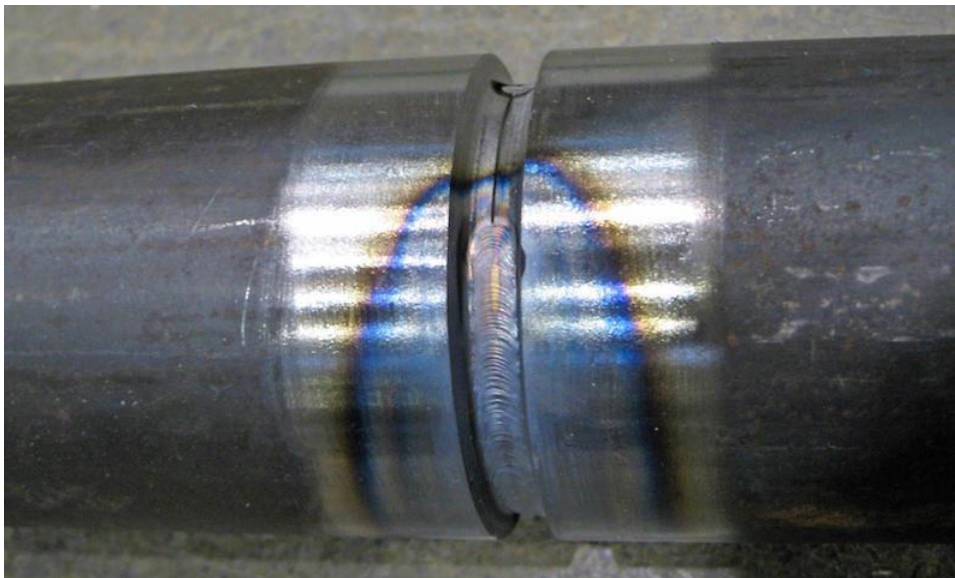
X

Y

Z







Zat. Zona afectada térmicamente. Cuando realizamos una soldadura el calor aplicado no sólo se focaliza en el cordón fundido sino también en el metal próximo que no llega a fundir pero alcanza alta temperatura. Esta zona se puede identificar por unas bandas brillantes en la soldadura. Este color es debido a la oxidación de la superficie. La ZAT no es simplemente colores brillantes sino también problemas mecánicos y de resistencia a la corrosión. El calor que se produce y el rápido enfriamiento causan cambios en las propiedades mecánicas.



A continuación vemos un conducto de escape soldado mediante robot en donde se aprecia la zona afectada térmicamente al realizar la soldadura mediante el proceso MIG/MAG.



126.-Zona afectada térmicamente

En la imagen superior podemos apreciar los diferentes brillos y colores de la ZAT. A continuación vemos el significado de esos colores según la temperatura alcanzada.

color		temperatura
amarillo claro		290 °C
amarillo pálido		340 °C
amarillo intenso		370 °C
marrón		390 °C
marrón morado		420 °C
púrpura oscuro		450 °C

<b>color</b>		<b>temperatura</b>
azul		540 °C
azul oscuro		600 °C

*127.-Tabla de temperaturas según color de la ZAT*

Según esta tabla en la zona colindante al cordón se han alcanzado temperaturas de hasta 600°C.

## 6. **Imágenes**

- IMAGEN 1. <http://binarii.es/>
- IMAGEN 2. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Lazo\\_de\\_control\\_realimentado.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Lazo_de_control_realimentado.png)
- IMAGEN 3. <http://www.practicalmachinist.com/vb/attachments/f72/97159d1390202061-industrial-robot-holding-its-position-while-power-off-fail-safe-brake296.jpg>
- IMAGEN 4. Pagina 18 libro Barrientos
- IMAGEN 5. [http://www.exposolar.org/2010/data\\_file/board/main2.jpg](http://www.exposolar.org/2010/data_file/board/main2.jpg)
- IMAGEN 6. [https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjN9Z6ZjZTAhWB0xQKHXP4CQMqjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.roboticaindustrial.org%2F2014%2F03%2F21%2Fnuevo-robot-eficiente-para-soldadura-arco-que-permite-produccion-247-mas-rentable%2F&psig=AFQjCNEiuAq9a3Ubtm\\_LRzcaV1pMH-\\_BqQ&ust=1491989497160400](https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjN9Z6ZjZTAhWB0xQKHXP4CQMqjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.roboticaindustrial.org%2F2014%2F03%2F21%2Fnuevo-robot-eficiente-para-soldadura-arco-que-permite-produccion-247-mas-rentable%2F&psig=AFQjCNEiuAq9a3Ubtm_LRzcaV1pMH-_BqQ&ust=1491989497160400)
- IMAGEN 7. <http://www.abc-pack.com/images/Paletizado-y-despaletizado-envases-metalicos.jpg>
- IMAGEN 8. <http://www.matriruiz.com/images/maquinaria3.png>
- IMAGEN 9. <http://www.metrol.co.jp/es/products/touch-probe/>
- IMAGEN 10. [http://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/resources/images/cdn/cms/MMS\\_0413\\_bp\\_gosiger\\_1.jpg](http://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/resources/images/cdn/cms/MMS_0413_bp_gosiger_1.jpg)
- IMAGEN 11. Página 63, figura 6.1, libro: Soldadura mig/mag. Gerardo Aguilar Lahoz.
- IMAGEN 12. <http://www.cieautomotive.com/documents/10182/118414/mosaico-biw-chassis.png/88d3e0ef-7464-4e77-b23f-812af4f85e69?t=1448884907000>
- IMAGEN 13. [http://blog.reparacion-vehiculos.es/hs-fs/hubfs/Im%C3%A1genes\\_Post/Junio\\_2016/tipos-de-carrocerias.jpg?t=1492763042227&width=788&name=tipos-de-carrocerias.jpg](http://blog.reparacion-vehiculos.es/hs-fs/hubfs/Im%C3%A1genes_Post/Junio_2016/tipos-de-carrocerias.jpg?t=1492763042227&width=788&name=tipos-de-carrocerias.jpg)
- IMAGEN 14. [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/212fb7c7981ff2a983257e77004c74f6/\\$file/Robots-Ford.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/212fb7c7981ff2a983257e77004c74f6/$file/Robots-Ford.jpg)
- IMAGEN 15. [http://www.elchapista.com/images/curso\\_chapa\\_chapista/soldadura\\_por\\_puntos\\_de\\_resistencia/robots\\_soldadura\\_vehiculos.jpg](http://www.elchapista.com/images/curso_chapa_chapista/soldadura_por_puntos_de_resistencia/robots_soldadura_vehiculos.jpg)
- IMAGEN 16. [https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwit3I7855vTAhUKBBoKHQ2IBQMqjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.alcavil.com.mx%2Fsoldadura-por-resistencia-correcta%2F&psig=AFQjCNGDe4nFYTd5\\_3FfdkXL58gd1O5Zfg&ust=1491979777829061](https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwit3I7855vTAhUKBBoKHQ2IBQMqjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.alcavil.com.mx%2Fsoldadura-por-resistencia-correcta%2F&psig=AFQjCNGDe4nFYTd5_3FfdkXL58gd1O5Zfg&ust=1491979777829061)
- IMAGEN 17. [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/15170-3572507.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/15170-3572507.jpg)
- IMAGEN 18. <https://www.vanguardia-industrial.net/wp-content/uploads/2014/05/paises-emergentes-impulsan-industria-de-pintura-y-recubrimientos.jpg>
- IMAGEN 19. <http://www.robotic-lab.com/blog/uploads/2012/06/kuka-robocoaster.png>
- IMAGEN 20. <http://www.3ders.org/images/fabclay-3d-printer-7.jpg>
- IMAGEN 21. <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj0tLCbl5zTAhVDwxQKHfOyBbEQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.infopl.net%2Fhistorias-exito%2Fitem%2F103549-ford-robot-colaborativo-cobot-kluka&psig=AFQjCNHzITdwlOy9CaCLMI4s60LUAEuYiQ&ust=1491992467466328>
- IMAGEN 22. [http://www.elcorreogallego.es/img/noticias/20161130/6\\_771932\\_manual.jpg](http://www.elcorreogallego.es/img/noticias/20161130/6_771932_manual.jpg)
- IMAGEN 23. Vídeo propio grabado en la feria de Bilbao  
<https://www.youtube.com/watch?v=TbJaeua1VLk>

- IMAGEN 24. [https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS7RxxnqItCaQZ1B9i0josk-Y\\_mUpd2fVVFrRbV\\_f5koakDKFLwltcNsk](https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS7RxxnqItCaQZ1B9i0josk-Y_mUpd2fVVFrRbV_f5koakDKFLwltcNsk)
- IMAGEN 25. <http://laserwelding-3581.kxcdn.com/images/content/Robotic-installation-laser.jpg>
- IMAGEN 26. [http://www.matriruiz.com/images/maquinaria\\_robot.png](http://www.matriruiz.com/images/maquinaria_robot.png)
- IMAGEN 27. [http://www.autorepuestosa2.es/uploaded\\_images/111382163.jpg](http://www.autorepuestosa2.es/uploaded_images/111382163.jpg)
- IMAGEN 28. [http://www.arcetools.com/image/productos\\_welding\\_fixtures\\_foto\\_01.png](http://www.arcetools.com/image/productos_welding_fixtures_foto_01.png)
- IMAGEN 29. <http://www.pedparts.co.uk/c/asset/yasuni-visit/yasuni-welding.jpg>
- IMAGEN 30. Vídeo propio grabado en la Feria de Bilbao  
<https://www.youtube.com/watch?v=AKLxGrbS51A>
- IMAGEN 31. <http://www.agenciasgeneralesdemexico.com.mx/imagenes/altool.jpg>
- IMAGEN 32. [http://www.mtorres.es/sites/default/files/productos/torreslayup\\_automatic\\_tape%20layer\\_MTorres\\_09.jpg](http://www.mtorres.es/sites/default/files/productos/torreslayup_automatic_tape%20layer_MTorres_09.jpg)
- IMAGEN 33. <http://www.inemur.com/images/paletizado%20de%20cajas%20y%20paquetes%204.jpg?crc=3973317326>
- IMAGEN 34. <http://perichan.com/wp-content/uploads/2011/07/destacado2.jpg>
- IMAGEN 35. Oferta de trabajo cortesía de ROPTEX S.L.
- IMAGEN 36. Página 204, figura 6.1, libro: Soldadura mig/mag. Gerardo Aguilar Lahoz.
- IMAGEN 37. Página 18, libro: Manual de soldadura OERLIKON
- IMAGEN 38. P.143, figura 4.33, libro: Manual de soldadura vol1.
- IMAGEN 39. [http://shopmetalttech.com/images/article/articles\\_2016/ABB\\_IRB\\_2600ID\\_II.jpg](http://shopmetalttech.com/images/article/articles_2016/ABB_IRB_2600ID_II.jpg)
- IMAGEN 40. [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_sa/Images/automotive-body-in-white-biw\\_tcm1004-219547.jpg](https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/Images/automotive-body-in-white-biw_tcm1004-219547.jpg)
- IMAGEN 41. [http://www.selcoweldingequipment.co.uk/uploads/1/3/2/5/13259119/adler\\_milano\\_italy.pdf](http://www.selcoweldingequipment.co.uk/uploads/1/3/2/5/13259119/adler_milano_italy.pdf)
- IMAGEN 42. [http://www.selcoweldingequipment.co.uk/uploads/1/3/2/5/13259119/9904248\\_orig.jpg](http://www.selcoweldingequipment.co.uk/uploads/1/3/2/5/13259119/9904248_orig.jpg)
- IMAGEN 43. Captura de pantalla del paquete de software específico de soldadura ABB
- IMAGEN 44. <https://cdn.teileshop.de/thumb?m=1&id=1219808&lng=es&n=1>
- IMAGEN 45. Captura de pantalla de la celda de soldadura de embragues propuesta
- IMAGEN 46. Captura de pantalla de la celda de soldadura de carrocería propuesta
- IMAGEN 47. Captura de pantalla de Google Maps en donde se ven los proveedores de SEAT que están colindantes a la misma
- IMAGEN 48. <http://www.robotusatikuka.com/Robots.html>
- IMAGEN 49. Estación de soldadura de embragues propuesta
- IMAGEN 50. Estación de soldadura de carrocería propuesta
- IMAGEN 51. <http://1.bp.blogspot.com/-0CAMc4N0e68/VLG5-75qvWI/AAAAAAAAACyE/L82l1fZ99nc/s1600/PTPMotion.jpg>
- IMAGEN 52. [http://nikaisl.com/wp/wp-content/gallery/nt-500/img\\_2765.jpg](http://nikaisl.com/wp/wp-content/gallery/nt-500/img_2765.jpg)
- IMAGEN 53. <http://www.selcoweld.com/it/download-zone/brochures/automations-robotics/258-automations-robotics-brochure-en/file.html>
- IMAGEN 54. [http://www.infopl.net/files/imagenes/descargas/omron/2425\\_00.jpg](http://www.infopl.net/files/imagenes/descargas/omron/2425_00.jpg)
- IMAGEN 55. [https://imagenes.omron.es/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/NS15/images/NS15-TX\\_Web400x400.jpg](https://imagenes.omron.es/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/NS15/images/NS15-TX_Web400x400.jpg)
- IMAGEN 56. Captura de pantalla de Robot Studio de la estación de soldadura de embragues
- IMAGEN 57. [http://www.randomthoughtpattern.com/belt\\_catalog\\_UNI.pdf](http://www.randomthoughtpattern.com/belt_catalog_UNI.pdf)
- IMAGEN 58. <http://www.rodilloscodimar.com/es/>

- IMAGEN 59. [http://www.marcado-ce.com/imagenes/marcado\\_ce/logotipo\\_marcado\\_ce\\_dimensiones\\_composicion\\_cuadrícula\\_hr.jpg](http://www.marcado-ce.com/imagenes/marcado_ce/logotipo_marcado_ce_dimensiones_composicion_cuadrícula_hr.jpg)
- IMAGEN 60. Captura de pantalla del catálogo de motores ALREN suministrado por el proveedor local: Comercial Industrial García.
- IMAGEN 61. Captura de pantalla del catálogo de reductores TAUSEND suministrado por el proveedor local: Comercial Industrial García.
- IMAGEN 62. Captura de pantalla del catálogo de reductores TAUSEND suministrado por el proveedor local: Comercial Industrial García.
- IMAGEN 63. [https://electricousado.com/11541-thickbox\\_default/reductor-tausend-motoren-rstv050.jpg](https://electricousado.com/11541-thickbox_default/reductor-tausend-motoren-rstv050.jpg)
- IMAGEN 64. [https://images.omron.es/IAB/Products/Motion%20and%20Drives/Frequency%20Inverters/Pumps%20&%20Fans/MX2/images/MX2\\_nieuw400x400.jpg](https://images.omron.es/IAB/Products/Motion%20and%20Drives/Frequency%20Inverters/Pumps%20&%20Fans/MX2/images/MX2_nieuw400x400.jpg)
- IMAGEN 65. <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/157e/0900766b8157e0cf.pdf>
- IMAGEN 66. <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/11ef/0900766b811ef741.pdf>
- IMAGEN 67. [http://www.matriceriabecker.com.ar/images/matriceria\\_becker\\_estampado\\_5.jpg](http://www.matriceriabecker.com.ar/images/matriceria_becker_estampado_5.jpg)
- IMAGEN 68. Captura de pantalla en Robot Studio de la celda de soldadura de carrocería
- IMAGEN 69. <http://www.movitec-ws.com/templates/movitec/UserFiles/Image/productos/sistemas-manutencion/transportadores-cadenas/transportador-de-3-cadenas.jpg>
- IMAGEN 70. [http://3.bp.blogspot.com/-v-xENGDy6-k/VQRYcRvXzGI/AAAAAAAAADA/-v60Gul4nJ4/s1600/vallado\\_de\\_gran\\_altura.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-v-xENGDy6-k/VQRYcRvXzGI/AAAAAAAAADA/-v60Gul4nJ4/s1600/vallado_de_gran_altura.jpg)
- IMAGEN 71. [http://kaymasistemas.com/wp-content/uploads/protec\\_serrature06.jpg](http://kaymasistemas.com/wp-content/uploads/protec_serrature06.jpg)
- IMAGEN 72. [http://es.rs-online.com/web/p/products/0549502/?grossPrice=Y&cm\\_mmc=ES-PLA-\\_-google-\\_-PLA\\_ES\\_ES\\_Automatizaci%C3%B3n\\_Y\\_Control\\_De\\_Procesos-\\_-Protecci%C3%B3n\\_De\\_Maquinaria\\_Y\\_Seguridad&mkwid=sjVNXZZR7\\_dc|pcrid|88860983841|pkw||pmt||prd|0549502](http://es.rs-online.com/web/p/products/0549502/?grossPrice=Y&cm_mmc=ES-PLA-_-google-_-PLA_ES_ES_Automatizaci%C3%B3n_Y_Control_De_Procesos-_-Protecci%C3%B3n_De_Maquinaria_Y_Seguridad&mkwid=sjVNXZZR7_dc|pcrid|88860983841|pkw||pmt||prd|0549502)
- IMAGEN 73. <http://www.gefepro.com/imagenes/thumbs/cortinas01.jpg>
- IMAGEN 74. [http://www.semicode.eu/assets/img/paro\\_marcha.jpg](http://www.semicode.eu/assets/img/paro_marcha.jpg)
- IMAGEN 75. <https://www.boe.es/doue/2006/157/L00024-00086.pdf>
- IMAGEN 76. [https://images.omron.es/IAB/Products/Automation%20Systems/Integrated%20safety/NX%20safety/images/NX\\_Safety\\_FSoE\\_log0400x400.jpg](https://images.omron.es/IAB/Products/Automation%20Systems/Integrated%20safety/NX%20safety/images/NX_Safety_FSoE_log0400x400.jpg)
- IMAGEN 77. [https://industrial.omron.us/en/media/NX-S\\_standalone\\_ordering\\_tcm849-99181.jpg](https://industrial.omron.us/en/media/NX-S_standalone_ordering_tcm849-99181.jpg)
- IMAGEN 78. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 79. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 80. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 81. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 82. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 83. [http://4.bp.blogspot.com/-kMT5Phi1IM8/VLG6DtvrWNI/AAAAAAAAACyM/\\_6ZJxBHo3Wo/s1600/LINMotion.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-kMT5Phi1IM8/VLG6DtvrWNI/AAAAAAAAACyM/_6ZJxBHo3Wo/s1600/LINMotion.jpg)
- IMAGEN 84. [http://1.bp.blogspot.com/-Inm4QZKo\\_Nw/VLG6YLdHg2I/AAAAAAAAACyU/to0eT2vhW5g/s1600/CIRCMotion.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-Inm4QZKo_Nw/VLG6YLdHg2I/AAAAAAAAACyU/to0eT2vhW5g/s1600/CIRCMotion.jpg)



- IMAGEN 85. <http://1.bp.blogspot.com/-OCAMc4N0e68/VLG5-75qvWI/AAAAAAAAACyE/L82l1fZ99nc/s1600/PTPMotion.jpg>
- IMAGEN 86. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 87. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 88. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 89. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 90. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 91. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 92. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 93. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 94. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 95. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 96. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 97. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 98. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 99. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 100. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 101. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 102. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 103. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 104. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 105. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 106. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 107. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 108. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 109. Captura de pantalla de Robot Studio
- IMAGEN 110. Captura de pantalla de Sysmac Studio
- IMAGEN 111. Vídeo del robot del laboratorio DISA
- IMAGEN 112. Vídeo de la simulación de la estación de soldadura de carrocería
- IMAGEN 113. Vídeo de la simulación de la estación de soldadura de embragues
- IMAGEN 114. Vídeo del robot de soldadura colaborativo
- IMAGEN 115. <http://www.automatedconveyors.com/wp-content/uploads/2015/03/HPB.jpg>
- IMAGEN 116. <http://www.emicorp.com/conveyor/images/specialty/conveyor-roller-belt-driven-large.jpg>
- IMAGEN 117. <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/28/61/c0/2861c0c5b09d0d3f946ec5aa49d20bbf.jpg>
- IMAGEN 118. <http://cdn2.hubspot.net/hub/13401/file-744839912-jpg/images/5-kuka-welding-robot.jpg>
- IMAGEN 119. <http://www.zacobria.com/universal-robots-zacobria-cnc-feeding-case-story-singapore/universal-robots-zacobria-cnc-robot-application-14.jpg>
- IMAGEN 120. <http://www.recambiosviaweb.com/images/genericarticles/es/servofrenos.jpg>
- IMAGEN 121. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/5S\\_Tools\\_drawer.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/5S_Tools_drawer.jpg)
- IMAGEN 122. <http://motioncontrolsrobotics.com/wp-content/uploads/2015/01/life-cycle-teach-pendant.gif>
- IMAGEN 123. <http://www.diariomotor.com/tecmovia/imagenes/2013/10/posts/toyota-yaris-hybrid-crash-test13-dm-700px.jpg>
- IMAGEN 124. [http://binarii.es/wp-content/uploads/2016/12/Cognex1000\\_667.jpg](http://binarii.es/wp-content/uploads/2016/12/Cognex1000_667.jpg)

IMAGEN 125. [http://2.bp.blogspot.com/-ntu8wd\\_2ZXw/U6fTiS2TTI/AAAAAAAAARo/o-1ZCrS8\\_QI/s1600/Motormatica-bolante-bimasa.png](http://2.bp.blogspot.com/-ntu8wd_2ZXw/U6fTiS2TTI/AAAAAAAAARo/o-1ZCrS8_QI/s1600/Motormatica-bolante-bimasa.png)

IMAGEN 126. <http://www.gasparini.it/allegati/soldadura-acero-con-zona-afectada-termicamente.jpg>

IMAGEN 127. <http://www.gasparini.it/es/noticias/272/%C2%BFque-es-la-zat--o-zona-afectada-termicamente->

<http://binarii.es/>

## 7. **Bibliografía**

- Soldadura MIG MAG, Gerardo Aguilar Lahoz. SEAS Formación. ISBN 978-84-15545-43-9
- [1] Directiva de máquinas <https://www.boe.es/doue/2006/157/L00024-00086.pdf>
- [2] Fundamentos de robótica, Antonio Barrientos. ISBN 978-84-48156-36-7
- [3], [4], [5] La Meta. Eli Goldratt. (libro sobre gestión de fábricas automatizadas).
- Documentación técnica y manuales de programación de robots y PLC's <http://binarii.es/>
- Manual de Soldadura Tomo 1. American Welding Society, Octava Edición, R.L, O'Brien. Prentice Hall, México, 1996.
- Manual del operador RobotStudio, ABB Robotics.
- Curso online de RobotStudio por el fabricante.  
<http://new.abb.com/products/robotics/robotstudio/tutorials>
- Catálogo de motores ALREN asíncronos trifásicos y monofásicos. Suministrado por el distribuidor Comercial Industrial García en Murcia.
- Catálogo técnico de reductores TAUSEND. Suministrado por el distribuidor Comercial Industrial García en Murcia.