



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y
Automática**

**Desarrollo de una célula robotizada
basada en tecnologías de la industria
4.0**

Autor:

Matía García de los Ríos, Luis Ignacio

Tutor:

Herreros López, Alberto

Ingeniería de Sistemas y Automática

Valladolid, Junio 2020

ÍNDICE

1.	Introducción y objetivos.....	8
1.1.	Justificación del proyecto	8
1.2.	Objetivos	8
1.3.	Planificación del Proyecto	9
2.	Marco de trabajo.....	12
2.1.	Industria 4.0.....	12
2.1.1.	Objetivos	12
2.1.2.	Ventajas y limitaciones	12
2.2.	Robótica. Robot FANUC	13
2.2.1.	Antecedentes	13
2.2.2.	Evolución robótica.....	14
2.2.3.	Parámetros	14
2.2.4.	Tipos de Robots.....	16
3.	Estado del Arte	20
3.1.	Roboguide.....	20
3.2.	Herramientas FESTO.....	42
3.3.	Pinzas Soldadura ARO	49
3.4.	Transportadores.....	51
3.5.	PLC.....	56
3.5.1.	¿Qué es?.....	56
3.5.2.	Tipos de PLC.....	57
3.5.3.	Fabricantes.....	58
3.5.4.	Siemens: modelo utilizado	59
3.6.	Comunicaciones Industriales	65
3.6.1.	Tipos de Redes	65
3.6.2.	El Futuro de las Comunicaciones Industriales	71
4.	Descripción Estación	76
4.1.	Fanuc	78
4.1.1.	Robots Manutención.....	78
4.1.2.	Robots Soldadura. SPOTOOL+	85
4.1.3.	PAYLOAD	92
4.1.4.	DCS	95
4.2.	Autómata S7-300.....	109

4.3.	Protocolos de comunicación utilizados	116
4.3.1.	FTP y Ethernet	116
4.3.2.	Profinet	118
4.4.	Otros elementos utilizados	119
5.	Conclusión	126
6.	Líneas Futuras.....	128
7.	Anexo	132
8.	Bibliografía.....	134



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : FANUC LR Mate	17
Figura 2 : FANUC Arc Mate	17
Figura 3 : FANUC Modelo M-10	18
Figura 4 : FANUC Modelo M-410.....	19
Figura 5 : FANUC	20
Figura 6 : Roboguide.....	21
Figura 7 : Barra Herramientas Roboguide	21
Figura 8 : Teach FANUC Roboguide	22
Figura 9 : Menu Teach FANUC.....	23
Figura 10 : Menu Alarm	24
Figura 11 : Menu I/O	24
Figura 12 : Menu Setup.....	25
Figura 13 : Menu File.....	25
Figura 14 : Menu Data.....	26
Figura 15 : Menu 4D Graphics.....	26
Figura 16 : Menu System	27
Figura 17 : Teach FANUC - Coordenadas.....	27
Figura 18 : Teach FANUC – Ejes.....	28
Figura 19 : Teach FANUC – World.....	29
Figura 20 : Regla Mano Derecha	30
Figura 21 : Teach FANUC - User	30
Figura 22 : Sistema de Coordenadas Tool.....	31
Figura 23 : Teach FANUC – Frames	32
Figura 24 : Teach FANUC - Coordenadas Frames.....	33
Figura 25 : Métodos Obtención Frames.....	34
Figura 26 : Teach FANUC - Método de los 3 Puntos	34
Figura 27 : Teach FANUC - Método de los 6 Puntos	35
Figura 28 : Teach FANUC - User Frames.....	37
Figura 29 : Teach FANUC - Método de los 3 Puntos	38
Figura 30 : Teach FANUC - Método de los 4 Puntos	39
Figura 31 : Teach FANUC - Señales Digitales de Salida	40
Figura 32 : Teach FANUC - Configuración Señales Digitales de Salida	40
Figura 33 : Teach FANUC - Señales Analógicas de Salida.....	41
Figura 34 : Festo – Electroválvula	43
Figura 35 : Festo – Configuración.....	44
Figura 36 : Destaco - Actuadores.....	45
Figura 37 : Destaco – Actuadores TCC.....	45
Figura 38 : Destaco - Conexión	46
Figura 39 : Goudsmit - Ventosas.....	47
Figura 40 : Goudsmit - Funcionamiento	47
Figura 41 : Goudsmit - Grafica	48
Figura 42 : Soldadura por puntos	49
Figura 43 : Soldadura Láser.....	50
Figura 44 : Pinzas ARO	51

Figura 45 : Tuenkers Transportador	52
Figura 46 : Tuenkers EHS.....	52
Figura 47 : Tuenkers – Mecanica Paletas.....	53
Figura 48 : Transportador – Topes	53
Figura 49 : Detector IFM.....	54
Figura 50 : Tuenkers HSF.....	55
Figura 51 : Tuenkers – Tope Mecánico.....	56
Figura 52 : Tuenkers – Cilindro Posicionador.....	56
Figura 53 : PLC S7-300 - Elementos	62
Figura 54 : PLC S7-300 – Memoria	63
Figura 55 : PLC S7-300 – Ejecución Programa	64
Figura 56 : Estación Propuesta.....	76
Figura 57 : Robots Manutención - Aprietes.....	77
Figura 58 : Robots Manutención y Soldadura	78
Figura 59 : Fanuc – R-2000iC/165F.....	79
Figura 60 : Roboguide – Creación Trayectoria.....	79
Figura 61 : Roboguide – Seguridad Operario	80
Figura 62 : Roboguide - Programa	81
Figura 63 : Roboguide - Comunicación.....	82
Figura 64 : Roboguide – Instrucción Pick Up 1.....	83
Figura 65 : Roboguide – Instrucción Pick Up 2.....	84
Figura 66 : Roboguide – Instrucción Drop	84
Figura 67 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura 1	86
Figura 68 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura 2	86
Figura 69 : Roboguide – Modelo Robot Soldadura	87
Figura 70 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura Eje Externo.....	87
Figura 71 : Roboguide – Robot Soldadura Paquetes Instalados.....	88
Figura 72 : Roboguide – Instrucción SPOT 1.....	90
Figura 73 : Roboguide – Instrucción SPOT 2	91
Figura 74 : Roboguide – PAYLOAD	92
Figura 75 : Roboguide – PAYLOAD 2	93
Figura 76 : Roboguide – PAYLOAD 3	94
Figura 77 : Roboguide – PAYLOAD 4.....	94
Figura 78 : Roboguide - DCS	95
Figura 79 : Teach Fanuc – I/O Safe.....	96
Figura 80 : Teach Fanuc – I/O Connect	97
Figura 81 : Teach Fanuc – Joint Position Check.....	99
Figura 82 : Teach Fanuc – Menu Joint Position Check	100
Figura 83 : Teach Fanuc – Joint Speed Check.....	101
Figura 84 : Teach Fanuc – Cartesian Position Check.....	103
Figura 85 : Teach Fanuc – Menu Cartesian Position Check	104
Figura 86 : Teach Fanuc – Cartesian Speed Check	105
Figura 87 : Teach Fanuc – Menu Cartesian Speed Check.....	106
Figura 88 : Roboguide – Seguridad DCS.....	107
Figura 89 : Roboguide – Paro Robot Seguridad DCS.....	108
Figura 90 : Roboguide – Robot Zona Seguridad DCS	108

Figura 91 : STEP 7 – Configuración Material	109
Figura 92 : STEP 7 – CPU S7-300	110
Figura 93 : STEP 7 – Puertas EUCHNER	111
Figura 94 : STEP 7 – FESTO Mueble.....	111
Figura 95 : STEP 7 – FESTO Mueble.....	112
Figura 96 : STEP 7 – FESTO Garras.....	113
Figura 97 : Arrancador Motor Mueble	113
Figura 98 : STEP 7 – Arrancador Motor Mueble	114
Figura 99 : STEP 7 – RFID	114
Figura 100 : Receptor RFID.....	115
Figura 101 : STEP 7 – CPU ROBOT	115
Figura 102 : FTP	117
Figura 103 : Roboguide – TCP/IP	117
Figura 104 : Roboguide – Profinet	118
Figura 105 : Roboguide – Profinet 2	119
Figura 106 : SICK.....	120
Figura 107 : Barreras Fotoeléctricas 1.....	121
Figura 108 : Barreras Fotoeléctricas 2.....	122
Figura 109 : Pulsadores	122
Figura 110 : EUCHNER	124
Figura 111 : Detector Presencia Pieza	124
Figura 112 : Robots Colaborativos - COBOTS	128
Figura 113 : Robots con Visión Artificial.....	130

Resumen

En el presente proyecto se ha diseñado una instalación robotizada con robots Fanuc dedicada al proceso de ensamblar las 2 puertas delanteras de un vehículo convencional. Para ello se han utilizado técnicas, instrumentos y tecnologías basadas en la Industria 4.0.

Para ello se ha utilizado el software Roboguide, pieza fundamental del proyecto. Es un programa exclusivo de los robots de la marca Fanuc. Daremos a conocer los principales menús utilizados, así como los programas desarrollados para los robots utilizados en la instalación.

A continuación, se hará una breve mención del Autómata Lógico Programable y los distintos protocolos de comunicación necesarios para que la instalación cumpla los requisitos requeridos. Y, por último, se ha estimado un presupuesto aproximado del proyecto completo desde las horas de estudio hasta la finalización total de la obra.

Palabras Clave

Robot, Autómata Lógico Programable, Industria 4.0, Comunicaciones Industriales, FANUC, Siemens, Profinet.



1. Introducción y objetivos

1.1. Justificación del proyecto

La justificación del proyecto surge por la importancia que existe en cualquier industria de automoción la automatización de procesos para poder alcanzar la alta competitividad que exige hoy día este tipo de industrias.

Todo ello es debido a la fuerte evolución tecnológica en la que estamos inmersos, la 4° revolución industrial, en la que los sistemas embebidos, la conectividad entre las distintas partes, integración de tecnologías y el control de la producción, son los pilares sobre los que se apoyan este tipo de industrias.

Antes de alcanzar esta revolución industrial, recordamos que en los años 90, empezaron a implantarse los sistemas CIM, *Computer Integrated Manufacturing*, o los FMS, *Flexible Manufacturing System*, donde la eficiencia en los procesos era la meta a conseguir ya que la tecnología por entonces era obsoleta. Más adelante, a principios de siglo, con la aparición de Internet y la extensión de los distintos protocolos de comunicación se popularizó el concepto de M2M, *Machine to Machine*. Actualmente, el Internet de las Cosas y el desarrollo de IPv6, con el avance de las redes inalámbricas y los dispositivos móviles hace que el termino Cuarta Revolución Industrial cobre aún más fuerza.

La gran mayoría de las industrias poseen autómatas programables que controlan sus procesos productivos, robots industriales o colaborativos que ayudan al ensamblaje de piezas y transporte de las mismas. Todo ello, mediante tecnologías de comunicación y sensores con bajos tiempos de respuesta hace que el control de las distintas plantas productivas sea el objetivo a alcanzar por muchos fabricantes de automóviles.

1.2. Objetivos

Con el presente proyecto se pretende aplicar las distintas tecnologías utilizadas en una planta de automoción. A través de la simulación se pretende diseñar una isla robotizada destinada al ensamblaje de las 2 puertas delanteras de un vehículo convencional.

Entre las tecnologías utilizadas:

- Roboguide: herramienta de simulación del robot FANUC que permite la programación offline de trayectorias que posteriormente serán ejecutadas en los robots dispuestos en la instalación.
- Fanuc: conocer la cantidad de opciones que nos ofrece este tipo de robot y como utilizarlas para poder aplicarlas en la industria.
- Autómata Lógico Programable (PLC): en este proyecto no se ha realizado ninguna aplicación práctica de ningún autómata. No obstante, se hace mención de la definición de autómata, de las marcas más conocidas utilizadas en este tipo de industrias, así como del autómata más práctico y usado como es el S7-300.
- Protocolos de comunicación: es necesario dedicar parte del proyecto a las comunicaciones ya que son parte esencial para el estudio de la industria 4.0.

1.3. Planificación del Proyecto

La organización llevada a cabo para elaborar el proyecto es la siguiente:

1. Definición de la Industria 4.0, los objetivos que las empresas quieren llevar a cabo para ser competentes dentro de este mercado y las ventajas/limitaciones que nos encontramos en este sector.
2. El robot Fanuc es la parte más importante del desarrollo de este proyecto, se explicará los antecedentes de este tipo de robot, su evolución hasta la actualidad, características y la variedad de robots Fanuc que existen en el mercado.

3. Se realizará un estudio de todos aquellos equipos utilizados para llevar a cabo el buen funcionamiento de la planta. Desde una explicación de las principales características que posee el programa de simulación Roboguide antes nombrado, las herramientas FESTO que permiten el movimiento y el control mecánico que componen la instalación, las pinzas de soldadura ARO con los que los robots ensamblan las puertas delanteras del vehículo, transportadores de piezas y el autómatas que gestiona toda la isla.
4. En el siguiente punto describiremos de una forma más detallada los programas utilizados en cada robot con comentarios y entradas/salidas, así como la seguridad programada en los robots que lo necesiten.
5. Por último, haremos una conclusión con posibles líneas futuras que nos ayudará a imaginarnos cómo evolucionará la industria 4.0.



2. Marco de trabajo

2.1. Industria 4.0

2.1.1. Objetivos

Para que las líneas de producción sean lo más productivas posibles y el nivel de calidad expuesto sea competitivo frente al resto de industrias, se plantean una serie de objetivos con el fin de alcanzar la perfección en la producción.

Uno de esos objetivos consiste en proporcionar ningún defecto en el proceso productivo. Eso se consigue utilizando un nivel de *sensorización avanzado*, que con un uso adecuado es posible la producción sin ningún tipo de paro. Otro de los objetivos, ligado al anterior, sería conseguir un *seguimiento instantáneo del estado de la línea* de producción, ya que con un nivel elevado de los sensores y dispositivos de campo utilizados podemos recoger información sobre cualquier punto de la instalación. De esta forma, el personal de mantenimiento de la fábrica encargada de supervisar dicha instalación puede actuar en consecuencia dependiendo del tipo de defecto que ocurra.

A nivel superior de supervisión, se requiere obtener un histograma de la instalación: defectos, paradas, contador de piezas, ... todo ello da información a los máximos responsables de la fábrica para tomar decisiones y decidir sobre el proceso de la línea de producción.

La *seguridad en el trabajo* es otro de los pilares importantes sobre los que se apoya esta revolución industrial, ya que los trabajos con alta posibilidad de riesgo para el operario, ahora lo puede realizar cualquier robot u autómatas sin peligrar la condición física del trabajador.

2.1.2. Ventajas y limitaciones

Podemos enumerar ciertas ventajas y limitaciones que se dan en la Industria 4.0.

Como ventajas:

- Surgen numerosas empresas especializadas en el transporte autónomo de piezas para transportar material de una instalación a otra sin necesidad de colaboración humana.
- Ya que no se fabrica nada que no esté documentado, se reduce el material en stock y se evita prescindir del material que no ha sido utilizado.
- El conocimiento de las máquinas por parte del personal de mantenimiento aumenta, ya que deben estar preparados para actuar en su reparación en el caso de que surja cualquier error o falla.
- Como ya hemos hablado anteriormente, con la recopilación de información que nos proporcionan las distintas instalaciones; se pueden realizar estudios muchos más precisos, gestionar la producción de una forma más eficiente y elaborar estrategias de producción más competitivas frente a otras empresas.

Como limitaciones podemos enumerar:

- Reducción de puestos trabajos, ya que los trabajos que antes los realizaban las personas, ahora son máquinas autónomas que precisan de trabajadores más cualificados.
- El coste de inversión necesario para llevar a cabo tareas en estas industrias es mucho más elevado.
- El fuerte crecimiento de nuevas tecnologías hace que en ciertas ocasiones se trabaje con tecnología y técnicas obsoletas produciendo así desequilibrios frente a otras empresas.

2.2. Robótica. Robot FANUC

2.2.1. Antecedentes

El término que actualmente utilizamos de *robótica* fue asignado así por Isaac Asimov, donde define este término como la ciencia relacionada con la inteligencia artificial y la ingeniería mecánica.

En la antigüedad, en el siglo XVIII, se denominaba *criaturas mecánicas* a todas aquellas máquinas que se movían de forma autónoma como podría ser los relojes de la época.

Los primeros robots que se construyeron empleaban mecanismos de realimentación para corrección de errores. Ese tipo de control y la división del trabajo en tareas pequeñas fueron las principales características que utilizaban las fábricas a nivel automatización por el siglo XVIII.

Posteriormente la creación de un brazo articulado para ampliar el campo de trabajo autónomo supuso un avance importante en la industria de la automatización.

2.2.2. Evolución robótica

En 1975, el ingeniero mecánico estadounidense Victor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stanford, en California, desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (PUMA, siglas en inglés). El PUMA era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance. El concepto básico multiarticulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales. La investigación en este campo ha dado pasos de gigante en los últimos años, ya que se están trabajando en robots, para emplearlos en asistencia a minusválidos, en intervenciones de los primeros auxilios en lugares inaccesibles o en la eventualidad de catástrofes ambientales.

2.2.3. Parámetros

La robótica es la principal área en la que se apoya la automatización industrial avanzada o Industria 4.0. Los robots que realizan las tareas poseen sensores integrados que ayudan a una fabricación más rápida, más segura y con mucha más precisión que cualquier otra máquina.

Actualmente numerosos sectores empresariales, y en concreto la automoción, están utilizando esta tecnología con un crecimiento exponencial tanto en ventas de producto como en volumen de negocio.

En el caso que nos ocupa, la robótica utilizada ayuda al ensamblaje de las distintas piezas que compone un vehículo teniendo en cuenta una serie de parámetros que cumple cualquiera de los robots utilizados en nuestra instalación:

- Cada robot se compone de 6 *grados de libertad* o articulaciones independientes que permite que el robot se mueva y alcance posiciones deseadas por el programador.
- Dependiendo del robot utilizado, el *espacio de trabajo* alcanzable por el robot es diferente. Donde en muchas ocasiones depende del número de grados de libertad que el robot posea y en otras de las dimensiones del robot.
- Otros factores a tener en cuenta son la *precisión o la repetibilidad*. Si el robot está destinado a realizar operaciones en zonas complejas o de difícil acceso, necesitamos una precisión elevada. En el caso de la repetibilidad, es un parámetro importante ya que se precisa que los robots realicen la misma operación durante un número de ciclos elevado.
- La *carga* que puede soportar cada robot, como la velocidad de trabajo son 2 de los factores a tener en cuenta.
- Un parámetro a tener en cuenta por el programador es el *lenguaje de programación* utilizado. Cada fabricante de robots propone un interfaz con un lenguaje de programación distinto.

Si antes hemos mencionado las ventajas y limitaciones que nos podemos encontrar si hablamos de la industria 4.0, ahora hablaremos de las ventajas y limitaciones de la robótica que existen en este tipo de Industrias:

Ventajas

- La utilización de robots para realizar operaciones donde puede estar trabajando un operario supone, a nivel de seguridad, una cierta complejidad donde se necesita programar por parte del robot unas pautas de seguridad para garantizar la integridad de cualquier operario.

- La productividad aumenta en grandes cantidades ya que una línea robotizada trabaja durante toda la jornada si no ocurre ningún defecto y la velocidad de trabajo también es mayor.
- La fiabilidad y eficiencia es otro punto fuerte ya que hay productos que requieren una precisión elevada en un número elevado de ciclos.

Limitaciones

- La inversión inicial que requiere es bastante elevada.
- Como hemos dicho, la cualificación de los trabajadores requiere de unos estudios y una preparación, que produce la pérdida de trabajos poco cualificados.
- La energía necesaria para mantener activa una línea robotizada supone un gasto elevado.

2.2.4. Tipos de Robots

2.2.4.1. *Fanuc*

La marca Fanuc ofrece una variedad de hasta 100 modelos distintos de robots con los que poder realizar distintas aplicaciones legando hasta las 2-3 toneladas de peso en algunos casos y con un radio de acción de hasta casi 5 metros de longitud [1].

Podemos nombrar una serie de modelos de robots atendiendo a varios factores:

- LR Mate: es la serie de robots más versátil capaz de alcanzar altas velocidades cuyo tamaño de brazo no supera el del brazo humano. Puede manipular cargas de hasta 7 kg con una gran precisión. Con una protección IP69K es totalmente resistente al agua y puede trabajar totalmente volteado.

Un ejemplo, el robot LR Mate 200 iD/4S que se compone de 6 ejes con un alcance de 550 mm con una capacidad de carga de 4 kg.



Figura 1 : Fanuc LR Mate

- ARC Mate: este tipo de robots están diseñados para aplicaciones de soldadura por arco. Capaces de soportar hasta 20 kg con 2 m de alcance. En este modelo de robot viene instalado el paquete software ArcTool para una fácil programación y un rápido procesamiento de señales que disminuye el tiempo ciclo.

El ARC Mate 100 iC/8L que se muestra a continuación posee un alcance de 2 m con 8 kg de capacidad de carga.



Figura 2 : Fanuc Arc Mate

- Modelo M:

- De 6 ejes:

M-10: modelo de robot especializado para trabajos cuya manipulación de tamaño reducido con altas velocidades.

En el ejemplo se muestra el robot M-10iD/10L con alcance de 1600 mm y 10 kg de capacidad de carga.



Figura 3 : Fanuc Modelo M-10

M-20: modelo utilizado donde las cargas que se deseen manipular sean de tamaño y peso intermedios. Como característica peculiar de este modelo sería el poder de control de hasta 40 ejes con el mismo sistema de control.

El M-20iA/35M es el modelo de la familia que posee propiedades más elevadas en cuanto a tamaño y peso pudiendo manipular 35 kg de carga hasta 1800 mm de alcance.

M-410: es el robot especialista en despaletizado de cargas pesadas de hasta 700 kg capaz de alcanzar hasta 3 metros de espacio de trabajo. Desde el modelo M-410iC/110 capaz de soportar 110 kg de peso como el que mostramos en la siguiente figura.

Hasta el modelo M-410iB/700 capaz de alcanzar los 700 kg de peso con más de 3 metros de alcance.



Figura 4 : Fanuc Modelo M-410

➤ De 6 ejes o menos:

Modelos como la serie M-1ia, M-2ia o M-3ia están diseñados con 3, 4 o 6 ejes.

Entre sus características podemos decir que son robots utilizados para aplicaciones donde se requiera una elevada aceleración en el menor espacio posible. Entre esas aplicaciones pueden ser la de picking y manipulado de piezas de varios tamaños y pesos.

El software del que dispone esta serie de robots se denomina iR PickTool con iR Vision conseguir un picking más rápido y programado e incluso con la interacción de más de un robot en la misma zona de trabajo.

M-410/0.5SL de 4 ejes con 0.5 kg de carga útil.

3. Estado del Arte

3.1. Roboguide

Roboguide es una herramienta de simulación que utiliza cualquier tipo de robot Fanuc para simular tanto el movimiento del robot como los comandos de programa.



Figura 5 : Fanuc

Este software es utilizado por la mayoría de empresas de robótica cuyos proyectos estén orientados a la simulación de plantas y procesos industriales que trabajen con robots Fanuc.

La utilización de esta herramienta reduce en gran medida el tiempo que se tarde en configurar el movimiento el robot, ya que sin necesidad de estar in situ en el lugar de trabajo, da posibilidad de diseñar, probar y modificar las células offline.

Roboguide dispone con diversas herramientas dependiendo del cometido que se quiera aplicar al robot:

- HandlingPRO: utilizado para manipular piezas, por ejemplo, Pick and Place.
- PalletPRO: si queremos paletizar o despaletizar piezas de un contenedor.
- WeldPRO: soldar por puntos y soldar al arco cualquier superficie.
- PaintPRO: para la realización de pintura sobre distintos materiales.

El programa Roboguide presenta la siguiente apariencia donde podemos ver claramente 3 zonas diferenciadas. Por un lado, tenemos la barra donde se encuentran todos los menús y submenús, luego en la parte de la izquierda podemos ver los elementos de los que se compone la célula con la que estamos trabajando y, por último, el espacio de trabajo sobre el que trazaremos la simulación que queremos llevar a cabo.

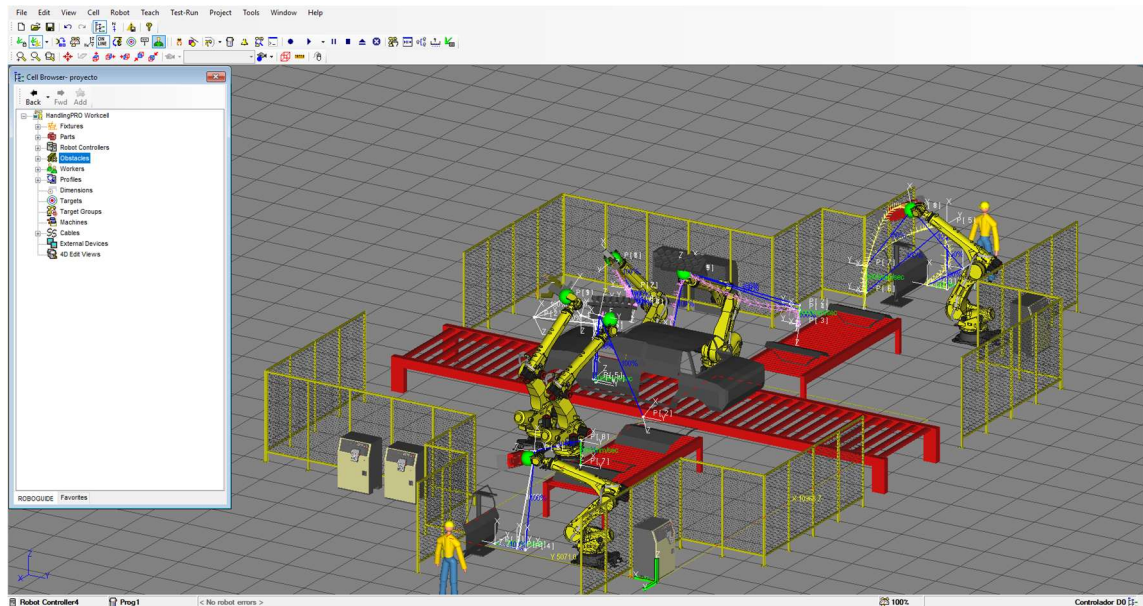


Figura 6 : Roboguide

La barra que posee todas las opciones con las que nos permite trabajar el programa es:

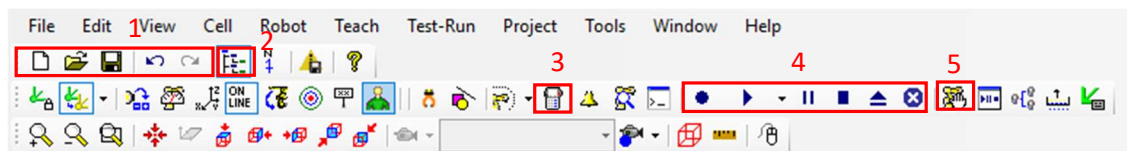


Figura 7 : Barra Herramientas Roboguide

Donde podemos ver las típicas pestañas que posee cualquier programa, pero para en nuestro caso es más fácil utilizar los iconos pequeños que se muestran debajo.

- 1- Cualquier programa posee estas características, de crear un proyecto nuevo, abrir un existente, guardar o deshacer cambios.
- 2- Aquí podemos mostrar u ocultar el organigrama antes mencionado que posee los elementos de los que se compone la célula.
- 3- Mediante este icono podemos mostrar el Teach o consola que nos permite mover el robot, hacer trayectorias, programas, ... cualquier acción que se pueda llevar a cabo en el robot se realiza mediante el Teach.
- 4- Con estas opciones, podemos simular, parar o detener la trayectoria programada del robot como si estuviera en el modo automático.
- 5- Pulsando sobre este icono podemos mover el robot de forma MANUAL por ejes y sin necesidad de utilizar el Teach.

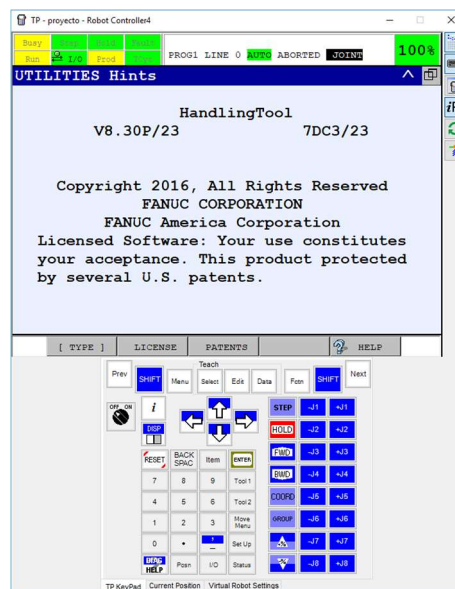


Figura 8 : Teach Fanuc Roboguide

En la figura tenemos Teach del robot Fanuc. Vamos a diferenciar una serie de teclas para explicar su funcionamiento.

- 1- El interruptor On/Off nos permite tomar el control o no del robot a través del Teach. Con el Teach en On el usuario puede controlar el robot, mover o programar cualquier trayectoria, el robot estaría en Manual. Con el Teach en Off no se puede modificar ningún parámetro del robot, el usuario SOLO puede ver a través del visualizador que posee la consola el programa que está corriendo. Podemos decir que en este modo el robot está en Automático.
- 2- En la tecla Menú, se nos despliega otro submenú donde tenemos varias opciones a poder elegir. Tenemos 2 menús principales con variedad de opciones para configurar nuestro robot.

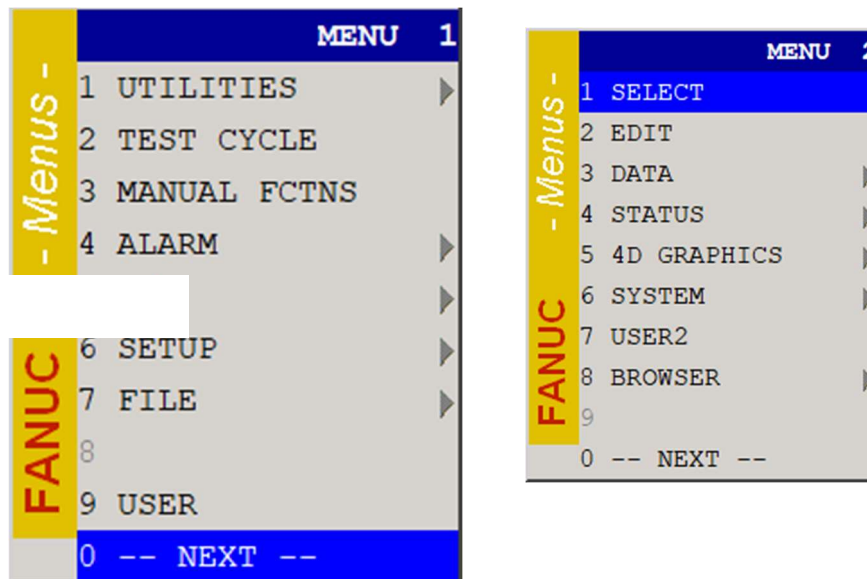


Figura 9 : Menu Teach Fanuc

A continuación, describiremos las distintas opciones que nos ofrece el menú del robot que más utilizaremos. En este caso, estamos en el submenú Alarm, que nos da la posibilidad de ver cualquier tipo de alarma que tenga el robot.

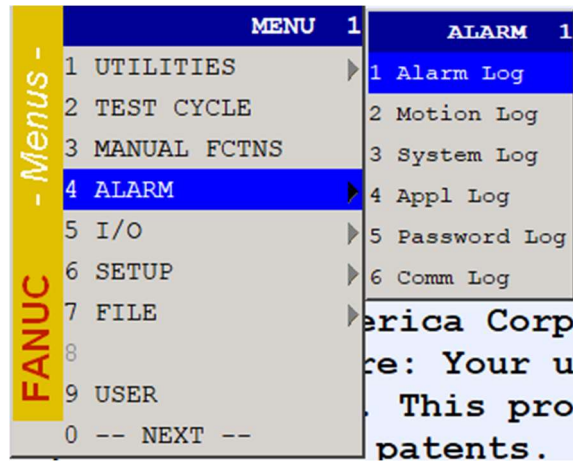


Figura 10 : Menu Alarm

En el Submenu I/O podemos ver las distintas señales que tiene el controlador con el que estemos trabajando. Las más utilizadas serán las señales Digitales, Analógicas, Grupos de Señales, señales propias del Robot...

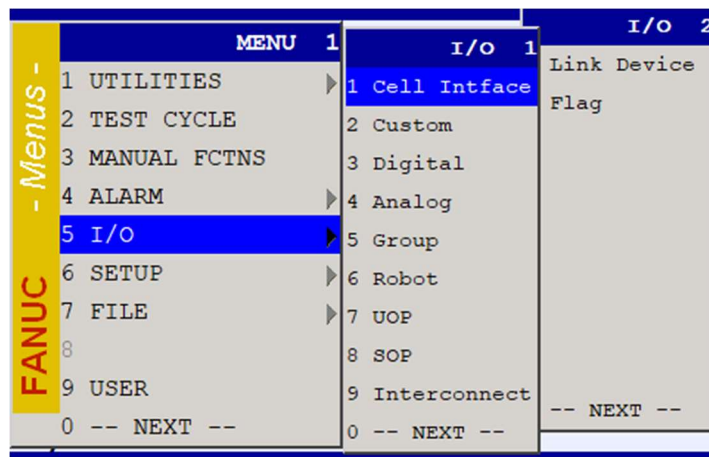


Figura 11 : Menu I/O

Posteriormente en el submenú Setup, podemos tener la opción Frames, donde configuremos las bases y tolos sobre las que trabaja el robot.

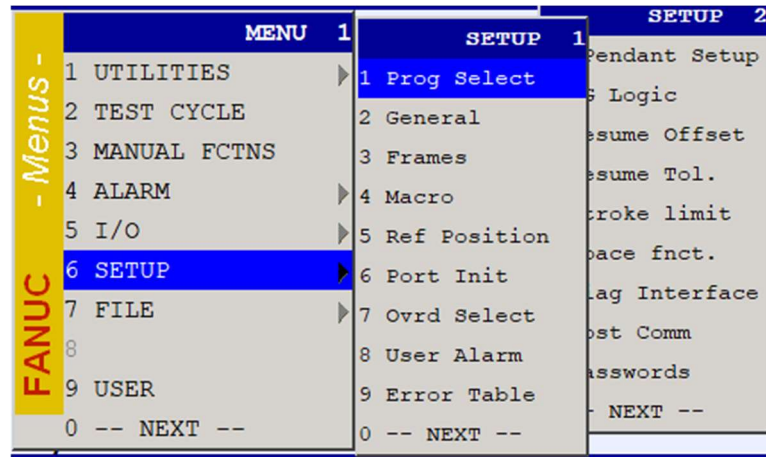


Figura 12 : Menu Setup

En File, podemos hacer un backup de todo lo almacenado en el robot, tanto de los datos propios del robot, valor de los encoder de los ejes, como de las trayectorias programadas.

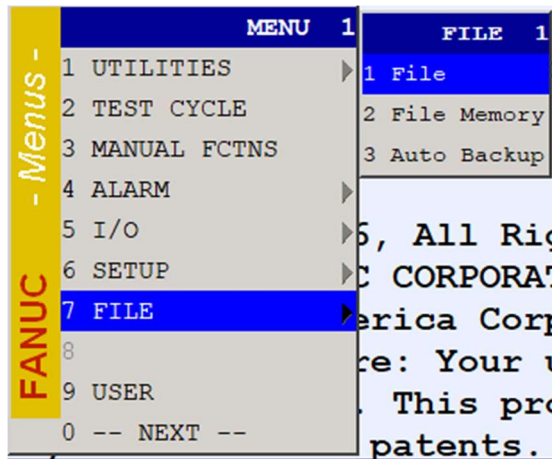


Figura 13 : Menu File

En el submenú Data, podemos ver el valor de los Registros y los Registros de Posición que podemos programar en nuestra trayectoria.

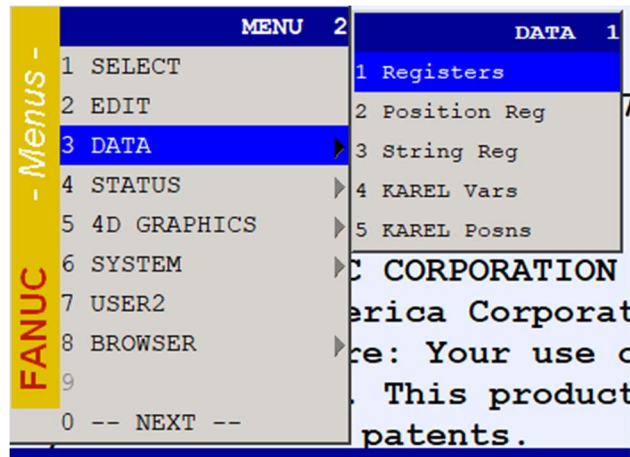


Figura 14 : Menu Data

Si pulsamos sobre la opción 4D Graphics nos encontramos con 2 opciones que nos ofrecen: 4D Display no permite ver el robot como si en una célula estuviera y mediante el Position Display podemos tanto ver el valor los ejes del robot en grados, como en coordenadas cartesianas dependiendo del tool y del frame seleccionado en ese momento.

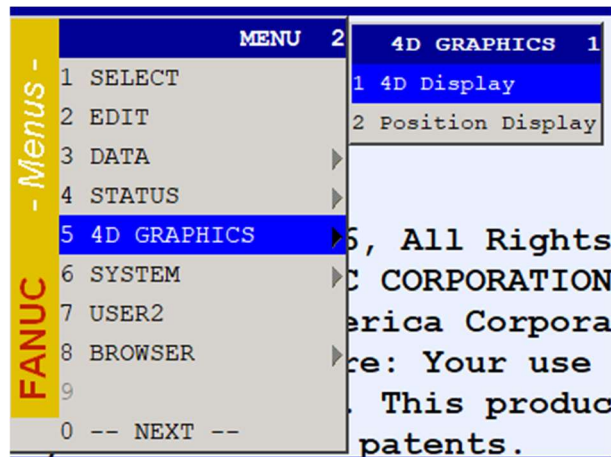


Figura 15 : Menu 4D Graphics

En este submemu, System, podemos configurar las variables de las se compone el robot, los límites que le podemos poner al robot por software, MIRAR CONFIG y poder calcular los esfuerzos e inercias que tiene el propio robot y la herramienta con la que vaya a trabajar.

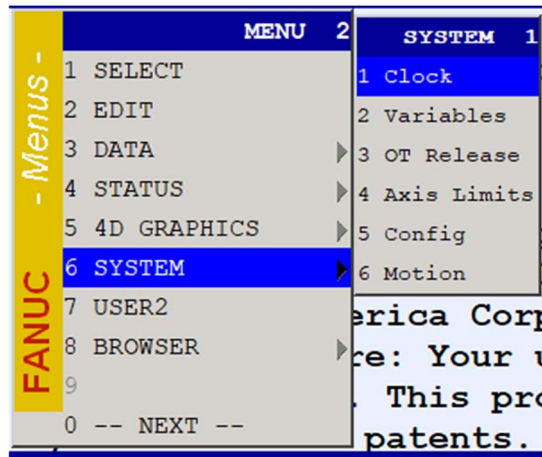


Figura 16 : Menu System

Grupos de Movimientos

El robot se compone de 3 grupos de movimientos para poder mover el robot a nuestro antojo. Esos grupos son: JOINT para poder mover el robot por ejes, XYZ que son las coordenadas cartesianas del robot y TOOL que son las coordenadas cartesianas del robot asociadas a la herramienta. Por defecto, siempre hay un grupo de movimiento activo.

Podemos ver el grupo de movimiento que está seleccionado en la parte superior derecha del teach del robot. En este caso está en modo JOINT.

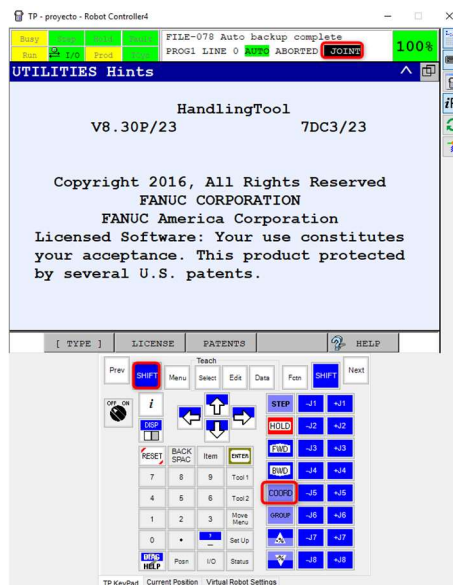


Figura 17 : Teach Fanuc - Coordenadas

Para poder cambiar el modo de movimiento, podemos hacerlo desde el teach con la tecla COORD.

Para poder realizar cualquiera de los movimientos que se describen a continuación es necesario tener pulsado el hombre muerto y la tecla SHIFT, tener el controlador del robot en MANUAL y el TP del teach en On.

Joint

Como hemos dicho, si tenemos seleccionado este modo de movimiento, el robot se moverá por ejes, tanto positivo como negativamente. Si observamos el teach, podemos ver en la parte de la derecha una serie de teclas que van desde J1 a J8.

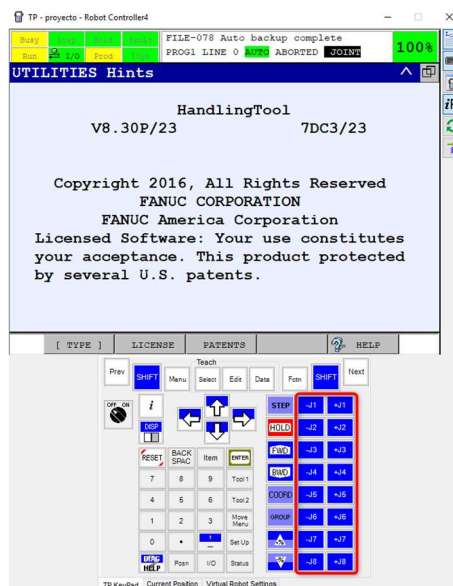


Figura 18 : Teach Fanuc – Ejes

Cada eje le corresponde una tecla, J1 eje 1, J2 ejes 2, ... y además, dependiendo si queremos que ese eje aumente su número en grados pulsamos la tecla +J1 o si queremos que disminuya -J1.

Como se puede observar, en el teach aparecen J7 y J8. Estas teclas se utilizan para poder mover ejes externos que se le acoplen al robot.

World

Si seleccionamos el movimiento WORLD, el robot se moverá mediante ejes de coordenadas cartesianas asociadas a la base del robot.

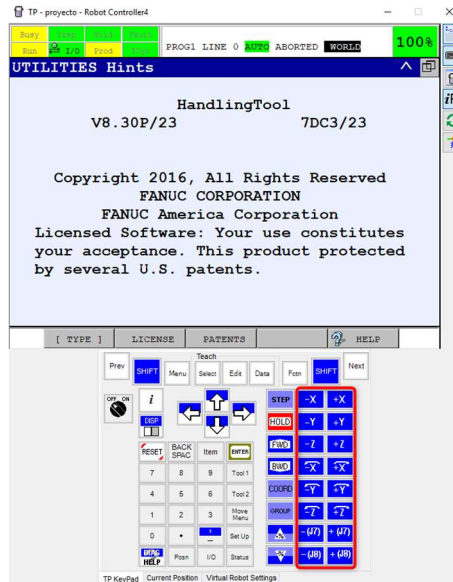


Figura 19 : Teach Fanuc – World

Las teclas con las que podemos mover el robot se identifican en la imagen del teach.

Este tipo de movimiento está asociado a la base del robot como vemos en la imagen. Si vemos los ejes de coordenadas, el eje X positivo en dirección contraria a la parte trasera del robot, el eje Z hacia arriba del robot y el eje Y hacia a la izquierda. Esto corresponde a la regla de la mano derecha como se puede ver en la imagen.

Si queremos mover el robot, por ejemplo, en el eje positivo de la coordenada X, pulsamos la tecla +X y así con el resto de los ejes.

Por otro lado, si queremos rotar el robot en torno al eje X, pulsaremos la tecla +X (con la flecha), y así por cada rotación de cada uno de los 3 ejes.

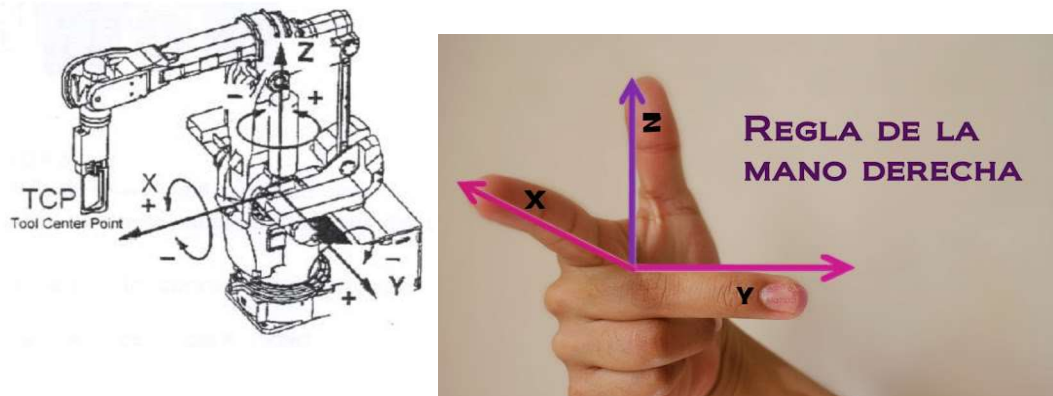


Figura 20 : Regla Mano Derecha

User

Si en la pantalla del teach aparece el modo de movimiento USER que es un sistema de coordenadas cuyo origen viene definido por el usuario. Se dispone de 9 sistemas coordenadas programables. Estos sistemas definidos por el usuario sirven para poder mover el robot cuando en un solo ciclo de robot se mueve en 2 o más espacios de trabajo.

Para poder elegir alguno de los 9 sistemas de coordenadas que tenemos programados, podemos hacerlo como vemos en la imagen. Para ello, si pulsamos la tecla SHIFT y COORD nos aparece un submenú donde podemos elegir el número del sistema de coordenadas USER.

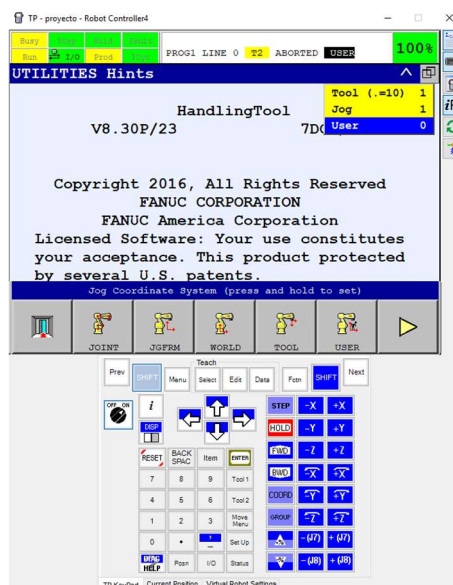


Figura 21 : Teach Fanuc - User

JOGFRM

Con este sistema de coordenadas, el robot también se mueve a través de un sistema de coordenadas definido por el usuario y que tiene 9 sistemas programables. Este método de movimiento es el menos utilizado.

TOOL

TOOL es el sistema de coordenadas cuyo origen lo define el usuario y está referido a la herramienta que utiliza el robot. El sistema de coordenadas del TOOL 0 siempre se encuentra en el centro del eje 6. Lo mismo que para la elección del sistema de coordenadas USER ocurre para elegir el sistema de coordenadas TOOL, como hemos visto anteriormente.

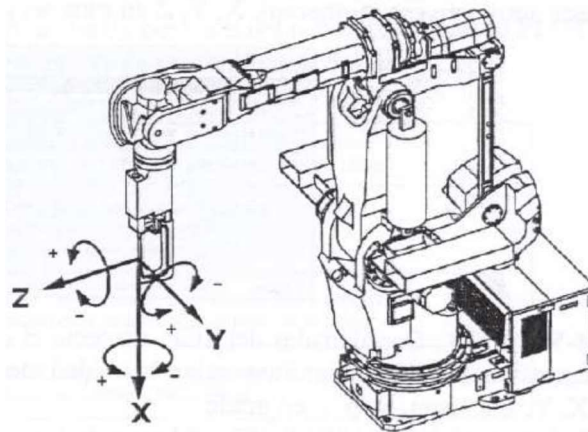


Figura 22 : Sistema de Coordenadas Tool

Sistemas de referencia

TCP. Métodos de obtención del TCP. RTCP.

Para poder explicar los distintos métodos de obtención del TCP de la herramienta con la que estemos trabajando, tenemos que empezar definiendo el concepto de TCP.

El TCP es el punto central de la herramienta con la que vamos a realizar una serie de tareas de manera cíclica. Antes de colocar cualquier herramienta en el extremo del robot, el TCP se encuentra en placa final del eje 6 del robot, y se le denomina TCP origen o TOOL 0. Una vez coloquemos una herramienta en el robot, el TCP le podemos calcular mediante una variedad de métodos que nos permite el robot Fanuc y que nos facilitara el movimiento por muy diferente que sea la geometría de la herramienta.

Cada marca de robot te propone unos métodos diferentes a la hora de calcular el TCP, en este caso los métodos son:

- 3 puntos
- 6 puntos XZ
- 6 puntos XY
- 2 puntos + Z
- 4 puntos
- Entrada directa

Para ello MENU -> SETUP -> FRAMES

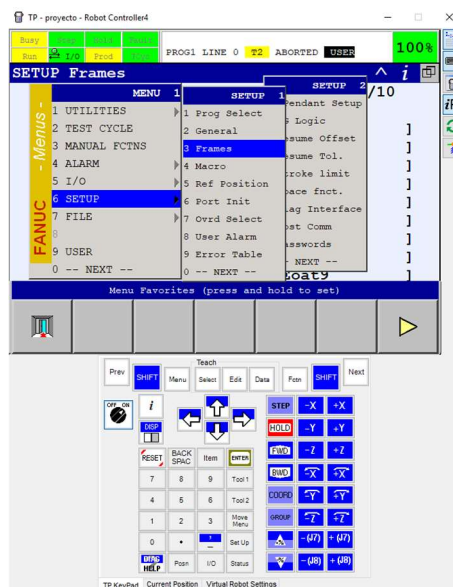


Figura 23 : Teach Fanuc – Frames

Luego, nos aparece la pantalla siguiente donde podemos ver los 10 diferentes TCP que se pueden registrar en el robot. Aquí podemos teclear **DETAIL** en el **TOOL** que nosotros queramos y aparecerá la siguiente pantalla donde podemos ver el nombre que le queramos asignar al tool y sus coordenadas cartesianas. Una vez aquí pulsamos **METHOD** y nos mostrarán los distintos métodos con los que realizar un **TOOL** o **TCP**. Describiremos los más utilizados a continuación.

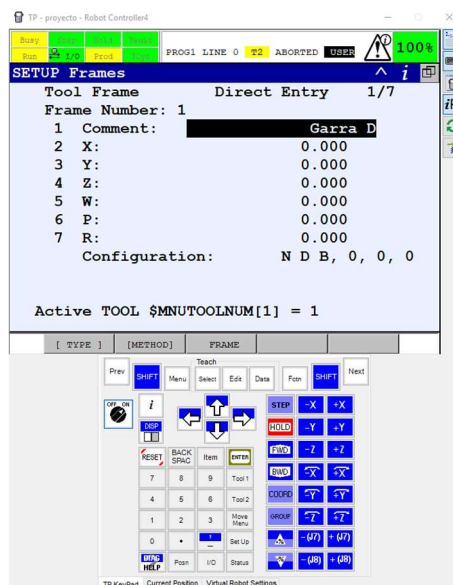


Figura 24 : Teach Fanuc - Coordenadas Frames

Método de los 3 puntos

Con el objetivo de llevar el TCP del robot a cualquier punto de la herramienta utilizada, normalmente es el extremo de la misma, necesitamos memorizar 3 posiciones con distintas orientaciones sobre un mismo punto.

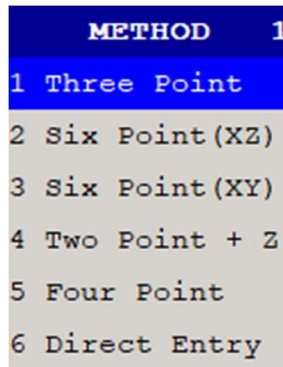


Figura 25 : Métodos Obtención Frames

Una vez alcanzado ese primer punto, memorizamos sus coordenadas posicionando el cursor sobre el punto y mientras pulsamos la tecla SHIFT + RECORD. Hacemos lo mismo con los otros 2 puntos con orientaciones distintas.

Hay que destacar que la coordenada Z del nuevo TCP creado mediante este método es el mismo que el TCP original del robot.

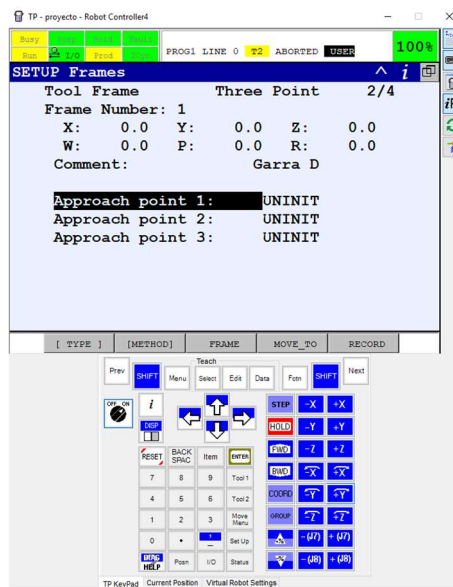


Figura 26 : Teach Fanuc - Método de los 3 Puntos

Método de los 6 puntos XZ / XY

Es el método por el cual queremos trasladar el TCP al extremo de la herramienta.

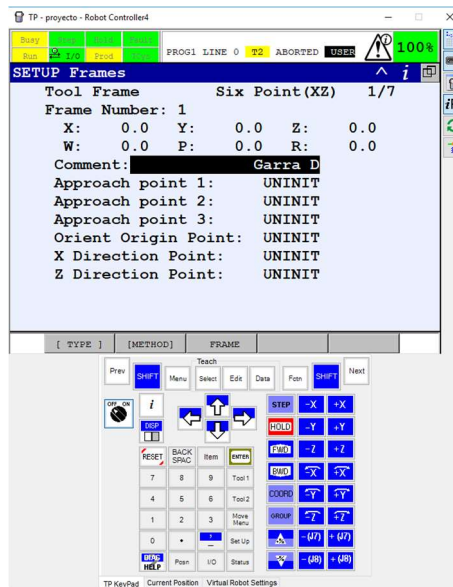


Figura 27 : Teach Fanuc - Método de los 6 Puntos

Los 3 primeros pasos que se deben realizar son iguales que el método de los 3 puntos.

Luego debemos memorizar el origen sobre el que queremos trasladar el TCP externo o RTCP, y posteriormente darle la orientación que le corresponde de acuerdo al origen que antes hayamos guardado. En este caso hemos decidido guardar la orientación de las coordenadas X y X, pero también tenemos la posibilidad de hacerlo con las coordenadas X e Y.

Hemos hablado del RTCP, que utilizamos para llevar el TCP del robot a cualquier elemento externo al robot con el fin de optimizar el movimiento al máximo. No es más que seguir el método de los 6 puntos y tendríamos calculado el TCP. Una vez calculado el TCP y queremos reorientar el robot respecto del RTCP debemos seleccionar la tecla FCTN + TOGGLE REMOTE TCP y activaremos o desactivaremos el RTCP. Además, también podemos seleccionar el TOOL que queramos reorientar como si fuera RTCP, para ello FCTN + CHANGE RTCP FRAME.

Método de Entrada Directa

Si hemos obtenido mediante otros métodos externos al robot, unas coordenadas del TOOL que nos puedan ser útiles para poder trabajar, también es posible introducir los valores directamente en el número de TOOL que queramos.

User Frame. Métodos de obtención del user frame.

User Frame, sistema de referencia usuario o base es una forma de mover el robot con coordenadas cartesianas. Una base es útil calcular cuando queremos trabajar en distintas zonas para un mismo ciclo de robot. Por ejemplo, para realizar un Pick and Place, coger y dejar, será necesario calcular la base del útil donde el robot coja la pieza y del útil donde se deje la pieza. De esta forma, si en algún momento se decide modificar la posición del útil, con simplemente hacer un cálculo en las coordenadas obtendríamos el mismo resultado.

Para esto, también existen distintos métodos de cálculos:

- 3 puntos
- 4 puntos
- Entrada Directa

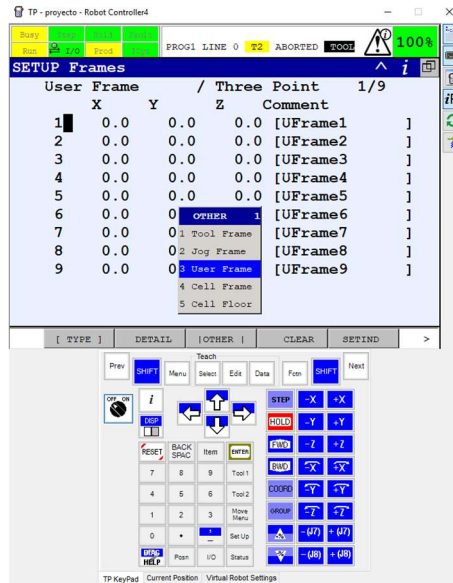


Figura 28 : Teach Fanuc - User Frames

Si nos posicionamos en el menú Frames donde nos encontrábamos anteriormente, y clicamos sobre OTHER + USER FRAME, entramos en el menú donde podemos calcular las distintas bases.

Método de los 3 puntos

La completa utilización de este método para la obtención de la base de coordenadas sobre la que estemos trabajando implica llevar a cabo una serie de posiciones con el robot.

Antes de eso, debemos obtener el tool o herramienta adecuado sobre el que queremos obtener la base. Con el tool seleccionado llevaremos el robot a la primera posición que nos determina el método, Orient Origin Point, este punto será el punto de origen sobre el que haremos la base de coordenadas de la base con la que vayamos a trabajar. Una vez que grabamos esa posición, debemos grabar 2 posiciones más, X Direction Point e Y Direction Point. Esos 2 puntos deben estar en el mismo plano en el que queremos formar la base con el punto origen antes generado.

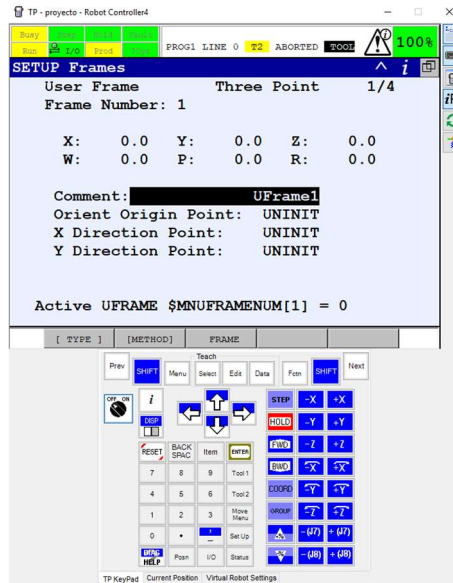


Figura 29 : Teach Fanuc - Método de los 3 Puntos

Método de los 4 puntos

Al igual que el otro método para la obtención de la base, en este caso, debemos grabar 4 puntos. Mediante este método obtenemos la base en la que queremos trabajar, pero por las dificultades de la geometría es imposible acceder a ella. Por ello, grabaremos el punto System Origin en la ubicación donde realmente se sitúa la base de coordenadas de la base.

El punto Orient Origin Point lo guardaremos como base de coordenadas para poder obtener las orientaciones correctas de la base. El punto no lo guardaremos donde realmente se situaría. Y finalmente, memorizaremos las orientaciones X e Y como el método anterior.

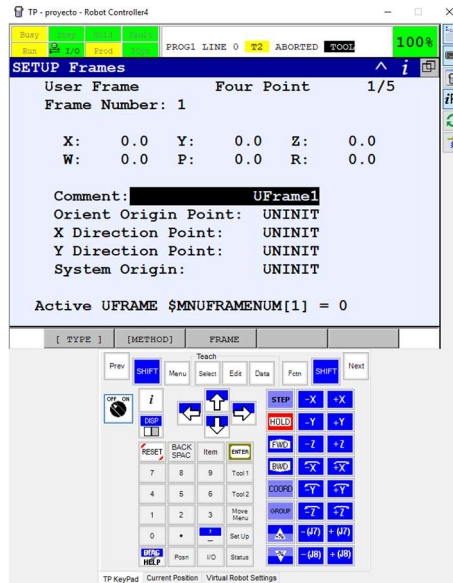


Figura 30 : Teach Fanuc - Método de los 4 Puntos

E/S

Las entradas y salidas que posee el robot Fanuc se deben gracias al controlador. Se dividen en distintos grupos de entradas y salidas como pueden ser:

- Digitales: se utilizan para la gestión de periféricos, como puede ser el control de la herramienta utilizada.
- Analógicas: estas señales se utilizan cuando el control que quiera realizar el robot corresponde con sensores y actuadores analógicos.
- Grupos: son una clase de señal que utiliza el robot para agrupar señales que se desea leerlas o activarlas al mismo tiempo.
- Robot: estas señales están directamente cableadas al robot.
- UOP: señales digitales que facilitan la comunicación con el PLC.
- SOP: señales digitales que indican el estado del sistema.

Digitales

Para poder acceder al menú de las señales digitales pulsamos la tecla MENU - I/O - DIGITAL y nos aparece la siguiente lista de señales.

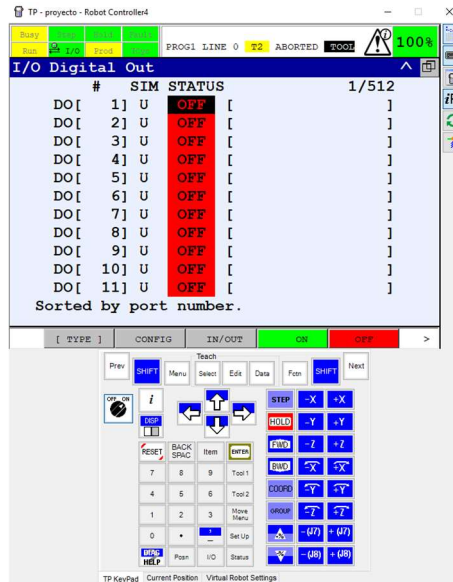


Figura 31 : Teach Fanuc - Señales Digitales de Salida

En este controlador que utiliza el robot podemos leer y modificar 512 señales digitales de salida y entrada.

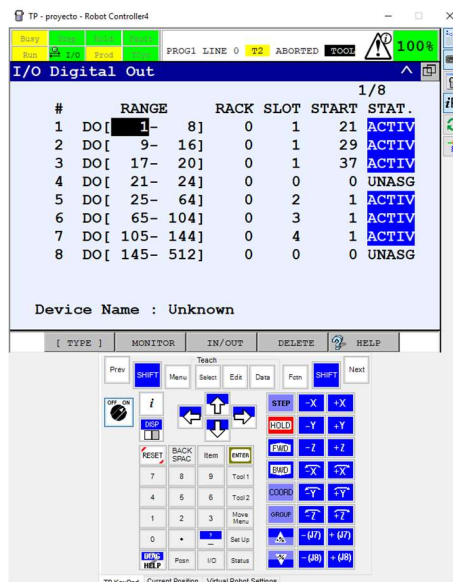


Figura 32 : Teach Fanuc - Configuración Señales Digitales de Salida

El submenú que nos ofrece esta pantalla:

- CONFIG: para poder asignar a cada señal digital el RACK – SLOT – START POINT que se desee.
- IN/OUT: si queremos cambiar las señales digitales de entrada por las de salida para poder leerlas o escribirlas, pulsamos la tecla IN/OUT.
- SIMULATE/UNSIMULATE: para poder simular las señales digitales nos debemos posicionar en la columna SIM en el bit que nosotros deseemos.
- OFF/ON: si la señal está siendo simulada, y nos ponemos en la columna STATUS podemos poner a 1 esa señal o poner a 0 si pulsamos OFF.

Analógicas

Para poder acceder al menú de las señales analógicas pulsamos la tecla MENU - I/O - ANALOG y nos aparece la siguiente lista de señales.

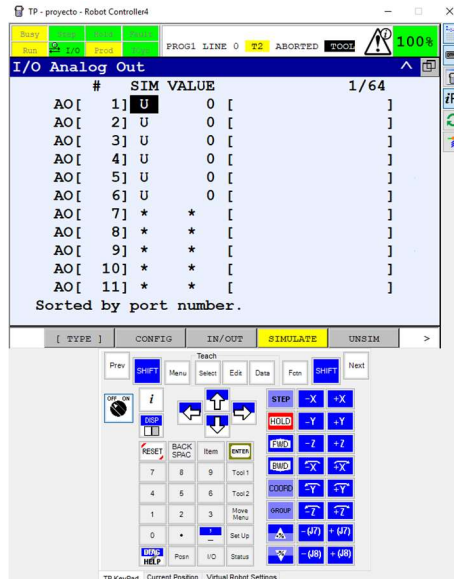


Figura 33 : Teach Fanuc - Señales Analógicas de Salida

En cuanto al número de señales analógicas, tanto entradas como salidas, el controlador utiliza 64 señales.

El submenú que nos ofrece esta pantalla:

- CONFIG: para poder asignar a cada señal analógica el RACK – SLOT – START POINT que se desee.
- IN/OUT: si queremos cambiar las señales analógicas de entrada por las de salida para poder leerlas o escribirlas, pulsamos la tecla IN/OUT.
- SIMULATE/UNSIMULATE: para poder simular las señales analógicas nos debemos posicionar en la columna SIM en el bit que nosotros deseemos.
- FORMAT: si la señal está siendo simulada, y nos posicionamos en la columna VALUE podemos escribir el valor de la variable analógica que queramos. Esta tecla nos permite cambiar el formato de escritura del valor introducido. Tiene 2 formatos disponibles como son, en decimal y hexadecimal.

3.2. Herramientas FESTO

Festo es una empresa multinacional líder en el sector de la automatización que produce y vende tecnología destinada al control y proceso de cualquier tipo de industrias [2].

Con capacidad de dar soporte para cualquier solución industrial, FESTO te ofrece una amplia variedad de productos. Entre ellos podemos destacar:

- Accionadores neumáticos y electromecánicos.

Cilindros con vástago o actuadores lineales sin vástago son las herramientas que podemos encontrar en este apartado.

- Válvulas.

El sistema principal de cualquier movimiento realizado en una instalación es debido a las válvulas, con accionamiento eléctrico o neumático.



Figura 34 : Festo – Electroválvula

- Sensores.

Entre los sensores que nos ofrece FESTO dentro de su amplia variedad nos podemos encontrar con sensores de proximidad, de posición, de presión o de caudal.

- Motores.

Tanto servocontrolados como motores paso a paso, se pueden integrar en cualquier planta industrial que nos podamos encontrar.

- Conexión neumática.

Todo aquel dispositivo que necesite de una alimentación neumática, utiliza racores o tubo neumático capaz de llevar el fluido al actuador que lo precise.

- Tecnología de control.

Para poder procesar la información recogida por los sensores, actuadores o motores de la instalación, FESTO posee unos terminales para el control de la información.

Tras conocer la amplia oferta que nos ofrece la marca FESTO. Describiremos como utilizar todos aquellos dispositivos en nuestra planta.

Si nos centramos en los robots que cogen la puerta del soporte inicial y la deposita en los muebles de menor tamaño, vemos como es necesario el uso de elementos mecánicos que nos permitan la manipulación de piezas.

Estos robots poseen en su extremo del brazo un FESTO como el mostrado en la figura.

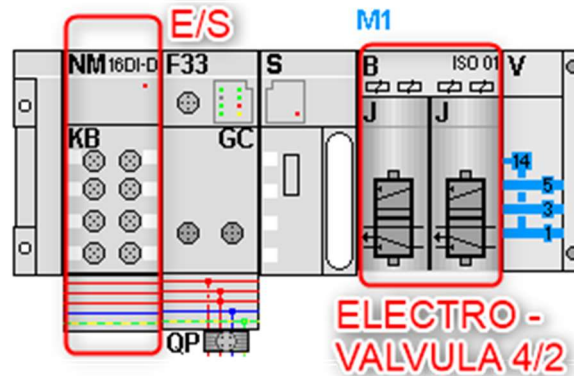


Figura 35 : Festo – Configuración

Con una carta de entradas de 8 puertos con conexión M12 y 16 canales digitales que controlan el estado de los 2 aprietes y 2 electroválvulas que permiten el movimiento de estos actuadores.

El tipo de Festo elegido es VTSA que posee distribución eléctrica a través de su propia placa con un máximo de 32 electroválvulas y hasta 10 módulos de Entradas/salidas.

Los módulos de Entradas / Salidas son cables M12 que con un solo canal transmite la información del estado de los actuadores e informa al autómatas.

Por otro lado, la comunicación existente entre los distintos equipos de la instalación se realiza a través del protocolo de comunicación Profinet formando así una red de equipos interconectados.

Por último, las electroválvulas utilizadas para el movimiento de los actuadores son 4/2. Una electroválvula encargada del movimiento del apriete izquierdo y la otra para el apriete derecho.



Figura 36 : Destaco - Actuadores

Ambos actuadores pertenecen a la familia Destaco, empresa que posee una gama variada de productos, todos ellos orientados a la automatización o procesos industriales.

En cuanto a la variedad de aprietes que ofrece, tiene diferentes tipos en función del elemento que les haga actuar: manuales, neumáticos, hidráulicos, ...

En nuestro caso, trabajaremos con aprietes neumáticos donde la entrada y salida de aire del actuador permitirá el movimiento.

Se escogerá la familia TCC ya que posee una cierta compensación a la hora de coger la pieza.

TCC Tolerance Compensating Power Clamp



Shown with optional U-Arms and Cylinders with Internal Hold Open Device

in addition to narrow, wide and NAAMS Clamp Arm Shafts



- Tolerance compensation for variable sheet metal thicknesses within three degrees of arm movement
- There is no need for shimming

Ordering Information

Dimensional Drawings

Figura 37 : Destaco - Actuadores TCC

Además, se escogerá el modelo de 63 mm que nos indica el diámetro del cilindro neumático que ejerce la fuerza necesaria para manipular la pieza sin ningún problema.

Si la fuerza que ejerce el apriete es igual a:

$$\text{Fuerza} = \text{Presión (bar)} * \text{Área (m}^2\text{)}$$

A mayor diámetro del cilindro, mayor fuerza ejercerá el cilindro.

En cuanto a la información que se transmite desde el apriete al autómatas sobre su estado (abierto/cerrado) tenemos 3 tipos de conectores

En cuanto a la conexión del cable M12 al actuador el fabricante nos ofrece 3 posibilidades, una conexión vertical, paralela al actuador; una conexión horizontal, en perpendicular al actuador y una tercera en la que el fabricante nos ofrece el cable conexionado.

Se escogerá, por tanto, el conector vertical por la ergonomía y el buen funcionamiento del apriete en nuestro caso.

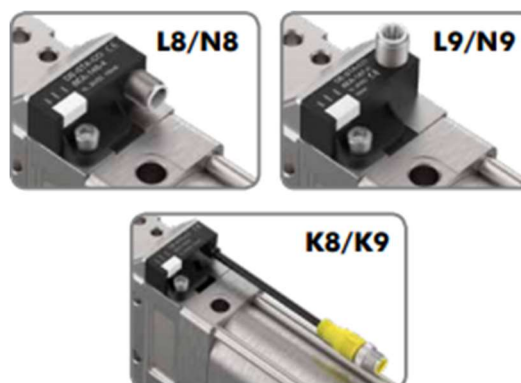


Figura 38 : Destaco - Conexión

Si continuamos la línea de producción, el robot manipulador que coge la pieza del mueble y la deposita en el transportador, cuenta con una herramienta compuesta por 12 ventosas magnéticas de la marca Goudsmit.

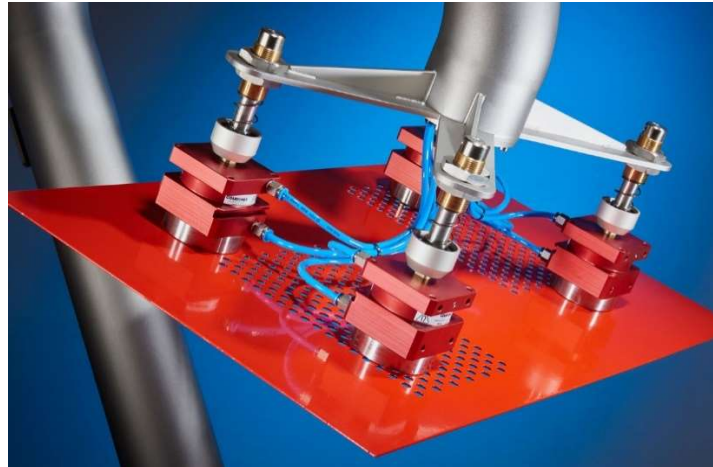
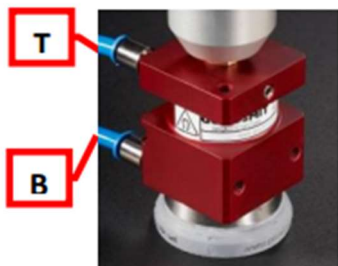


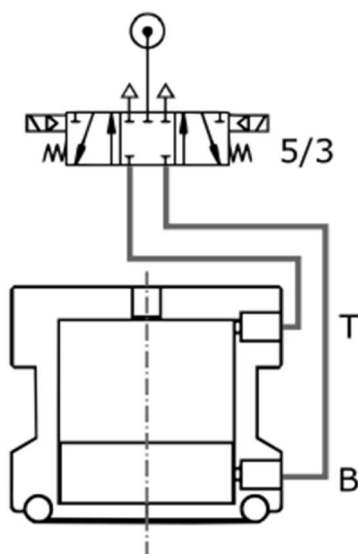
Figura 39 : Goudsmit - Ventosas

Al igual que el anterior FESTO ubicado en las garras de los robots del inicio de la línea, estos poseen una carta de entradas y 4 electroválvulas. Cada electroválvula permite el movimiento de un grupo determinado de ventosas.



El sistema de funcionamiento de la ventosa consiste en un accionamiento neumático mediante el cual podemos coger una pieza al activar el campo magnético y liberarla cuando desactivemos el campo.

La herramienta del robot se compone de 12 ventosas como las mostradas en la imagen.



Posee 2 conexiones de aire, donde la entrada de aire por el puerto T activa la fuerza del imán y por el puerto B se desactiva dicha fuerza.

Figura 40 : Goudsmit - Funcionamiento

El control se realiza a través de una electroválvula 5/3, 5 vías y 3 posiciones, donde las 5 vías son: 2 de entrada y salida de aire del puerto T, otras 2 de entrada y salida de aire del puerto B y una quinta que es el escape.

Dispone de 3 posiciones, accionamiento para activar el imán y por tanto introducimos aire al actuador, desactivación del imán y liberación de aire, y una tercera posición que es de reposo.

Como hemos dicho, necesitamos de hasta 12 ventosas por el peso que posee la pieza que se desea manipular.

El peso de la puerta en su proceso final antes de la instalación en el resto del vehículo es de aproximadamente 30 kg. Si el peso en Newton es la masa de la carga en Kg por la fuerza de la gravedad en m/s^2 , 30×9.8 , necesitaríamos una ventosa que alcanzase los 300 N.

Por tanto, cualquier modelo (2 mm o 10 mm) con una distancia siempre que la ventosa se sitúe a 1 mm de la pieza, va a poder cogerla sin ningún tipo de problema.

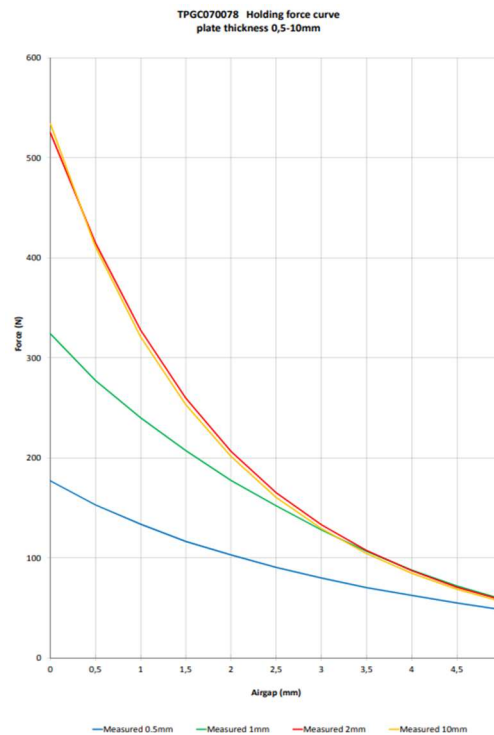


Figura 41 : Goudsmit - Grafica

3.3. Pinzas Soldadura ARO

Cuando queremos realizar un proceso de soldadura en una instalación robotizada las distintas tecnologías nos ofrecerán un abanico bastante amplio de técnicas y procedimientos. Por delante de cualquier otro método están: Soldadura por Puntos y Soldadura al Arco.

En la soldadura por Puntos o también llamada soldadura por resistencia, es un tipo de soldadura originada a través del calor que produce la corriente eléctrica al paso por 2 electrodos enfrentados entre sí durante un periodo corto de tiempo. Los metales que se quieran soldar ofrecen una alta resistencia cuando se unen y, por lo tanto, la corriente eléctrica que ahí se produce será máxima. Entre los factores que influyen a la hora de realizar este tipo de soldadura están la fuerza o presión ejercida por los electrodos y el tiempo que están ambos electrodos enfrentados entre sí ejerciendo dicha fuerza.

Además, con este tipo de soldadura se barajan 2 posibilidades en función de la colocación de la pinza en la instalación. Podemos tener soldadura por puntos con la pinza en el suelo, quiere decir que debemos llevar la pieza que queremos soldar, dentro del robot o soldadura por puntos con la pinza embarcada en el robot, de esta forma llevamos el robot al lugar donde se encuentra físicamente la pieza que debemos soldar.

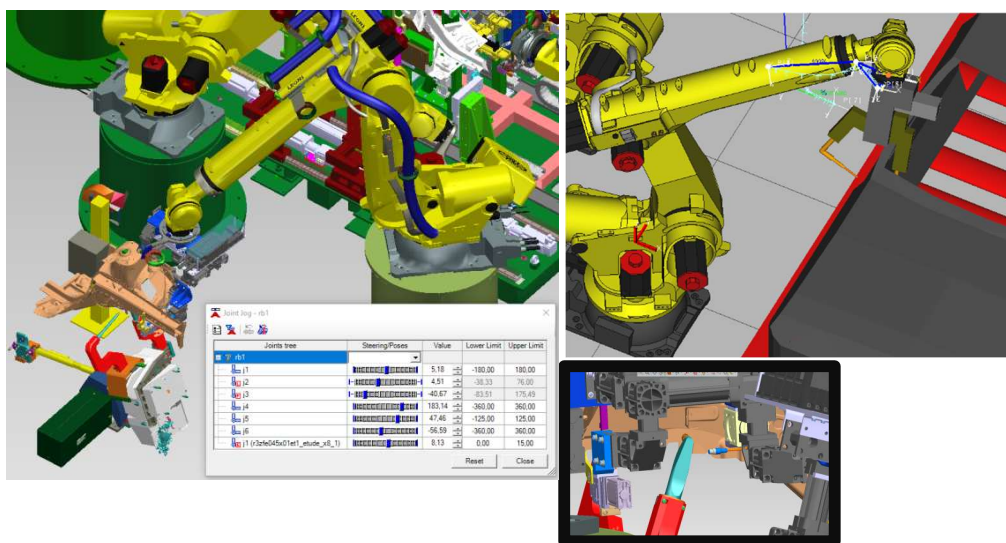


Figura 42 : Soldadura por puntos

Por otro lado, hablamos de soldadura al arco, cuando el paso de la corriente eléctrica se realiza entre las piezas a soldar y el electrodo ubicado en el robot. De esta forma se obtiene un baño de metal fundido que al enfriarse se solidifica y proporciona la unión de las piezas.

A diferencia del otro tipo de soldadura, este es más rápido ya que genera mucho más calor y por tanto se produce mucha menos distorsión entre las uniones de las distintas piezas.



Figura 43 : Soldadura Láser

Las pinzas de soldadura más usadas a nivel industrial en empresas de automatización son las que fabrica la marca ARO [3]. El modelo más reciente con un mayor grado de aceptación por parte de los clientes es el denominado 3G ya que por su menor peso y sus altas prestaciones hacen que sea el modelo escogido en nuestra instalación. Entre muchas de sus ventajas destacan, la protección contra la contaminación lo cual supone el poder integrarlas en procesos donde se acumule mucha suciedad, posee también una opción de compensación para que la pinza no deforme la pieza a pesar de someterla a mucha presión y, por último, sensores de fuerza integrados que nos dan información sobre cualquier tipo de colisión que afecte a la pinza.

ARO 3G proporciona distintos tipos de pinzas en función de la geometría de la pinza. Por la geometría de la pinza, el espacio disponible para poder soldar sin ningún tipo de colisión y la ubicación de los puntos de soldadura se ha escogido la referencia 3G-Z.

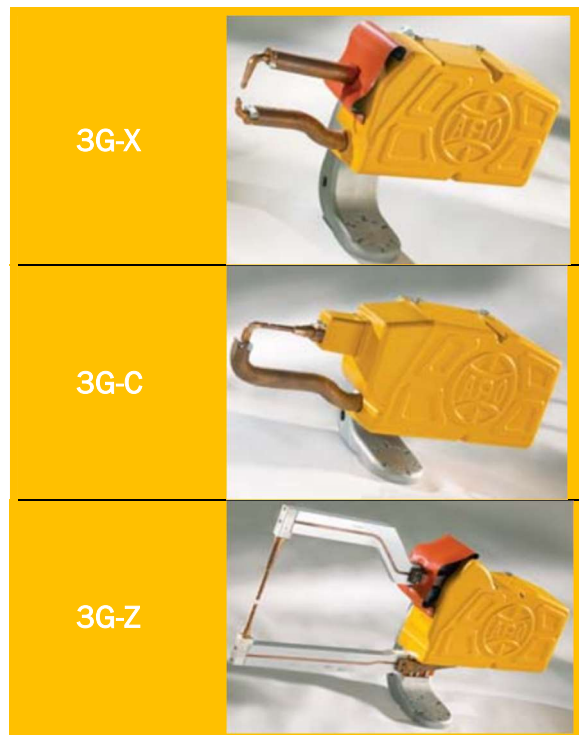


Figura 44 : Pinzas ARO

3.4. Transportadores

La comunicación entre las distintas instalaciones que forman el proceso productivo del vehículo debe garantizar un correcto transporte de piezas y a su vez ser eficientes garantizando el tiempo de ciclo requerido en cada instalación. Por ello, surge la idea de utilizar una herramienta llamada transportador o conveyor diseñados para infinidad de aplicaciones dentro del mundo de la automatización. En este caso, se va a utilizar 2 transportadores distintos, ya que cada uno de ellos transporta piezas de distintos pesos y tamaños.

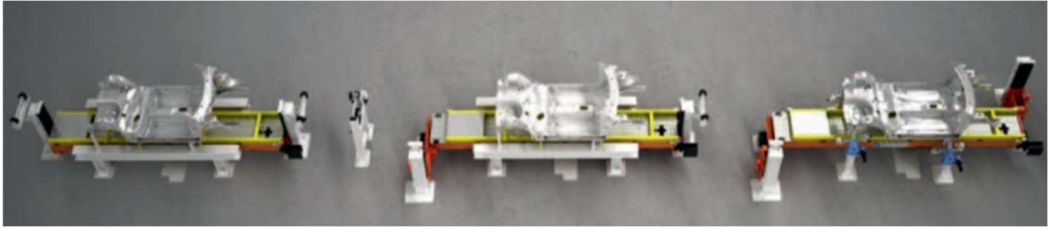


Figura 45 : Tuenkers Transportador

La marca escogida es Tuenkers, empresa alemana líder en el diseño de transportadores que nos ofrece soluciones para nuestros 2 casos [4].

Por un lado, el modelo HSF que utilizaremos para transportar el vehículo total, y para transportar las puertas, el modelo EHS.

Transportador Puertas

El modelo EHS especialmente diseñado para piezas de tamaño mediano en la industria de la automoción que comprende 3 tipos distintos en función del peso a transportar. El modelo de rail doble es el adecuado para nuestra instalación. Ya que soporta hasta 2000 kg de peso.

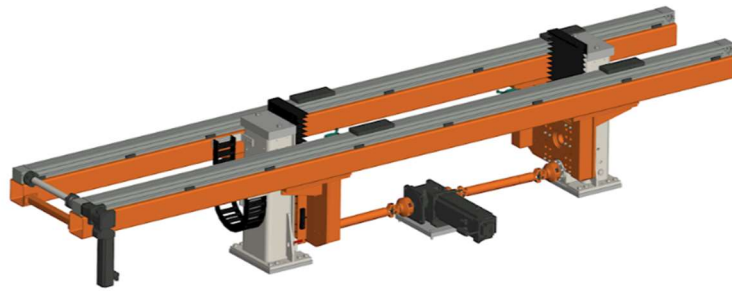


Figura 46 : Tuenkers EHS

Encima de los raíles se colocarán unas paletas diseñadas mecánicamente de tal forma que la geometría de la puerta encaje de forma correcta.

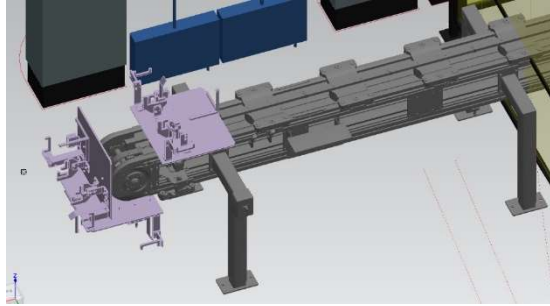


Figura 47 : Tuenkers – Mecanica Paletas

Además, se necesita realizar un control del transporte de las piezas que llegan al transportador. Como ya hemos hablado anteriormente la comunicación con los demás elementos de la instalación se lleva a cabo mediante el protocolo de comunicación profinet por ello, se utiliza un FESTO con una carta de entradas digitales de 8 puertos de cableado M12 donde conectaremos la información recogida por los 4 topes que posee el mueble y el detector de presencia pieza como vemos en la imagen.

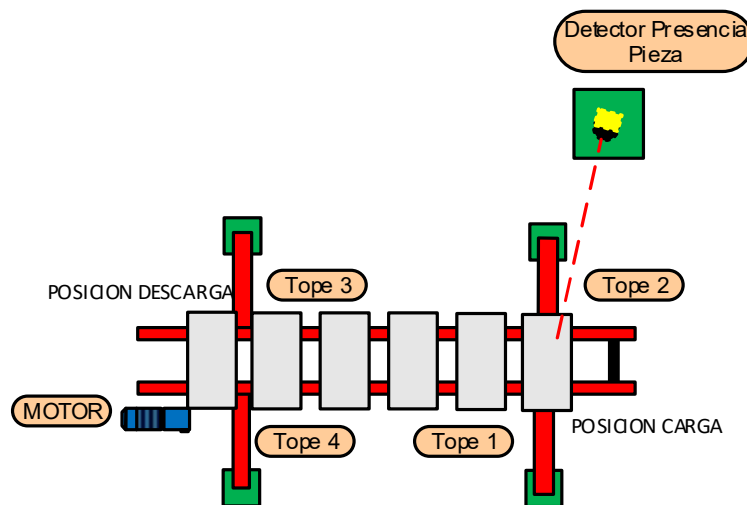


Figura 48 : Transportador – Topes

Estos topes que posee el mueble son accionamientos mecánicos que controlados mediante electroválvulas permiten o impiden el paso de las paletas que portan las puertas.

De tal modo que si nos encontramos en la posición de carga de la pieza previamente se ha debido abrir el tope 1 para que la paleta sin pieza pueda posicionarse en la posición de carga. Una vez el robot deposite la pieza, debe abrir el tope 2 para que la paleta con pieza pueda dirigirse hacia la posición de descarga. Donde se repite el proceso, se abre el tope 3 para que el robot pueda coger la pieza en la posición de descarga adecuada y cuando este tenga la pieza, abrimos el tope 4 para que la paleta vuelva de nuevo a la posición de carga.

Además, también se controlará la posición de la pieza, por ello hemos elegido un detector de presencia pieza, de la marca IFM con un alcance de 10 metros, O1D100. Compatible con la conexión M12 para poder conectarlo a la carta de entradas del FESTO [5].



Figura 49 : Detector IFM

Transportador Vehículo

Para transportar el vehículo con las puertas delanteras ensambladas en su correcta posición, se ha elegido un transportador de la marca Tuenkers y el modelo escogido es un HSF que posee un elevador con motor para poder modificar la posición del vehículo en altura. Además, como mecanismo de transporte utiliza unos rodillos con un servomotor reductor en la entrada y salida del mueble para realizar la transferencia entre ellos de una forma más suave y precisa.

En cuanto a las características técnicas del mueble soporta hasta 2000 kg de peso y puedan llegar a medir hasta 10 metros de longitud en su eje horizontal.



Figura 50 : Tuenkers HSF

Una vez que el vehículo cruza de un mueble a otro se activa un sensor que ofrece el fabricante del mueble para indicar el estado de la paleta y el vehículo. A su vez, en la salida del mismo, otro sensor indica que la paleta con el vehículo está saliendo del mueble.

A nivel de programación en el autómata, estos 2 sensores ayudan al seguimiento del proceso, ya que los robots que colocan la puerta en el vehículo lo harán cuando ambos sensores estén activos, al igual que los robots que realizan la soldadura.

Ventajas de utilización:

- Tope mecánico amortiguado.

Una vez la paleta llega a la posición de trabajo, con los 2 sensores de presencia de paleta activos, esta se encuentra con un tope amortiguado como vemos en la imagen para que la parada de la paleta se realice de forma suave y dicho tope no sufra desgaste.

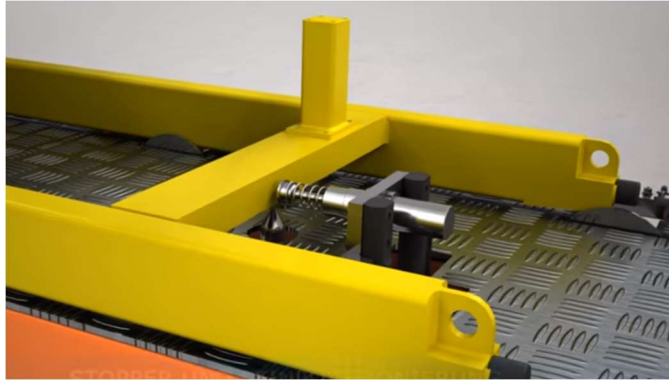


Figura 51 : Tuenkers – Tope Mecánico

- Cilindro posicionador.

Una vez que la paleta llega a la posición, una electroválvula gestiona el movimiento de un cilindro situado en la parte baja del mueble, que permite retacar la paleta impidiendo así el movimiento de la misma, y consigo el movimiento del vehículo.



Figura 52 : Tuenkers – Cilindro Posicionador

3.5. PLC

3.5.1. ¿Qué es?

Un autómata lógico programable (PLC) es un sistema electrónico programable utilizado en entornos industriales que posee un cierto espacio de memoria donde alojar sus programas, datos e instrucciones con el fin de controlar señales de entradas y salidas de distintos dispositivos conectados a él.

Un PLC consta de:

- Rack Principal: elemento utilizado para conectar otros elementos el cual va instalado en la placa base del PLC.
- Fuente de Alimentación: suministra la energía necesaria a la CPU y a las cartas de entrada y salida. La tensión de entrada a los PLCs es de 220 v y la de salida es de 24 v.
- CPU: es el cerebro del PLC y consta de uno o más procesadores, según el fabricante, que se programan de acuerdo a las necesidades propias del programador.
- Tarjetas de E/S: van conectadas al rack y se comunican con la CPU. A través de estas tarjetas, informan al PLC con un bit, 0 o 1, cualquier dispositivo o sensor conectados. A su vez, posee tarjetas de salidas, que con 24v, alimenta a dispositivos o accionadores que cambian el estado de los mismos.

3.5.2. Tipos de PLC

Compactos

Aquellos PLCs que tienen la CPU, fuente de alimentación y los módulos de E/S en un solo paquete. En procesos industriales de la automoción utiliza este tipo de PLC como relés.

Modular

El tipo de PLC más potente y con más funciones, todos aquellos paquetes de los que se compone están separados y conectados entre sí colocados sobre un riel. Pueden soportar un elevado número de entradas y salidas con capacidad de procesar programas complejos.

En rack

Parecidos a los PLC de tipo modular con la diferencia de que este utiliza un rack donde se colocan los módulos que a su vez posee un bus integrado que ayuda a la comunicación entre todos ellos.

OPLC

Como su nombre indica es un PLC con panel de Operador (OPLC), que posee un interfaz HMI para su funcionamiento y monitorización de los procesos industriales que se quiera trabajar.

3.5.3. Fabricantes

Shneider

Shneider ofrece soluciones completas para la automatización como por ejemplo control industrial, seguridad de edificios, sistemas de instalación y servicios de energía, que surgió en 1999 como fusión de varias empresas.

Entre las características principales de este fabricante de PLCs son el tamaño más reducido que el resto de sus competidores con una alta densidad de E/S pudiendo llegar a 1024 E/S digitales aumentando así el número de módulos de entradas y salidas. A su vez, también se puede aumentar hasta 256 E/S analógicas.

Un módulo importante es la CPU el cual está instalado en un rack cuya dirección es la 0 y su posición 00. Contiene una tarjeta de memoria para guardar aplicaciones y datos, la cual se descarga automáticamente cuando se enciende la CPU. 3 tipos de memoria trabaja el PLC, memoria RAM, memoria Flash y una tarjeta de memoria SD.

Los puertos de comunicación con los que trabaja son Ethernet, CANOPEN o Modbus.

El software con el que podemos realizar la programación se denomina Unity.

Rockwell

Principal fabricante de PLCs desde que la empresa Allen-Bradley comprara Rockwell en 1985. El modelo con el que el PLC trabaja es el denominado Productor/Consumidor con protocolos de comunicación como DeviceNet o Ethernet.

Al contrario que el modelo Origen/Destino donde la información se transmite desde un emisor a un único receptor. Por ello, se desperdicia ancho de banda ya que hay información que no es necesario transmitir a ciertos receptores. El modelo Productor/Consumidor, sin embargo, no desperdicia recursos, que mediante un identificador en el mensaje a transmitir comunica directamente con el receptor.

3.5.4. Siemens: modelo utilizado

Siemens es el fabricante más popular y con más éxito que existe en la automatización de plantas industriales a día de hoy. Posee una serie de controladores desde el más compacto hasta el controlador con el mayor nivel de rendimiento. Esos controladores son todos modulares a los que poder añadir tarjetas de E/S, módulos de potencia o de seguridad [6].

Un controlador básico que posee la gama Siemens es el S7 - 1200 especializado para tareas de automatización sencillas, pero con un alto grado de precisión. Trabaja con 64 bits con protocolos de comunicación como Ethernet y Profinet. Este controlador tiene la novedad de tener integrado el firmware 4.0 que entre sus características destacan entradas y salidas de alta velocidad, y mejoría del sistema de control PID.

Si hablamos de controlador avanzados Siemens ofrece S7 - 1500, S7 - 300 y S7 - 400.

S7 - 1500

Este controlador asegura un alto nivel de eficiencia y está totalmente preparado para ser usado con el software TIA Portal. Posee un display mediante el cual poder realizar la puesta en marcha del autómata y gestionar el diagnóstico de todos aquellos módulos que tiene instalado. El protocolo de comunicación utilizado también es el Profinet con una memoria de hasta 2 GB para poder almacenar programas, variables o documentos.

Integra los módulos de E/S en el mismo bloque donde se almacena la CPU de esta manera ahorra espacio para poder añadir módulos de cualquier tipo en caso de que fuera necesario.

S7 - 300

Este controlador es el más vendido y usado en la industria con potentes módulos Ethernet y Profinet. A su vez, tiene la posibilidad de guardar sus programas y datos en una Micro Memory Card. Posteriormente se entrará con más detalle en el estudio de este controlador.

S7 - 400

Es el controlador más potente existe en el mercado por parte de Siemens. Si el proceso industrial en el que queremos trabajar supone un elevado volumen de datos a intercambiar este es el controlador que se debe integrar. El bus con el que comunica con sus módulos instalados es de gran rapidez lo cual supone una conversión más rápida de los datos.

Otra peculiaridad de este controlador es la posibilidad de intercambio de sus módulos cuando están en funcionamiento ya que supone una solución rápida en caso de error de alguno de ellos.

Y como último tipo de controladores de la gama Siemens, los controladores distribuidos ET 00 que combinan una gran capacidad para llevar a cabo cualquier tipo de actividad junto con una flexibilidad importante para adaptarse a la situación que se exige.

Controlador S7 – 300

El controlador que se usara para el control de la planta diseñada es el S7 – 300 con la CPU 319 – 3 PN/DP [7].

Por ello vamos a analizar a grandes rasgos de este controlador, con sus características, comunicación, ...

Elementos del autómata:

- 1- Indicador de error de bus
- 2- Indicador de estado y error
- 3- Ranura Micro Memory Card
- 4- Selector de modo:

RUN: La CPU procesa el programa.

STOP: La CPU no procesa el programa.

MRES: borrado total de la CPU.

- 5- X3 PN con 2 puertos (Profinet)
- 6- Dirección MAC
- 7- Led Verde Puerto 1
- 8- Profinet Puerto 1
- 9- Led Amarillo Puerto 1. Tráfico de datos activo.
- 10-Led Verde Puerto 2
- 11-Profinet Puerto 2
- 12-Led Amarillo Puerto 2. Tráfico de datos activo.
- 13-Conexión Fuente Alimentación
- 14-Interfaz X1 (MPI/DP)
- 15-Interfaz X2 (DP)

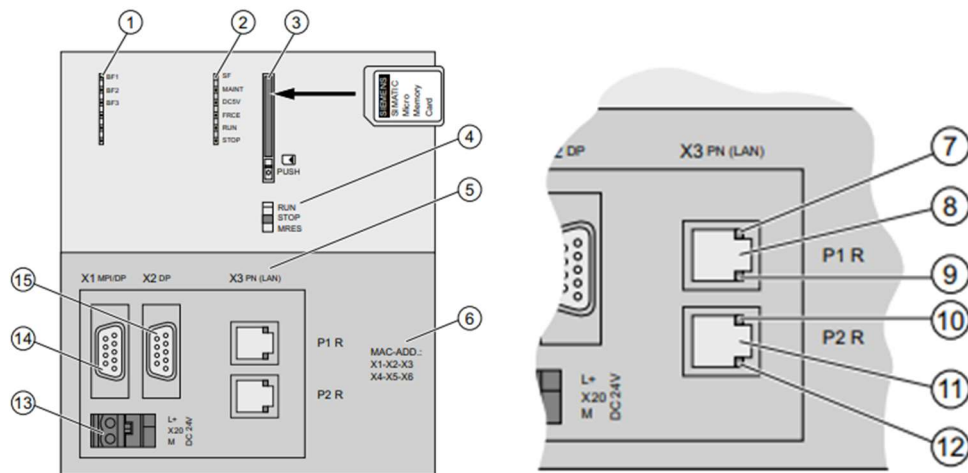


Figura 53 : PLC S7-300 - Elementos

Comunicación

MPI

La interfaz MPI (Multi Point Interface) esta presente en la comunicacion como subred de la CPU con una velocidad de transferencia de 190 kbits/s.

Profibus DP

Interfaz utilizada por Siemens para dispositivos orientadas a la periferia descentralizada. Es posible configurar la interfaz como maestro o esclavo con una velocidad de transferencia de 12 Mbits/s.

Profinet

Si las CPUs incluyen la extensión PN disponen de una interfaz Profinet. Las CPUs de este controlador tienen 2 puertos de Profinet los cuales pueden ser configurados con una topología en línea o en anillo con una velocidad de transferencia de 100 Mbits/s.

Si desea establecer un enlace con Ethernet Industrial puede hacerse a través de la interfaz Profinet.

Si se desea ampliar el número de equipos conectados a la red, es preciso de utilizar switches en vez de hubs ya que de esta forma se mejorará el acoplamiento de los datos en la red y la comunicación entre los equipos.

- PROFINET IO: concepto de comunicación orientada a aplicaciones modulares descentralizadas.
- PROFINET CBA: orientado a aplicaciones modulares pero para comunicar distintas maquinas entre si donde se crean soluciones parciales gracias a su procesamiento inteligente.

El método de transmisión es síncrono en tiempo real donde se dispone de un ancho de banda dentro del tiempo de ciclo de transmisión que garantiza la comunicación aun con una elevada carga en la red.

Memoria

La memoria de la CPU se compone de 3 áreas claramente diferenciadas:

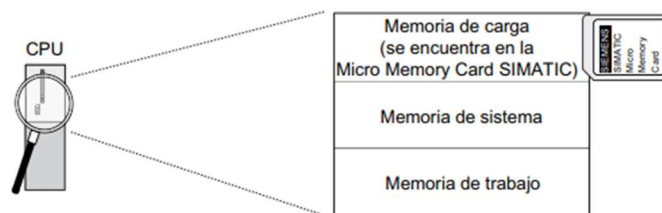


Figura 54 : PLC S7-300 – Memoria

- Memoria de carga: esta parte de la memoria se encuentra en la Micro Memory Card alojada en la CPU y en ella se guardan bloques de datos e información del sistema. Ante cualquier caída de tensión producida en la CPU, los datos alojados en esta memoria no se ven afectados.

- Memoria de sistema: los bloques de datos que no se consideran relevantes están almacenados en la memoria de sistema, además, también se guardan marcas, temporizadores y contadores. Las imágenes del proceso también se guardan en esta parte de la memoria. En este caso, se pueden elegir que datos son remanentes y cuáles no, o lo que es lo mismo, que datos deben iniciarse cuando haya un arranque completo del PLC.
- Memoria de trabajo: esta memoria corresponde con la que tiene la CPU y no es ampliable. Sirve para procesar el código y los datos del programa. Los DBs o bloques de datos se pueden cargar de información hasta el límite de remanencia. Por lo tanto, los bloques de datos que no superen ese límite no se inicializaran cuando se reinicie la CPU.

Ejecución Programa

- 1- El sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo. Se supervisa en todo momento la duración de ejecución del programa.
- 2- La CPU escribe los valores en los módulos de salida.
- 3- La CPU lee los valores de entrada.
- 4- La CPU procesa el programa.
- 5- Periodo de control, donde borra variables innecesarias.
- 6- La CPU vuelve al inicio del ciclo.

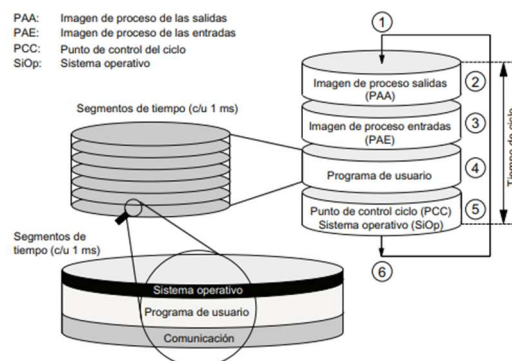


Figura 55 : PLC S7-300 – Ejecución Programa

3.6. Comunicaciones Industriales

3.6.1. Tipos de Redes

Profinet

Profinet es un estándar abierto que posee todas las características Ethernet donde la comunicación es simultánea y en tiempo real en ambos sentidos, es decir, si un equipo A está comunicándose con otro B, al mismo, ese equipo B puede enviar información al equipo A.

Tipos de comunicación utilizados por el método Profinet:

- Estándar TCP/IP: donde se garantiza la transferencia de información completa, sin errores y en orden correcto. Cuando 2 equipos quieren comunicar entre sí, se establecerán entre ellos una conexión que se desconectará una vez acabe el intercambio.

La transferencia de información también se realiza mediante el protocolo IP, Protocolo Internet.

- En Tiempo Real: este método de comunicación se utiliza cuando el tiempo es crítico y el control se realiza por eventos. Los retardos varían entre 1 y 10 ms. Muchos de los switches utilizados para mejorar la transmisión de información tienen la propiedad de asignar cierta prioridad a mensajes críticos.
- Transmisión Asíncrona: especialmente utilizada para aplicaciones de control de movimiento. Este método comparte 2 formas de comunicación a su vez, una parte determinista donde el tiempo tiene su parte crítica y se realiza de forma real, y una forma abierta siguiendo el estándar TCP/IP.

Profinet posee un protocolo de seguridad denominado PROFIsafe donde su principal cometido es asegurar la transmisión de una señal de seguridad originada en algún equipo de la planta hasta el equipo principal de control.

PROFIsafe tiene una serie de características que lo define:

- Numeración consecutiva de todos los mensajes que aparecen en caso de error.
- Cada cierto tiempo, programable, se informa del estado de los errores que aparecen.
- Cada equipo que posee la característica PROFIsafe integrado en la misma red, está identificado a través de un número binario (F-Address).

Industrial Ethernet

El protocolo de comunicación Ethernet Industrial fue desarrollada por Xerox con el apoyo de Intel y se ha convertido en un estándar de comunicación importante en la industria de la automatización y la industria 4.0.

Su topología se apoya en bus serie con un mecanismo de acceso al medio CSMA/CD para el control del acceso al medio (MAC).

**CSMA/CD: cualquier equipo de la red, que desea enviar un mensaje escucha al medio para ver si otro equipo a su vez está enviando otro mensaje. Si en el medio no hay intercambio de información, el equipo que desea enviar, envía el mensaje. Pero si hay 2 o más equipos dispuestos a enviar un mensaje al medio, es posible que exista una colisión entre los mensajes que informara a los demás equipos conectados a esa red un mensaje de error. De esta forma, cada equipo esperará un cierto periodo de tiempo y volverá a transmitir más tarde.*

En cuanto al medio de transmisión:

1. Cable coaxial: el cual tenía problemas de fiabilidad ya que se perdía información por el medio. En cuanto a la velocidad (10 Mbps) y alcance (1 - 2 Km) era suficiente ya que no había redes tan extensas ni con tanto volumen de producción como existen en la actualidad.

2. Cable trenzado: la calidad obtenida con este cable es suficiente para comunicar cualquier tipo de red industrial. La conexión se realiza mediante conectores RJ-45 y la velocidad alcanzada es de 100 Mbps.
3. Fibra Óptica: actualmente se utilizan este tipo de redes donde puede ser útil en redes extensas con grandes interferencias electromagnéticas de hasta varios kilómetros.

La topología es en estrella que mediante un repetidor o conmutador realiza conexiones punto a punto y así, ampliar el alcance y los nodos conectados a la red.

Una forma de ampliar el número de equipos conectados a la red, como hemos dicho antes, es instalar un conmutador (switch). De esta forma, cuando un equipo envía un mensaje a la red, llega al conmutador y ahí se comprueba si el mensaje va destinado a un equipo que se encuentra en esa misma red o de lo contrario, envía el mensaje al conmutador en el que esté conectado el equipo.

Además, cada conmutador posee un buffer, de modo que los mensajes se van acumulando en el por orden de llegada y de esta forma evitar posibles colisiones entre unos mensajes u otros.

Profibus

Profibus es un estándar de red abierto que está instalado en varios sectores del entorno industrial. Permite una periferia distribuida donde los módulos de E/S, válvulas, pantallas de control, ... trabajan en un sistema automatizado de tiempo real, bien a través de PROFIBUS DP o PROFIBUS PA. La comunicación entre redes como Ethernet con Profibus, la variedad del protocolo se denominaría PROTOCOLO FMS o PROFInet.

Profibus DP

Es la variedad de PROFIBUS que permite la velocidad más elevada de transmisión y es el estándar perfecto para los equipos descentralizados. La conexión se realiza mediante RS-485 o fibra óptica.

El maestro lee de forma cíclica mediante el paso de testigo como protocolo de acceso al medio. Esta forma de acceder al medio se basa en el paso de un testigo a cada equipo de la red, de tal forma, si un equipo desea transmitir información a otro equipo de la red, en la trama que desea enviar acopla el testigo que posee y cuando llega la información al equipo receptor, este volverá a enviar el testigo para informar al emisor que la información ha llegado correctamente.

A su vez, pueden existir sistemas mono maestro donde solo se encuentra activo un maestro de la red o multi maestro donde todos los maestros pueden leer información de sus esclavos, sin embargo, solo pueden forzar las salidas de los esclavos a los que se han configurado previamente.

Profibus FMS

Usado para comunicaciones industriales complejas entre PLCs. Este modelo de comunicación permite unificar los procesos de la planta industrial a través de un dispositivo virtual el cual puede leer y escribir variables, diagnosticar fallos y analizar el tiempo de fuera de servicio.

Todos aquellos dispositivos de comunicación están definidos en un diccionario de objetos locales propios de la red. Estos objetos pueden ser Estáticos o Dinámicos: donde los estáticos, son variables, arrays, registros que están completamente definidos por el fabricante y los dinámicos, son también variables o registros que pueden ser modificados, borrados, ... para facilitar la comunicación.

A través de "primitivas de servicio" PROFIBUS FMS realiza la transmisión de información por medio de los buses de campo donde y que poseen cierta información sobre los equipos conectados y sus direcciones de red.

Esas primitivas de servicio pueden ser transmitidas en la comunicación de forma confirmada o no confirmada. Si se realiza a través de un servicio confirmado la confirmación de que la transmisión se ha realizado correctamente le llega al emisor, sin embargo, a través de un servicio no confirmado, el emisor envía sin recibir confirmación y sin saber que el paquete de datos ha llegado correctamente a su destino.

Profibus PA

Es una variedad de PROFIBUS que conecta los sistemas de automatización con los sistemas de control de procesos como los sensores de presión, temperatura o nivel.

Se utiliza como sustituto perfecto de la tecnología 4 a 20 mA ya que cada receptor del sistema de control requería una fuente de energía, de esta forma con PROFIBUS PA solo se requieren 2 cables para transmitir la información y la energía necesaria.

La codificación se denomina Manchester MP que codifica cada bit que envía como un cambio de nivel, de esta forma cuando existe un cambio de nivel positivo, se codifica como nivel 0 y si tenemos un cambio negativo, codificamos el nivel 1. Podemos decir entonces, que este tipo de codificación es síncrona.

Como resumen de estas 3 variedades del protocolo PROFIBUS:

	PROFIBUS FMS	PROFIBUS DP	PROFIBUS PA
APLICACION	Nivel de Célula	Nivel de Campo	Nivel de Campo
DISPOSITIVOS	PLC	PLC	Dispositivos de Campo
TIEMPO DE RESPUESTA	60 ms	5 ms	60 ms
TAMANO DE RED	150 km	150 km	2 km
VELOCIDAD	12 Mb/s	12 Mbits/s	30 Kbits/s

As-i

El bus de comunicación As-i es el estándar de comunicación más robusta y flexible existente en el mercado, diseñada especialmente para el nivel más bajo de la planta a controlar. Su denominación se deba a las siglas de las palabras Actuador Sensor Interface.

Se trata de un protocolo donde solo existe un Maestro que consulta y actualiza los estados de los esclavos conectados a la red. Dicho cable costa de 2 hilos que transmiten los datos y alimenta con 24 v a los sensores. El número máximo de esclavos es de 62.

A diferencia de otros buses o protocolos de comunicación este se configura de forma automática y se pueden conectar tanto señales digitales como analógicas.

En cuanto a la topología de la red, no existe ninguna restricción, en línea, en estrella o en árbol.

El maestro se encarga de recoger los datos de los sensores y los envía a la red, el mismo organiza el tráfico, transmite parámetros de configuración a los esclavos y suministra datos sobre el diagnóstico de la red.

La longitud a la que el protocolo de comunicación deja de transmitir con normalidad es a los 300 metros utilizando para ello repetidores que amplifican la señal.

Interbus

Interbus es un bus de campo utilizado para conectar entre si actuadores y sensores. Es un sistema abierto donde los sensores y actuadores se conectan a través de cable serial con el estándar RS-485. Ese mismo cable es utilizado tanto para el envío como para el recibo de información de todos los dispositivos.

El método de acceso al medio se realiza a través del sistema denominado Maestro/Esclavo, capaz de conectar hasta 512 dispositivos entre sí. El maestro actúa como interfaz para el correcto acoplamiento con los dispositivos de nivel superior. Su topología es en anillo, es decir todos los equipos conectados entre sí forman un camino cerrado.

Este protocolo de comunicación permite la detección de errores haciendo una evaluación continua sobre la calidad de transmisión, de esta forma es capaz de prever la aparición de errores en la red. Además, gracias a esta topología que utiliza, es más fácil identificar un error, un cortocircuito o una interrupción en el cable ya que la comunicación fallaría a partir de la localización del error.

El control que se realiza en este tipo de acceso al medio es a través de TDMA (Time Division Multiple Access) donde la posibilidad de colisión entre las distintas informaciones se ven reducidas. Este control se basa en la partición de un determinado periodo de tiempo entre slots de los distintos dispositivos conectados donde en cada periodo se examina el estado de la transmisión y la probabilidad de colisión.

Para poder identificar a cada equipo conectado a la red, Interbus asigna un código de identificación donde la información que se recopila es: el tipo de dispositivo y el tamaño del bloque de datos a transmitir. Además de la identificación del dispositivo, Interbus envía en una trama el bloque de datos a transmitir seguido de una cola que indica el fin del bloque.

3.6.2. El Futuro de las Comunicaciones Industriales

Ya hemos hablado de los distintos protocolos de comunicación que existen en la industria 4.0. Ahora se describirán una serie posible cambios y tendencias que se desarrollarán en el futuro para este tipo de industrias [8].

Eliminación de los sensores analógicos

Actualmente existen sensores analógicos que informan al PLC sobre el estado de ciertas mediciones que el sensor recoge. Para ello, el PLC debe tener una carta de entradas analógicas y así, poder procesar la información recibida por el sensor. Y una vez, que ese valor llega al PLC, posteriormente necesita un tratamiento de escalado para poder ser mostrado en su interfaz.

Esto podría dejar de ser así, si la conexión de los sensores analógicos se realizara mediante conexión Ethernet y de forma precisa poder visualizar el valor en el PLC.

Internet de las Cosas

Esta tecnología constituye uno de los pilares más importantes sobre los que se construye la tecnología 4.0. Para construir esta tecnología se necesitan una serie de conceptos: los dispositivos como sensores con conexión a Internet para poder monitorizar los datos, protocolos de comunicación adaptables a Internet y aplicaciones que permitan visualizar y procesar los datos recogidos.

Para que esta tecnología pueda establecerse en el mercado de las comunicaciones industriales, debe, a su vez, sustentarse en una serie de tecnologías que a continuación nombraremos:

- Nuevos Procesadores más pequeños y de menor consumo: no importa lo sencillo o potentes que sean los nuevos procesadores sino que sean pequeños y consuman menos energía.

Con la llegada de los procesadores con formato SoC, sistemas embebidos donde se integran todos los módulos presentes en un computador en un solo chip, como por ejemplo Cortex-R o Cortex-M diseñados por la empresa ARM, ayudan a que el IoT pueda integrarse en la industria de una forma más eficiente.

- Comunicaciones entre equipos de menor potencia: hasta ahora los protocolos de comunicación utilizados en IoT son los tradicionales como pueden ser Ethernet o Internet, pero el consumo de estas es elevado. Por ello, una tecnología como Li-Fi que utiliza la luz normal como medio de transmisión, está siendo estudiada para poder integrarla en redes industriales. Entre sus desventajas podemos destacar su baja velocidad de transmisión con un máximo de 13 Mbps y su corto alcance de hasta unos 10 metros sin que haya ningún elemento que se interponga entre el emisor de información y el receptor.

Comunicación M2M

Este tipo de tecnología “machina to machine” se basa en la comunicación que existe entre dispositivos conectados en la misma red y realizar cualquier tipo de acción sin necesidad de ayuda humana.

Esta tecnología está siendo implementada como medida de supervisión, diagnóstico y reparación de cualquier elemento conectado a la red. De tal forma que, si en la misma red tenemos conectados una serie de sensores que nos facilitan saber el estado de ciertos equipos y a su vez, esos equipos pueden estar conectados a dispositivos móviles, podemos ver en todo momento el estado de los mismos e incluso saber si el equipo podría estar dañado.

A modo resumen, podemos decir que los principales elementos que necesita esta tecnología para ser implementada sería unos sensores, una red inalámbrica y un equipo conectado a Internet.

Redes Inalámbricas

El futuro de la comunicación industrial va a ser a través de redes en las que el medio transmisor no sea el cable, por ello entre las tecnologías más destacadas que existen son: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee y Near Field Communication (NFC). Describiremos algunas de las características más importantes de estas variedades inalámbricas:

- **Wi-Fi:** es el más frecuente, puede conectar grandes cantidades de dispositivos entre sí y puede alcanzar varias decenas de metros sin pérdida de información. Además, posee la propiedad de comunicar a grandes velocidades pudiendo llegar a 1 Gbps. Entre sus desventajas a la hora de poder integrarlo en una industria 4.0 reside en el gasto de energía que existe los equipos que se conecten entre sí.
- **Bluetooth:** estándar con poco poder de alcance hasta unos 10-20 metros. La comunicación se realiza punto a punto o punto a multipunto con una velocidad de 1 Mbps. Es necesario una autorización y una respuesta para poder interconectar 2 dispositivos y al contrario que la red Wi-Fi, esta necesita mucha menos energía para poder realizar el intercambio de información.
- **ZigBee:** este estándar está diseñado para un intercambio con una tasa baja de información con una velocidad de transmisión de 250 kbps y un alcance de hasta 80 metros de distancia. Sin embargo, entre sus características más importantes destaca la de operar en redes con alta densidad, ya que a mayor número de equipos conectados más rutas habrá para que la información llegue al receptor. ZigBee resuelve este problema utilizando un identificador por cada red y de esta forma la pérdida de información sería mínima.
- **NFC:** tecnología desarrollada para sistemas RFID operando a distancias cortas en la que el equipo receptor de información solo responde al emisor durante el tiempo en el que ambos están dentro del alcance. Permite trabajar con una baja tasa de energía y la configuración entre ellos se realiza sin una interacción previa.



4. Descripción Estación

Se trata de instalación en la que la automatización industrial juega un papel muy importante. Mediante procesos de pick and place y soldadura por puntos, se consigue el ensamblaje de las 2 puertas delanteras de un vehículo. Además, la línea de automatización que se va a diseñar posee una serie de características y equipos cuyo funcionamiento se explicara.

El vehículo alcanza nuestra instalación a través de un transportador o conveyor de la marca Tuenkers donde las puertas del vehículo aún no han sido ensambladas.

Para ello, ambas puertas, una de cada lado, son introducidas en la instalación por medio de 2 operarios, donde uno de ellos deja la puerta izquierda en un útil adecuado para ello y en el otro lado, el operario deja la puerta derecha en el otro útil preparado.

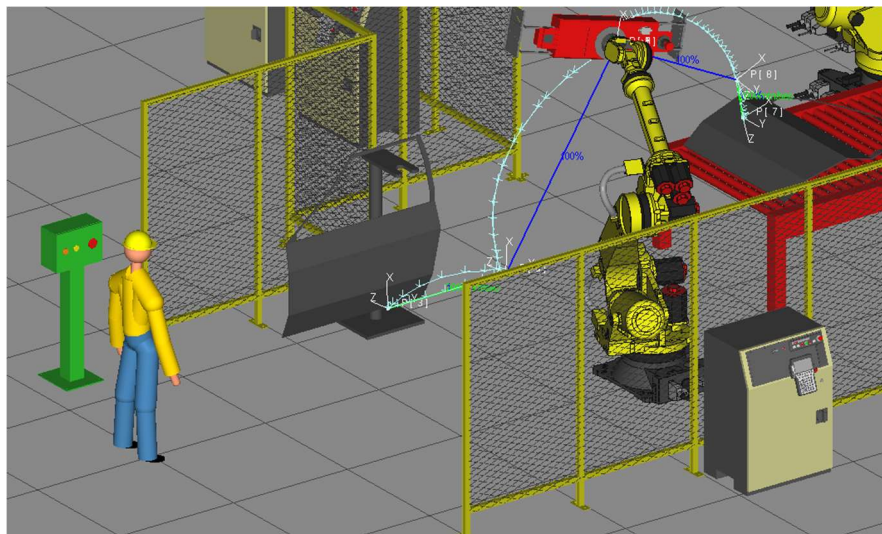


Figura 56 : Estación Propuesta

Cabe destacar que el trabajo realizado por el operario está sujeto a una serie de normas de seguridad que posteriormente se explicaran ya que en esa superficie de trabajo el robot también realiza sus operaciones de cogida de pieza.

Más adelante, la siguiente operación consiste en coger la puerta ubicada en el útil y depositarla en un conveyor de la misma marca que el mueble central, de tamaño más reducido. Para realizar esto se utiliza un Robot Fanuc con una herramienta en el extremo del robot diseñada para poder manipular la puerta.

La herramienta utilizada en los 2 robots está controlada por electroválvulas FESTO que permiten el correcto funcionamiento de la misma.

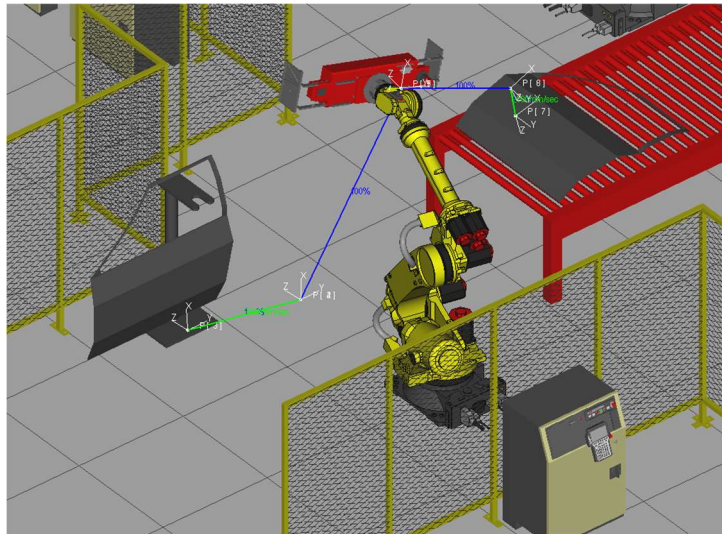


Figura 57 : Robots Manutención - Aprietes

Una vez depositada la pieza en el transportador, se desplaza hasta el otro extremo del mismo, y si se activan una serie de detectores controlados por el autómatas S7-300 de la marca Siemens dando información de que la pieza se encuentra en la posición correcta para su manipulación, entonces el robot ahí ubicado se dispondrá a coger la pieza. En este caso la herramienta que el robot dispone son una serie de 12 ventosas del fabricante Goudsmit en 2 filas de 6 con el objetivo de depositar la puerta en su localización correcta dentro del vehículo.

Si la puerta ya está colocada en su posición final, antes de que el robot suelte la pieza con las ventosas, tenemos 2 robots uno a cada lado del vehículo con el objetivo de soldar la pieza por puntos para el correcto ensamblaje. Estos robots poseen pinzas ARO, fabricante líder en equipos con soldadura por puntos.

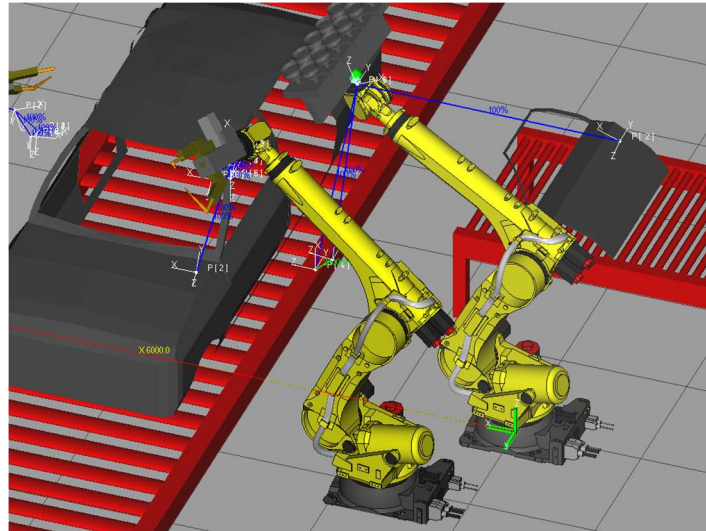


Figura 58 : Robots Manutención y Soldadura

Una vez descrito el proceso de la línea automatizada, se explicará cada estación de trabajo desde el punto de vista de los componentes utilizados, programa que el robot ejecuta, así como las seguridades robot/operario existentes en el proceso industrial.

4.1. Fanuc

4.1.1. Robots Manutención

El proceso de ensamblado de la instalación empieza por los robots 3 y 5 que cogen las piezas delanteras del vehículo y las dejan en un mueble acumulador de piezas. Siguiendo con los robots 2 y 7 que a través de sus potentes ventosas finalizan las tareas de manutención de la instalación.

Para realizar cualquiera de estas operaciones el robot que se ha elegido ha sido R-2000iC/165F, que como bien definen sus creadores es el mejor robot FANUC que actualmente está en el mercado, con unas prestaciones que ofrecen un rendimiento elevado y con capacidades de carga capaz de alcanzar los 165 kg. Es el modelo ideal para aplicaciones de manipulación. Esta versatilidad que ofrece el robot no sería posible si no utilizásemos el controlador J-30iB que es el apropiado para cualquier solución de automatización.

En cuanto al alcance es capaz de trabajar hasta 2655 mm de distancia respecto de la base del robot.



Figura 59 : Fanuc – R-2000iC/165F

Por ello, una vez seleccionado el modelo del robot y construida la instalación en Roboguide, crearemos el código correspondiente de cada robot para poder simular las trayectorias que realiza el robot crearemos un programa como se muestra la imagen.

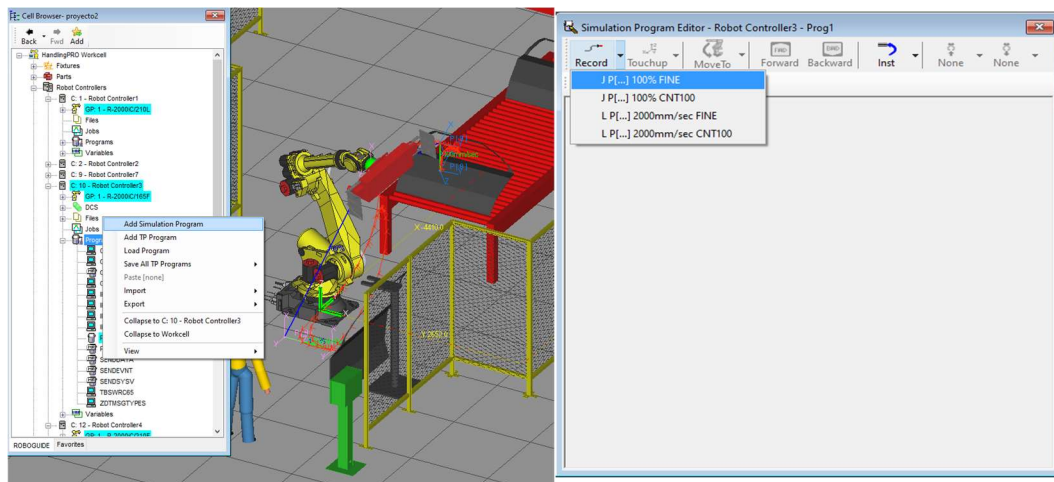


Figura 60 : Roboguide – Creación Trayectoria

Las instrucciones que se han programado para cualquier trayectoria de mantenimiento de esta instalación son:

- La señal digital de salida DO [1] = OFF utilizada para informar al resto de la instalación que en la posición en la que se encuentra el robot en ese instante no provocaría ninguna alteración al proceso evitando cualquier tipo de colisión con otro robot o elemento cercano. Esa señal o bit es transmitida al autómatas a través PROFINET para que este gestione dicha información.

El autómatas, gracias a esta información recibida por los robots, ejecuta una serie de acciones y movimientos que ayudan al proceso productivo. Entre ellas, gracias a la seguridad que el robot proporciona, el autómatas informa al operario cierta autorización a poder entrar en la instalación y poder situar la pieza en el montaje correspondiente o bien da la seguridad necesaria para que la pieza que ha sido depositada en el mueble pueda avanzar hacia el otro extremo.

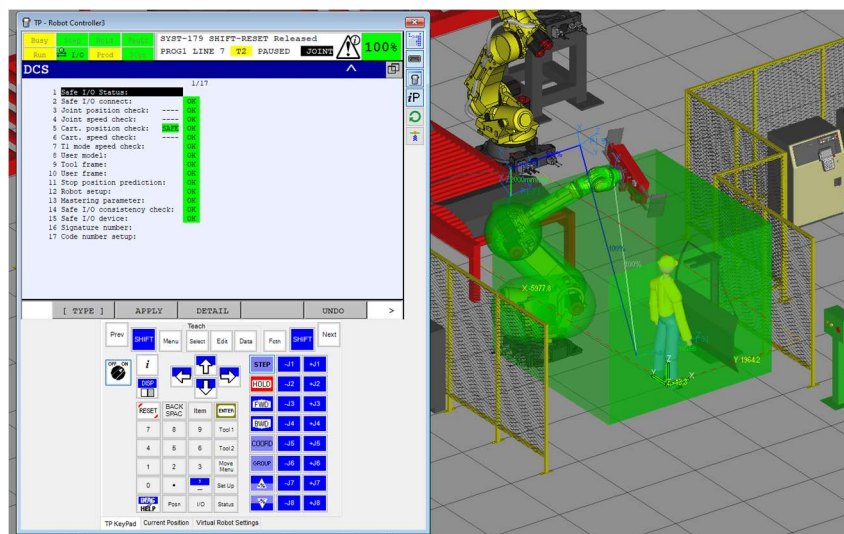


Figura 61 : Roboguide – Seguridad Operario

Si analizamos el programa completo que realiza un robot de mantenimiento nos encontramos con las señales digitales de salida 2 y 3.

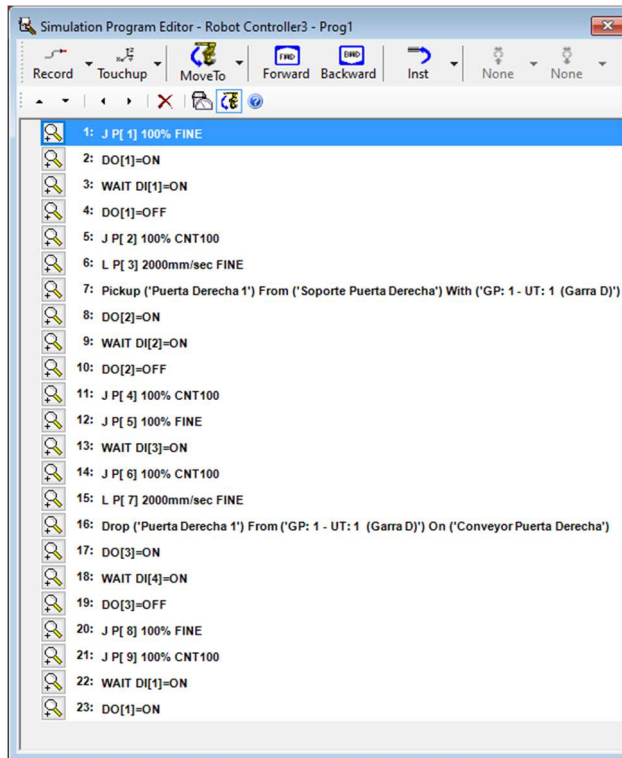


Figura 62 : Roboguide - Programa

La DO [2] informa al autómatas que la situación en la que se encuentra el robot es la posición de cogida de pieza y este deberá realizar una serie de acciones para que el robot pueda seguir ejecutando su trayectoria. De la misma forma ocurre con la DO [3], en la que el robot se encuentra en la posición de dejada de pieza.

- La señal digital de entrada WAIT DI [1] = ON es la autorización de cogida del robot en el soporte donde está ubicada la puerta derecha del vehículo. Es el autómatas el que envía la señal de acuerdo a una serie de pautas que deben suceder para que este sea enviado. Entre ellas, podrían ser que en el soporte habría físicamente una pieza o que los aprietes con los que agarramos la pieza estuvieran en el estado de abiertos.

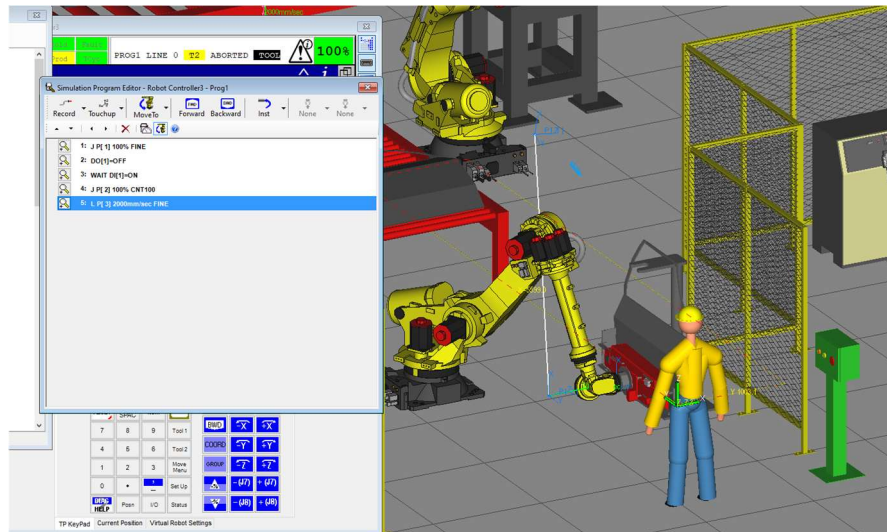


Figura 63 : Roboguide - Comunicación

La señal digital de entrada 2 es una entrada que debe estar a 1 para que el robot pueda seguir la trayectoria programada con la pieza cogida por la garra. Para ello, el autómatas comprobará una serie de condiciones para que la señal se envíe al robot a ON. Una de las condiciones que se debe chequear es la activación de los detectores destinados a ello para asegurarse que la garra no deforme la pieza y que los elementos mecánicos tanto de la garra como del montaje estén en el estado de funcionamiento correcto.

La DI [3] estará a ON cuando el autómatas nos de la autorización a dejar la pieza en el mueble, para ello, no debe haber ninguna pieza situada en ese lugar.

Y, por último, la DI [4], nos permite retirar el robot de la posición de dejada, si en este caso, los detectores de presencia pieza del mueble están a 1 y las condiciones de apertura de aprietes se cumplen la señal digital pasará a valer 1.

- Otra instrucción que se debe programar la PICK UP:

Para poder simular la cogida y dejada de piezas, es necesario asociar a los elementos las piezas que van a ser transportadas. De esta forma, si hacemos click en el soporte de sujeción de la puerta derecha nos aparece un desplegable sobre que pieza vamos a querer simular. Seleccionando la puerta derecha 1 y el robot 3 con la garra adecuada, la configuración de cogida de la pieza queda finalizada.

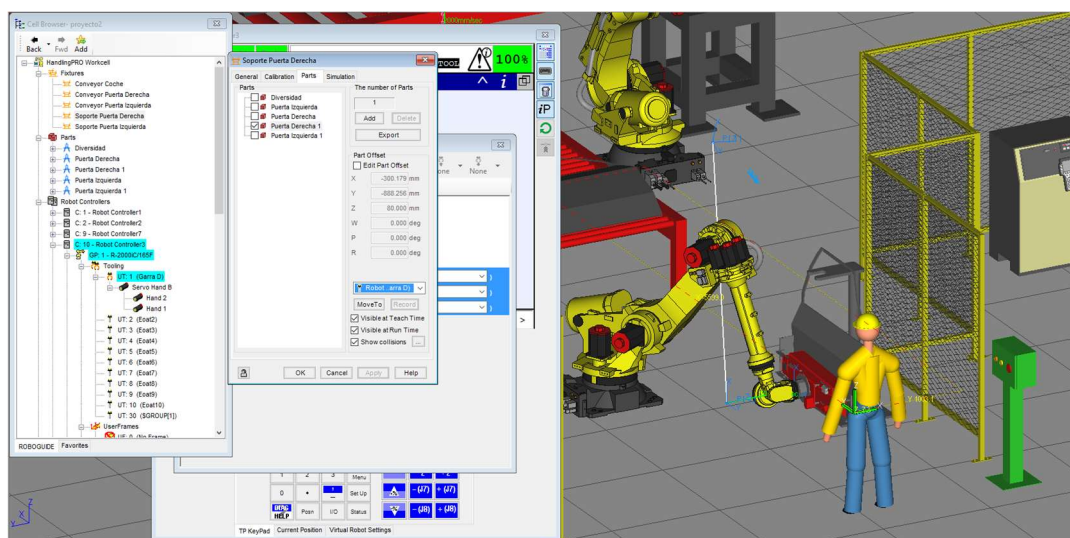


Figura 64 : Roboguide – Instrucción Pick Up 1

Una vez configurada, la instrucción PICK UP debe ser llamada en la trayectoria. Donde podemos seleccionar que robot queremos que realice la cogida, de donde va a coger la pieza y que tipo de pieza vamos a querer transportar.

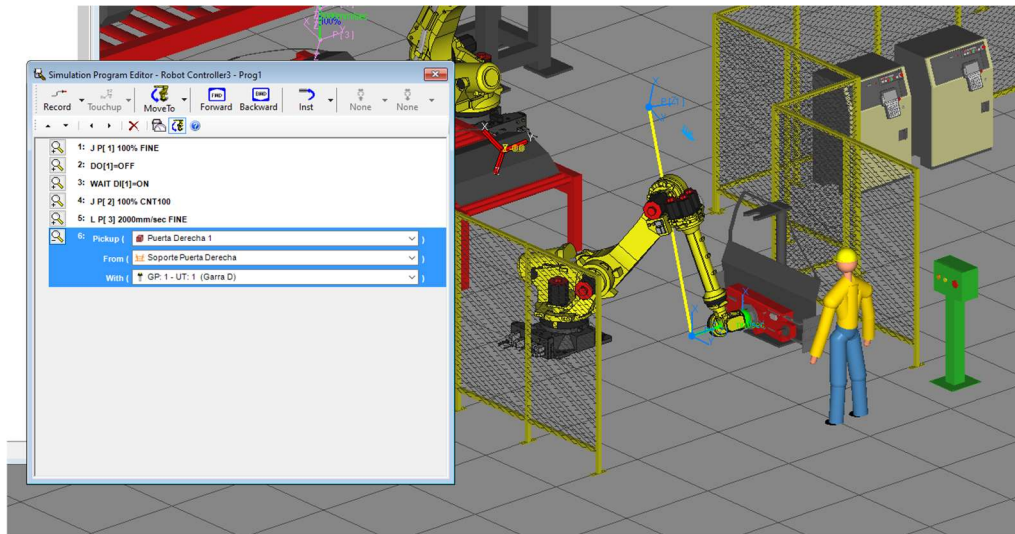


Figura 65 : Roboguide – Instrucción Pick Up 2

- Y la instrucción DROP:

Al igual que la instrucción PICK UP, esta instrucción nos permite depositar la pieza en el mueble, donde se deberá asociar que pieza va a ser depositada en que mueble, como se ha explicado anteriormente.

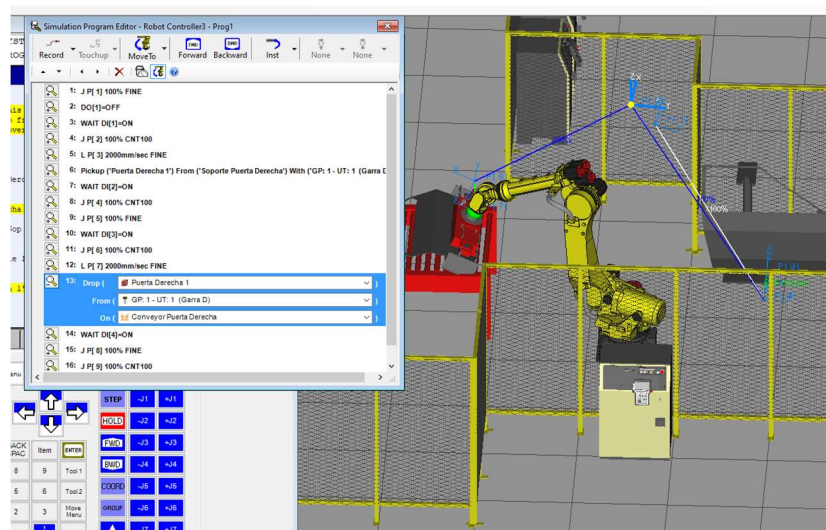


Figura 66 : Roboguide – Instrucción Drop

Durante el proceso de cogida y dejada de pieza, existe cierta comunicación con el autómata. De tal modo, que todas las entradas y salidas programadas en la trayectoria, depende única y exclusivamente del PLC.

El proceso inicial de como el robot recibe el código necesario para realizar las trayectorias oportunas es el siguiente:

El autómatas envía el código necesario para que el robot coja la pieza en función de los detectores que estén activos en el montaje. Este código se compone de un byte enviado por el autómatas que consiste en 8 bits.

0	1	2	3	4	5	6	7
C1	C2	C4	C8	C16	C32	C64	C128

Con un total de 2^8 direcciones físicas, el robot podría esperar 256 códigos distintos.

Una vez que el autómatas envía el código correcto, el robot ejecuta la trayectoria que este asignada a ese código.

4.1.2. Robots Soldadura. SPOTOOL+

A la hora de integrar robots de soldadura en una instalación se debe configurar el tipo de robot, el eje externo que lo va a controlar y los paquetes software que deben estar instalados en el controlador del robot.

Para empezar, debemos elegir el robot adecuado para realizar la soldadura con pinza embarcada. El robot elegido debe ser el que contiene el paquete SpotTool+.

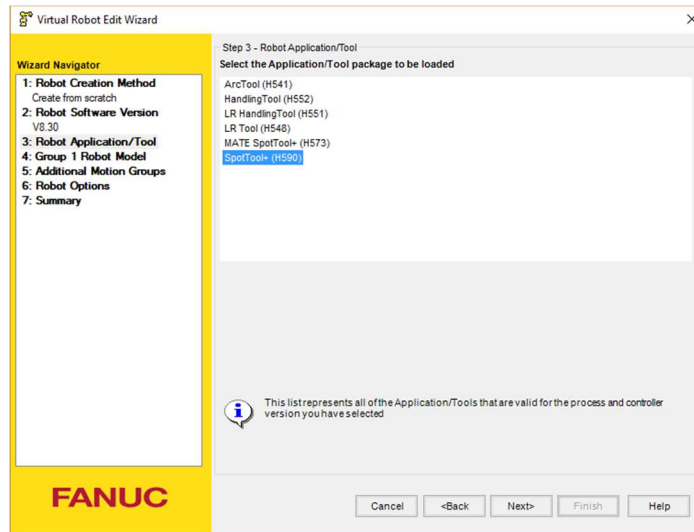


Figura 67 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura 1

Además, el modelo de robot seleccionado, tanto para ensamblar la puerta izquierda como la derecha, es el R-2000iC/210L.

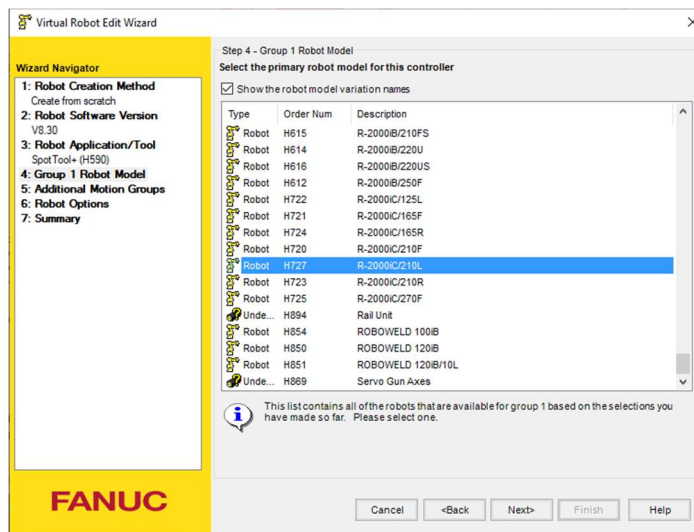


Figura 68 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura 2

Este robot es el idóneo si la tarea que va a realizar es la soldadura por puntos. Presenta una elevada carga de trabajo hasta 210 kg, con un máximo aprovechamiento del espacio y una rigidez, inercia y momento de carga en la muñeca que le permite alcanzar zonas donde el acceso es más complicado. Su máximo alcance es de 3100 mm.



Figura 69 : Roboguide – Modelo Robot Soldadura

En el grupo 2, ejes 7 y 8 del robot, se debe seleccionar un eje externo denominado *servo gun axes* que nos permite configurar el servo de la pinza de soldadura.

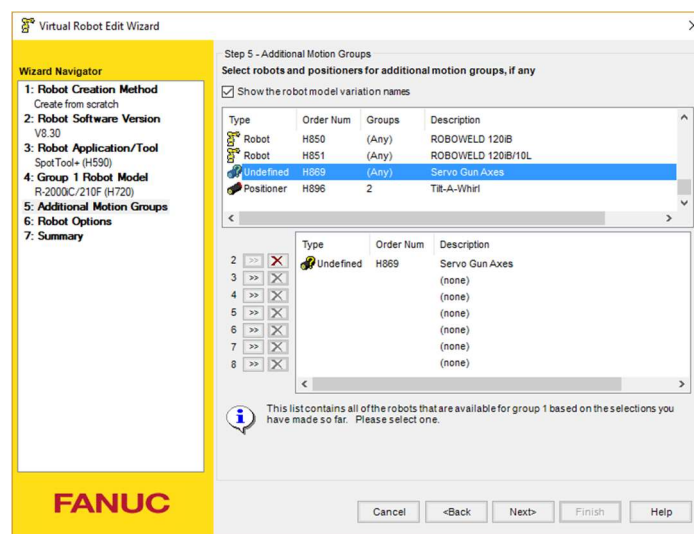


Figura 70 : Roboguide – Configuración Robot Soldadura Eje Externo

Por último, debemos instalar en el controlador del robot los paquetes software necesarios para programar los parámetros correspondientes a la pinza de soldadura.

Entre ellos, el paquete *Servo Gun Option* y *Multi-Group Motion* son esenciales para programar movimientos de apertura y cierre de pinza con los parámetros que se desee asignar.

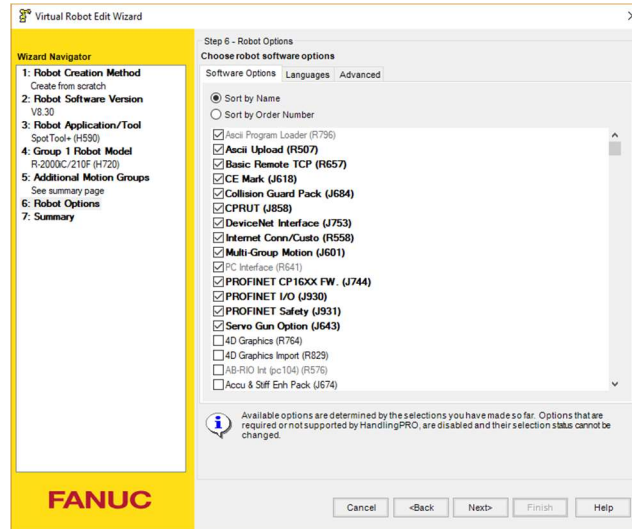


Figura 71 : Roboguide – Robot Soldadura Paquetes Instalados

Una vez configurado el tipo de robot escogido, la trayectoria de soldadura que seguirá será la siguiente:

```

1: PAYLOAD[1] ;
2: J P[1] 100% FINE ;
3: ;
4: DO[1]=ON ;
5: WAIT DI[1]=ON ;
6: DO[1]=OFF ;
7: ;
8: J P[3] 100% CNT100 ;
9: ;
10: J P[2] 100% FINE
: SPOT[SD=1,P=1,t=1.0,S=1,ED=1] ;
11: J P[4] 100% FINE
: SPOT[SD=1,P=1,t=1.0,S=1,ED=1] ;
12: ;
13: DO[2]=ON ;
14: WAIT DI[2]=ON ;
15: DO[2]=OFF ;
16: ;
17: J P[5] 100% CNT100 ;
18: J P[6] 100% FINE ;
19: ;
20: DO[1]=ON ;

```

- La instrucción PAYLOAD [1] como se explicará en el siguiente punto, corresponde al peso e inercias de la pinza de soldadura embarcada en el robot. Esos datos se han obtenido mediante un procedimiento que el robot FANUC permite realizar cuando está en automático.

Al iniciar la trayectoria de soldadura enviamos al autómeta la señal digital de salida 1, dando la seguridad necesaria al resto de la instalación para continuar con el proceso.

De esta forma, los 2 robots anteriores encargados de posicionar la puerta delantera en el vehículo final pueden ejecutar su trayectoria sin posibilidad de colisión.

El robot de soldadura no continuará la trayectoria hasta que la señal de entrada 1 se active. Las condiciones que se deberán cumplir para que esta señal de entrada este a ON:

- Los robots anteriores estén en la posición de dejada de pieza.
- El vehículo este en la posición de trabajo definida por una serie de sensores.
- La información de que esa pieza no haya sido soldada anteriormente.

Por lo tanto, una vez se cumplan estas condiciones el autómeta enviara la señal 1 para que el robot pueda soldar la pieza.

Al acabar de soldar, el robot informa a través de la DO [2] de que esta la posición final de soldadura y el PLC registrara que la pieza ha sido soldada correctamente.

Por último, al finalizar la trayectoria volvemos a dar la seguridad necesaria DO [1] = ON para que el robot que había depositado la puerta en el vehículo pueda acabar su trayectoria, dejando la pieza soldada y volver a su posición inicial.

4.1.2.1. Instrucción SPOT

En la instalación se encuentran 2 robots de soldadura por puntos donde en el extremo del eje 6 se encuentran unas pinzas de soldadura ARO.

Entre las herramientas de las que dispone este software se encuentra la instrucción de programación SPOT, la compensación del desgaste de los electrodos y la compensación neumática en el punto de soldadura ante la fuerza ejercida por la pinza.

La instrucción que permite realizar la soldadura por puntos es.

SPOT [SD = m, P = n, t = i, S = j, ED = m]

Donde los parámetros utilizados son los siguientes:

- SD: El parámetro *Start Distance* es un numero entero que hace referencia a una tabla donde se programa la distancia en milímetros entre ambos electrodos. Esa distancia se tendrá en cuenta antes de que la pinza cierre y suelde la pieza.

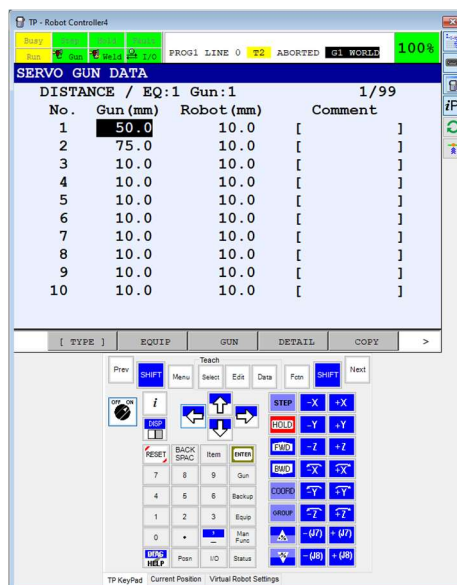


Figura 72 : Roboguide – Instrucción SPOT 1

- P: Este parámetro corresponde a la presión que debe ejercer la pinza para llevar a cabo la soldadura. Al igual que el parámetro anterior, este se encuentra en una tabla donde podemos elegir la presión adecuada como vemos en la siguiente imagen.

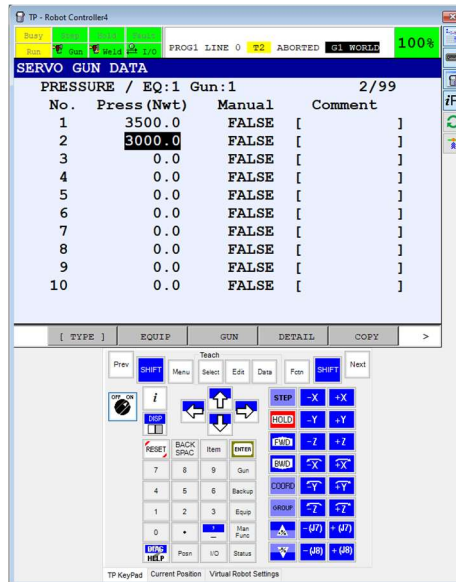


Figura 73 : Roboguide – Instrucción SPOT 2

- t: antes de realizar la programación de la trayectoria de soldadura, el cliente nos ha proporcionado una tabla para considerar el espesor de la chapa que vayamos a soldar.

En este caso el espesor será de 4 mm ya que la superficie enfrentada son las 2 visagras que unen la puerta con el resto el coche.

- S: En este campo se escribirá el programa de soldadura correspondiente al punto programado.
- ED: Por último, el parámetro *End Distance*, al igual que el primer argumento nombrado, se registra en la misma tabla de distancias. Los electrodos de la pinza se abrirán después de soldar el punto de acuerdo a esta distancia.

4.1.3. PAYLOAD

Uno de los temas a tener en cuenta a la hora de programar las trayectorias de pick and place es el peso que el robot debe manipular en cada una de sus tareas. La configuración de los datos de carga adecuados proporciona los siguientes efectos:

- Mejoras en el rendimiento, ya sea evitando cualquier tipo de vibración provocada por un peso excesivo o mejorando el tiempo de ciclo del robot.
- Prestaciones relacionadas con la dinámica evitando así posibles colisiones.

Por ello, Fanuc posee una herramienta denominada Motion donde introduciendo el peso real de la pieza o piezas a trasladar, el robot mediante cálculos internos, da un resultado de los momentos de esfuerzo e inercias necesarias para que no se impida el movimiento natural del robot.

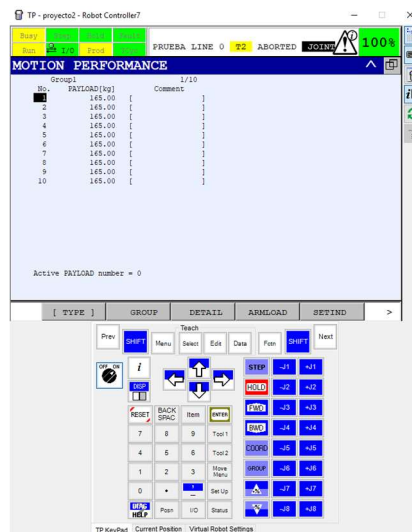


Figura 74 : Roboguide – PAYLOAD

En el menú podemos ver cómo podemos hacer el cálculo de hasta 10 PAYLOAD distintos. Es habitual que el primer PAYLOAD que se deba realizar es el de la garra sin ningún peso adicional, es decir sin ninguna pieza. Este será nombrado en el programa como PAYLOAD [1].

4.1.3.1. Aplicación práctica

La configuración del PAYLOAD del cualquier robot FANUC existente en el mercado, requiere de un procedimiento donde los pasos a seguir se explican a continuación. Para ello en el menú seleccionamos la opción SYSTEM - motion.

Nos aparecerá una lista con 10 PAYLOAD distintos que nosotros podremos utilizar según la herramienta utilizada en cada una de las trayectorias programadas.

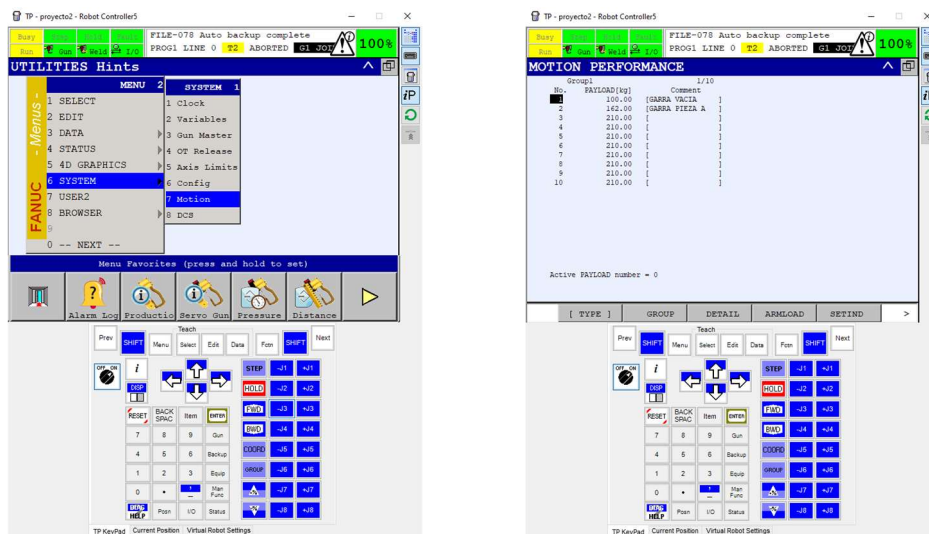


Figura 75 : Roboguide – PAYLOAD 2

Si pulsamos DETAIL, podemos ver los datos de los que se compone cada medición de la carga que se haya realizado. Asignaremos un nombre identificativo a cada medida realizada, y tendremos la posibilidad de calibrar el robot si antes no lo estuviera escribiendo a ON la opción CALIBRATE MODE. La opción CALIBRATE STATUS nos informa si la calibración está realizada o no.

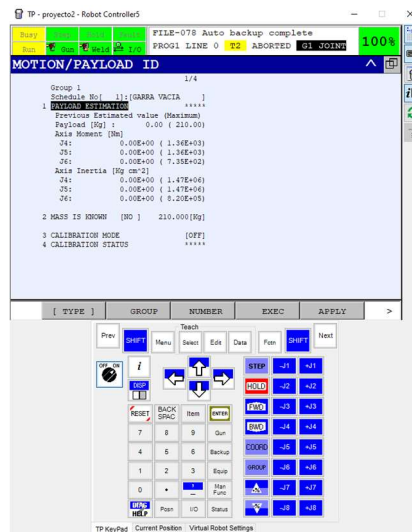


Figura 76 : Roboguide – PAYLOAD 3

Una de las opciones del menú es la posibilidad de escribir la masa de la garra (MASA CONOCIDA), de la pinza de soldadura o del elemento que este unido al eje 6 del robot si fuese conocido. De esta forma los cálculos que realice el robot serán más rápidos y más precisos.

Una vez configurados estos parámetros y teniendo el robot en AUTOMATICO, el robot ejecuta una rutina de movimiento que previamente debes definir para que calcule el PAYLOAD de forma correcta. Para ello debes pulsar EXEC.

Una de las mediciones que se han obtenido han sido las reflejadas en la imagen. Corresponde al PAYLOAD NUMERO 1 que corresponde al peso de la garra del robot cuando no tiene ninguna pieza cogida.

```
Axis Moment [Nm]
J4: 1.16E+03 ( 1.71E+03)
J5: 1.16E+03 ( 1.71E+03)
J6: 2.24E+02 ( 9.51E+02)
Axis Inertia [Kg cm^2]
J4: 1.42E+06 ( 2.15E+06)
J5: 1.40E+06 ( 2.15E+06)
J6: 9.30E+05 ( 1.40E+06)
```

Figura 77 : Roboguide – PAYLOAD 4

4.1.4. DCS

Dual Check Safety (DCS) nos permite obtener datos de posición y velocidad de los motores para poder controlar esos datos en situaciones de máxima seguridad. Este software adicional instalado en el robot es utilizado normalmente en casos en que el robot trabaje en zonas que pueden ser ocupadas por personas. De esta forma podemos limitar el movimiento del robot para aumentar la seguridad.

Menu DCS

El menú DCS es el que se muestra a continuación. Para poder llegar a mostrar este menú debemos MENU – NEXT – SYSTEM – DCS.

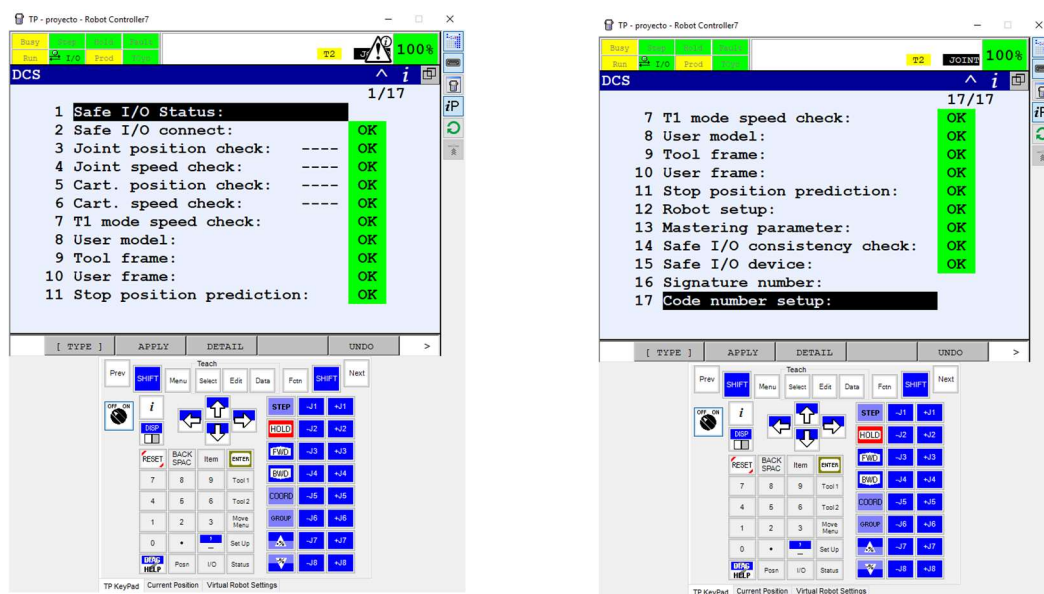


Figura 78 : Roboguide - DCS

En este menú se pueden ver distintas opciones que te proporciona este software. De entre las más importantes destaca:

SAFE I/O STATUS

En este submenú podemos ver el estado de las señales I/O seguras.

- SPI: Entrada de Seguridad de Periferia.
- SPO: Salida de Seguridad de Periferia.
- SSI: Entrada Segura del Sistema. Por ejemplo, el pulsador de parada de emergencia.
- SSO: Salida Segura del Sistema.
- CPC: Comprobación de Posición Cartesiana. Si esa comprobación es segura, el estado de la señal es ON, de lo contrario es OFF.
- CSC: Comprobación de Velocidad Cartesiana. Si esa comprobación es segura, el estado de la señal es ON, de lo contrario es OFF.
- JPC: Comprobación de Posición Angular. Si esa comprobación es segura, el estado de la señal es ON, de lo contrario es OFF.
- JSC: Comprobación de Velocidad Angular. Si esa comprobación es segura, el estado de la señal es ON, de lo contrario es OFF.

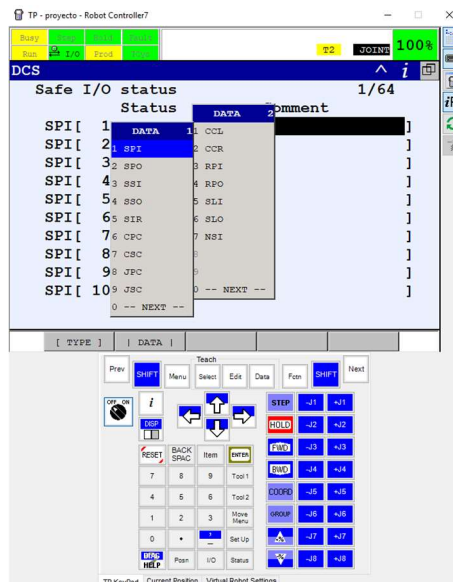


Figura 79 : Teach Fanuc – I/O Safe

SAFE I/O CONNECT

La función de este submenú consiste en la conexión de I/O seguras, de esta forma se pueden leer y activar señales de entrada y salida de seguridad.

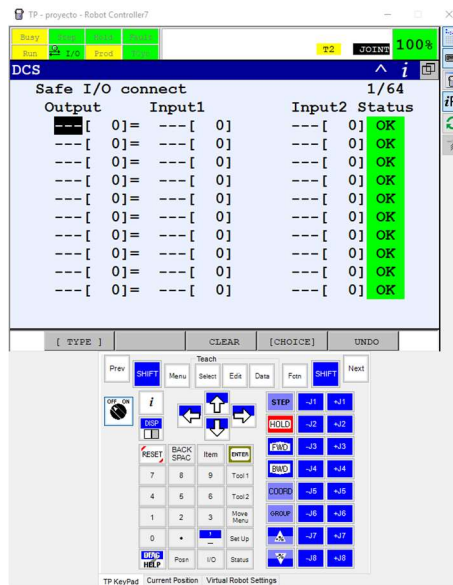


Figura 80 : Teach Fanuc – I/O Connect

JOINT POSITION CHECK

Se utiliza para comprobar la posición angular del robot, de tal forma que, si la posición del eje excede los límites programados, la potencia del motor se para.

JOINT SPEED CHECK

Esta función que nos proporciona el DCS nos permite parar la potencia del motor si se excede la velocidad de movimiento impuesta sobre un determinado eje.

CARTESIAN POSITION CHECK

La potencia de los motores se para en este caso cuando el robot este fuera de la zona especificada como segura.

CARTESIAN SPEED CHECK

Esta función permite parar los motores del robot cuando la velocidad del TCP supere el límite especificado para una determinada zona.

SIGNATURE NUMBER

Este corresponde a un código que se le asigna al estado del DCS, de tal forma que, si se modifica algún parámetro de alguna configuración del DCS, este código cambiara y de esta forma se notificara que se ha producido algún cambio.

Joint Position/Speed Check

Como hemos mencionado antes, las funciones Joint Position Check y Joint Speed Check, comprueban tanto la posición como la velocidad de determinados ejes dentro de unos límites previamente programados. En el caso de que esos límites sean excedidos se generara una alarma y los motores del robot se pararan.

El menú de Joint Position Check es el que se muestra en la figura.

Como se puede ver, se pueden configurar un máximo de 40 zonas de seguridad donde es posible configurar más de 1 zona de seguridad por eje.

Para poder resetear la alarma que se genera una vez que el eje entra en una determinada posición o se mueve con una determinada velocidad que exceda los límites, es necesario poner el robot en Manual y tener que sacar el robot de esa zona, para poder continuar su ciclo de trabajo.

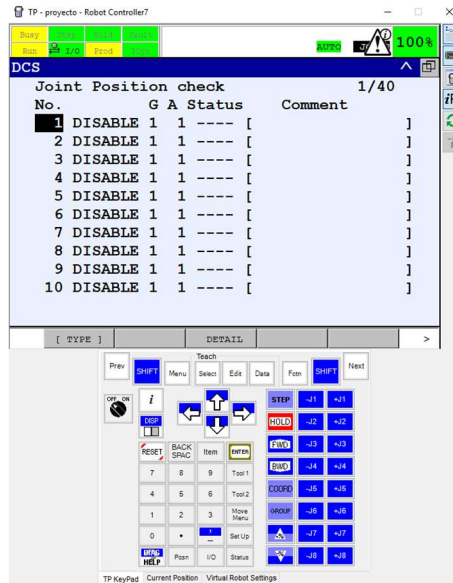


Figura 81 : Teach Fanuc – Joint Position Check

En la imagen podemos ver una lista con las 40 zonas seguras que se pueden programar. A su vez, existe una columna que indica el estado de esa zona, donde puede estar ACTIVADO chequeara la posición o velocidad de esa zona o DESACTIVADO donde no se comprobara el estado en el que se encuentra el robot.

La columna designada por la letra G indica el grupo del eje sobre el que se quiere realizar la comprobación y la columna A es el número de eje a chequear.

La columna ESTADO tiene varias opciones de configuración:

- ---: deshabilitado
- SAFE: Habilitado y en zona segura.
- UNSF: habilitado y en zona NO segura.
- DSBL: deshabilitado mediante señal de entrada.
- CHGD: los parámetros de la configuración han sido cambiados pero no se ha aplicado el DCS.
- PEND: los parámetros de la configuración han sido cambiados, se ha aplicado el DCS pero el controlador aún no se ha reiniciado.

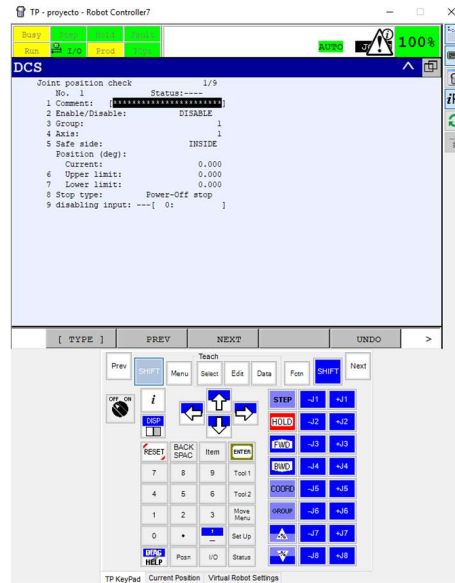


Figura 82 : Teach Fanuc – Menu Joint Position Check

Si entramos por ejemplo en la configuración de la zona de seguridad numero 1 nos aparece la imagen anterior.

La configuración empieza con un breve comentario y el estado de dicha zona.

El lado seguro o safe side puede haber 2 variantes. Que el lado seguro sea el que se encuentra dentro de los límites establecidos INSIDE o que la zona segura sea el que se encuentra fuera de esos límites OUTSIDE.

Tenemos también información sobre la posición actual del eje sobre el que queremos comprobar CURRENT.

El siguiente ítem es la configuración de los límites, tanto el límite inferior como el superior.

El tipo de parada también es un parámetro que se puede configurar:

- Power-off Stop: La potencia del motor se apaga inmediatamente.
- Control Stop: Parada del motor con deceleración.
- Not Stop: el robot no para, se notifica el estado de mediante las I/O seguras.

Y el ultimo ítem de este submenú es la Entrada de Deshabilitación que es utilizada para activar o desactivar dinámicamente la comprobación de posición angular.

A continuación veremos el submenú que nos aparece para el caso de Joint Speed Check.

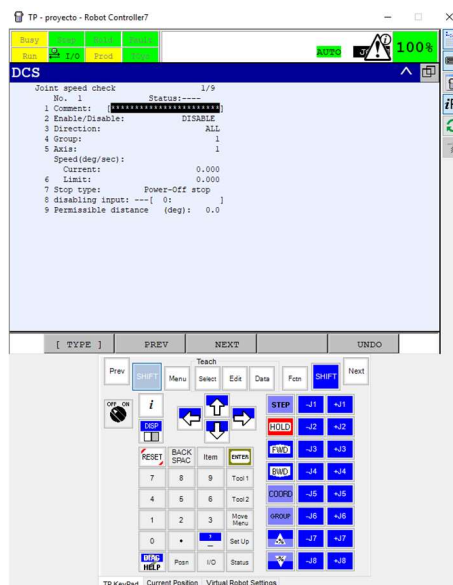


Figura 83 : Teach Fanuc – Joint Speed Check

Podemos diferenciar entre las 2 opciones una serie de opciones. Entre ellas, la Dirección con 3 opciones, sin tener en cuenta la dirección (ALL), si la comprobación de la velocidad es en la dirección negativa (-) y si la comprobación de la velocidad es en la dirección positiva (+).

Por otro lado, el límite esta referido al límite de velocidad programado para no ser superado.

Por último, podemos hablar de la distancia permisible, que indica que la potencia de los motores no esta apagada a pesar de que la velocidad sea superada y la distancia movida por el robot es menor que la distancia permisible anteriormente programada.

Cartesian Position Check

Esta opción que nos proporciona el software DCS consiste en comprobar las formas de los modelos que están en la herramienta del robot o en el brazo y apaga la potencia de los motores si la forma del modelo no se encuentra en la zona definida como segura.

Podemos ver como se pueden configurar hasta 32 zonas de seguridad.

Cuando el robot se encuentra fuera de una zona de seguridad configurada, salta una alarma en el robot y los motores pierden la potencia.

En la columna del estado de la zona segura, podemos ver si esta ACTIVADA o DESACTIVADA. La columna designada con la letra G nos indica el grupo de movimiento visualizado y la letra M, el método que se va a utilizar para checkear las distintas zonas:

- DI: diagonal (Dentro - Inside)
- DO: diagonal (Fuera - Outside)
- LI: lineal (Dentro - Inside)
- LO: lineal (Fuera - Outside)
- OA: orientación (ALL)
- OZ: orientación (USER Z)

La columna ESTADO tiene varias opciones de configuración:

- --: deshabilitado
- SAFE: Habilitado y en zona segura.
- UNSF: habilitado y en zona NO segura.
- DSBL: deshabilitado mediante señal de entrada.
- CHGD: los parámetros de la configuración han sido cambiados pero no se ha aplicado el DCS.
- PEND: los parámetros de la configuración han sido cambiados, se ha aplicado el DCS pero el controlador aún no se ha reiniciado.

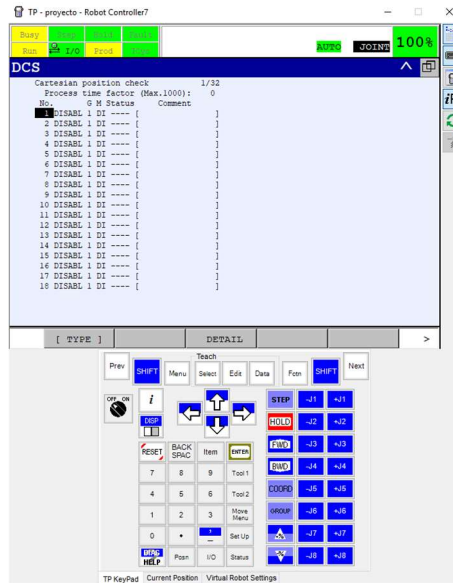


Figura 84 : Teach Fanuc – Cartesian Position Check

Existen 2 tipos de modelos de forma:

User Model

Es una forma de modelo definido por el usuario. Se pueden definir hasta 16 modelos de usuario. Es utilizado para configurar el tool frame como modelo de herramienta.

Robot Model

Es una forma de modelo del brazo del robot. El modelo se establece por defecto y no puede ser cambiado.

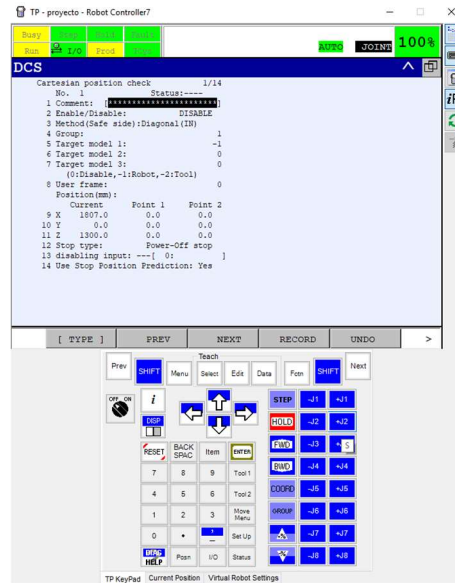


Figura 85 : Teach Fanuc – Menu Cartesian Position Check

Las distintas opciones que nos ofrece esta configuración de zona de seguridad, las podemos explicar:

El Target Model o modelo de objetivo nos permite saber que numero de objetivo será comprobado. Podemos definir 3 modelos. Si el target es 0 el modelo esta deshabilitado, si el target esta 1-16 el modelo de usuario será comprobado, si es -1 se comprobará el modelo de robot y si es -2 se comprobará el modelo de la herramienta.

El user frame utilizado para configurar el número de frame de usuario que se utilizara como base de zona.

Podemos configurar los puntos que forman la diagonal de la caja definida con los Puntos 1 y 2.

El tipo de parada también es un parámetro que se puede configurar:

- Power-off Stop: La potencia del motor se apaga inmediatamente.
- Control Stop: Parada del motor con deceleración.
- Not Stop: el robot no para, se notifica el estado de mediante las I/O seguras.

Cartesian Speed Check

La función de comprobación de la velocidad cartesiana comprueba la velocidad del TCP de DCS del robot y apaga la potencia de los motores del TCP si excede el límite de velocidad.

Se puede definir un máximo de 16 límites de velocidad.

Podemos decir, a diferencia de las demás configuraciones, que la columna designada con la letra T esta referida el número de herramienta utilizada con el DCS.

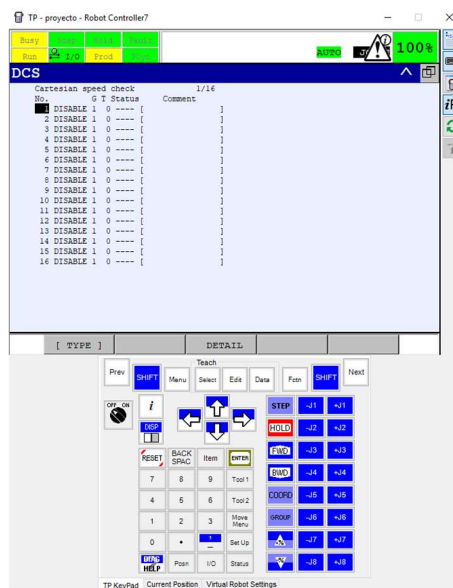


Figura 86 : Teach Fanuc – Cartesian Speed Check

Y el menú que aparece cuando queremos configurar el límite de velocidad es el siguiente:

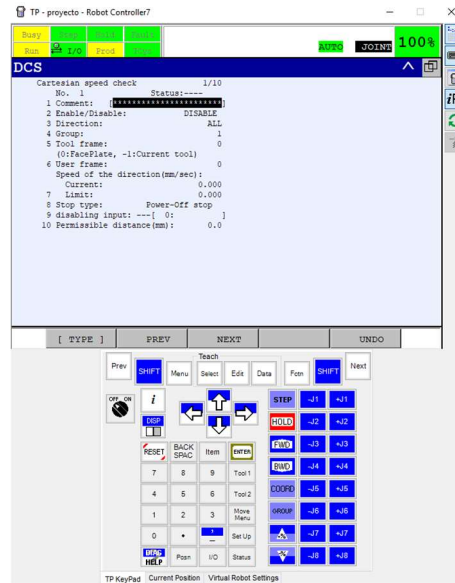


Figura 87 : Teach Fanuc – Menu Cartesian Speed Check

Podemos destacar como opción distinta al resto de las configuraciones, la dirección de comprobación de la velocidad, donde la opción ALL no importa el sentido para la comprobación y las demás opciones X, Y, Z, +X, -Y,... podemos distinguir diferentes direcciones y sentidos dependiendo del signo seleccionado.

Profinet Safety

La función PROFINET Safety necesita la tarjeta PROFINET instalada. Además, se necesita configurar el archivo GSDML en el controlador del robot en este caso el R-30iB.

Se debe habilitar el PROFINET I/O Device para que el PROFINET Safety pueda funcionar ya que el PROFINET I/O Device gestiona el módulo de seguridad de las I/O.

Profinet Safety soporta 8 bytes de entrada y 8 bytes de salida.

4.1.4.1. Aplicación práctica

Se ha creado una zona de seguridad tanto para el operario que carga las piezas de la puerta del lado derecho como del izquierdo. En esa zona en la que el operario puede trabajar en el mismo lugar donde el robot se dispone a coger las piezas correspondientes es necesario crear un cubo de seguridad por parte del robot para proteger al operario ante dicha situación.

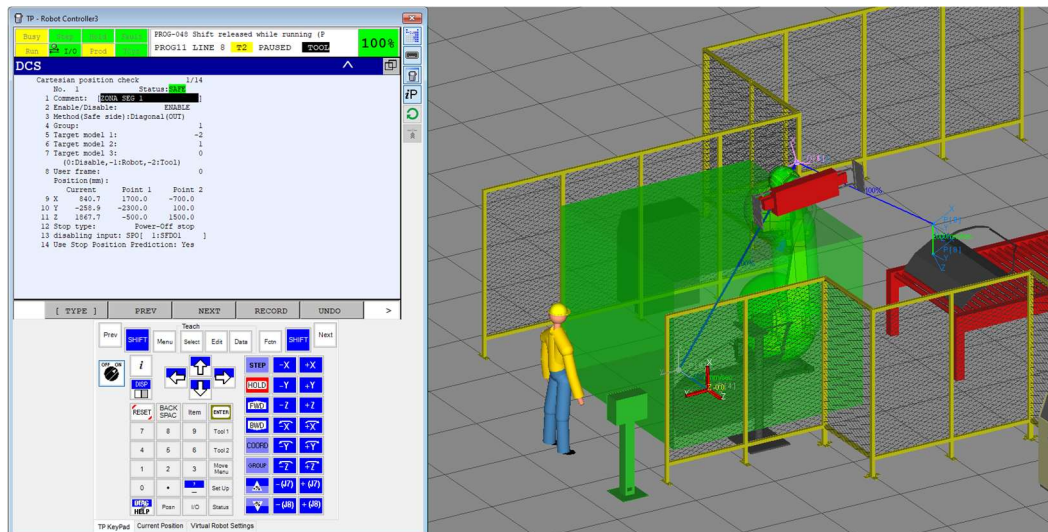


Figura 88 : Roboguide – Seguridad DCS

En la imagen se puede ver las coordenadas del cubo generado y donde está ubicado. El DCS está programado de tal forma que, si el TOOL 0 entra en el cubo con el operario en la zona de conflicto, el robot debería parar activando una señal de emergencia. El robot a través del autómata recibe la señal de que el láser SICK ha sido invadido y por lo tanto debería detenerse. Se aprecia como el robot en la posición HOME no invade la zona de seguridad programada, por lo tanto, es una situación idónea para que el horario pueda realizar su trabajo.

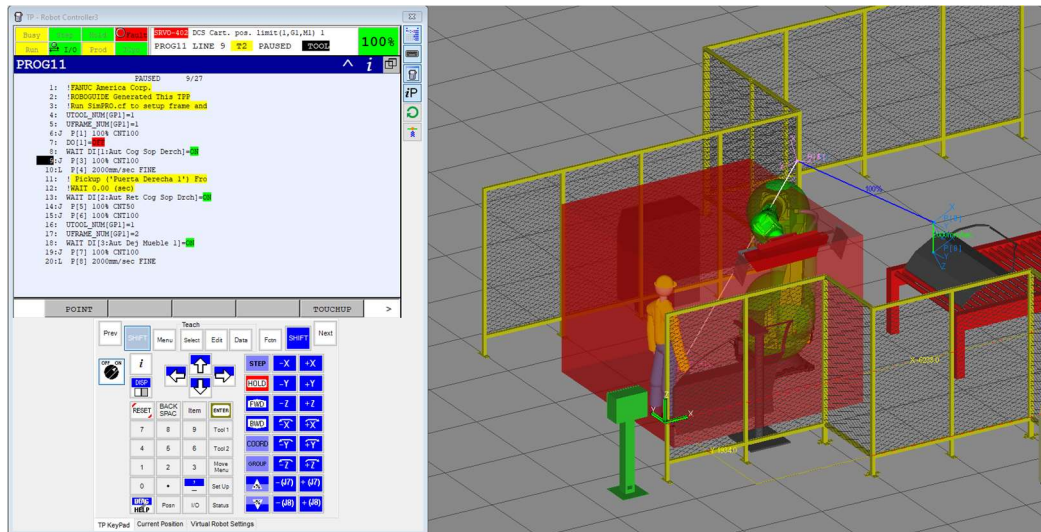


Figura 89 : Roboguide – Paro Robot Seguridad DCS

Si el operario no se encuentra en la zona del DCS el robot puede evolucionar de forma normal y ejecuta su trayectoria hasta terminarla. Se puede ver que aun así, el color del cubo cambia de estado ya que el TOOL 0 del robot se encuentra en la zona segura.

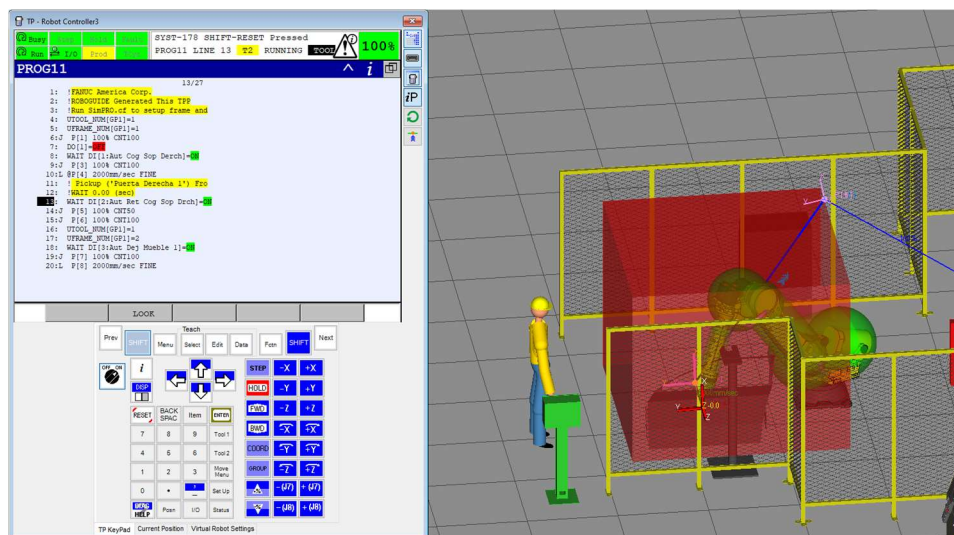


Figura 90 : Roboguide – Robot Zona Seguridad DCS

4.2. Autómata S7-300

Para que todos los elementos o dispositivos de la instalación sean controlados y se consiga llevar a cabo la finalidad de la isla, es necesario un PLC que sea adecuado para nosotros.

En este caso, se ha elegido el autómata S7-300 de Siemens. El autómata necesita una fuente de alimentación como por ejemplo 6ES7 307 - 1EA00 - 0AA0 y una CPU como puede ser la CPU 319F - 3 PN/DP que se caracteriza por soportar los protocolos de comunicación Profinet (PN) y Profibus (DP).

Además de estos elementos, para que el autómata pueda compartir señales con el resto de la instalación, es necesario de: un sistema de E/S descentralizado en el que se añaden módulos de entradas y salidas llamado ET200S 151 - 3BA23 - 0AB0, al menos un módulo de entradas digitales y uno de salidas digitales, 6ES7 131 - 4BF00 - 0AA0 y 6ES7 132 - 4BF00 - 0AA0 respectivamente.

El autómata también admite un intercambio de señales seguras utilizando para ello una gestión distinta con módulos de comunicación diferentes. Este intercambio de produce a través de un módulo de entradas digitales de seguridad 6ES7 138 - 4FA05 - 0AB0 y un módulo de salidas digitales de seguridad 6ES7 138 - 4FA04 - 0AB0.

Todo ello no sería necesario si no está conectado a un PC de control donde el programa STEP 7 de SIEMENS posea todos los dispositivos de la instalación.

La siguiente imagen es la configuración material creada en STEP 7 donde todos los elementos están conectados por PROFINET.

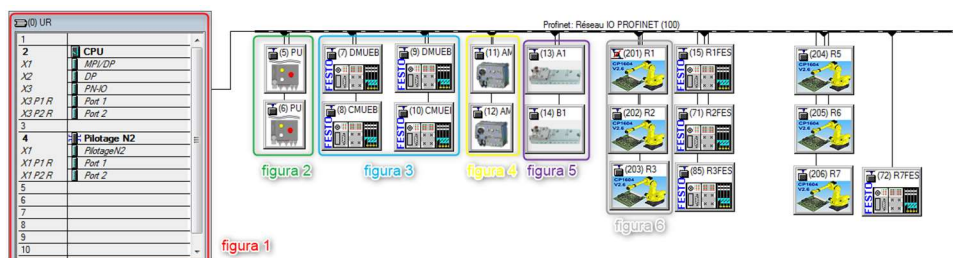


Figura 91 : STEP 7 – Configuración Material

El presente proyecto no está orientado a la explicación de la herramienta STEP 7 pero si es necesario explicar los elementos conectados entre sí por entender el buen funcionamiento de la instalación.

- Figura 1:

El autómata S7 - 300 donde podemos ver sus distintas partes, la CPU escogida anteriormente y los distintos puertos con los protocolos de comunicación soportados.

Podemos apreciar como del puerto X3 cuelga toda la red PROFINET.

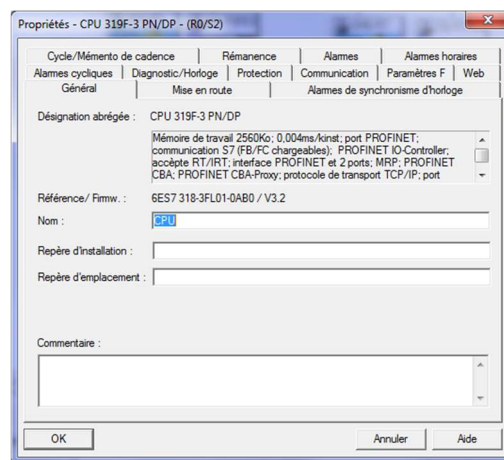


Figura 92 : STEP 7 - CPU S7-300

- Figura 2:

En cualquier instalación automatizada necesitamos la seguridad de que cualquier puerta está cerrada y de esta forma asegurar una zona cerrada para poder poner en automático la instalación.

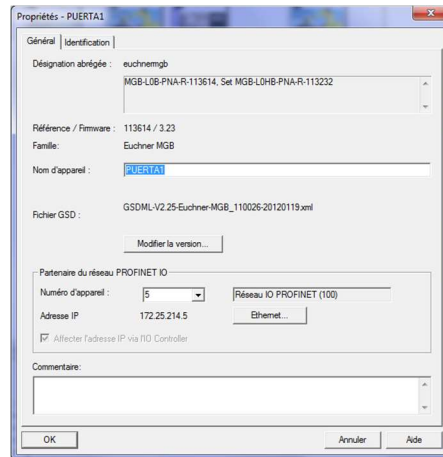


Figura 93 : STEP 7 – Puertas EUCHNER

En nuestra planta, tenemos 2 puertas y cada una de ellas es un bloque de la marca EUCHNER.

Entre las propiedades que posee este bloque podemos resaltar 2 de ellas como las más importantes: es necesario que el GDSML (archivo que describe las características del dispositivo PROFINET conectado) coincida con el que está programado la puerta para poder comunicar con ella. Y otro de las propiedades editables, es la IP que asignaremos a la puerta. En este caso la IP es 172.25.214.5.

- Figura 3:

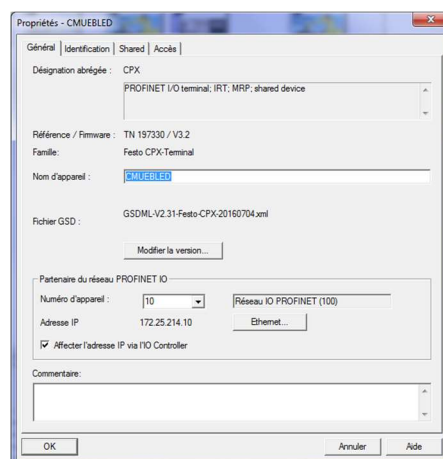


Figura 94 : STEP 7 – FESTO Mueble

En la figura del bloque FESTO escribiremos también la dirección IP del elemento.

En el caso que nos ocupa, distinguiremos 2 tipos de FESTO: el utilizado en la carga y descarga de los muebles y el que está situado en las garras de los robots.

El FESTO ubicado, por ejemplo, en la carga del mueble podría ser el que mostramos a continuación. Con una carta de entradas para controlar la apertura y cierre de los topes de mueble en la carga y 2 electroválvulas 4/2 para permitir el movimiento mecánico de los 2 topes.

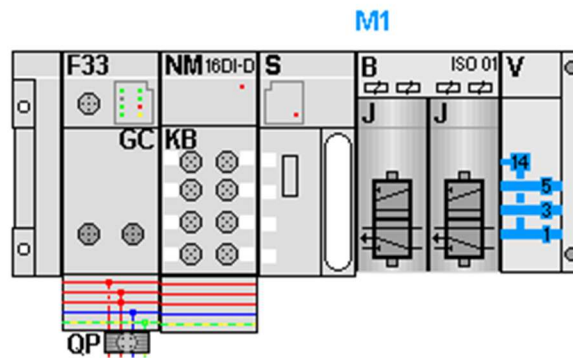


Figura 95 : STEP 7 – FESTO Mueble

Por otro lado, el FESTO utilizado en las garras de los robots utilizados podríamos encontrarlo con la siguiente configuración: 2 cartas de entradas de señales digitales de 8 puertos con 16 canales de comunicación cada uno. Y 4 electroválvulas, donde el robot R1 o R2 poseen 12 ventosas que no actúan todas al mismo tiempo.

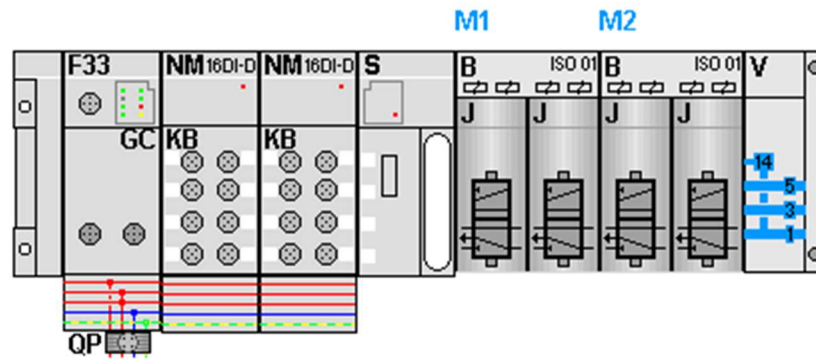


Figura 96 : STEP 7 – FESTO Garras

- Figura 4:

Ambos muebles C y D poseen 2 motores M200D, uno cada uno, para permitir el traslado de ambas puertas del vehículo desde la carga hasta la descarga y para ello se necesita de un arrancador suave.

Es preciso el uso de estos arrancadores SIRIUS de Siemens ya que de esta forma evitaremos sobrepicos de tensión e inestabilidad mecánica generada en el arranque del motor.

El modelo escogido es el mostrado en la imagen que posee comunicación PROFINET con conexión M12.



Figura 97 : Arrancador Motor Mueble

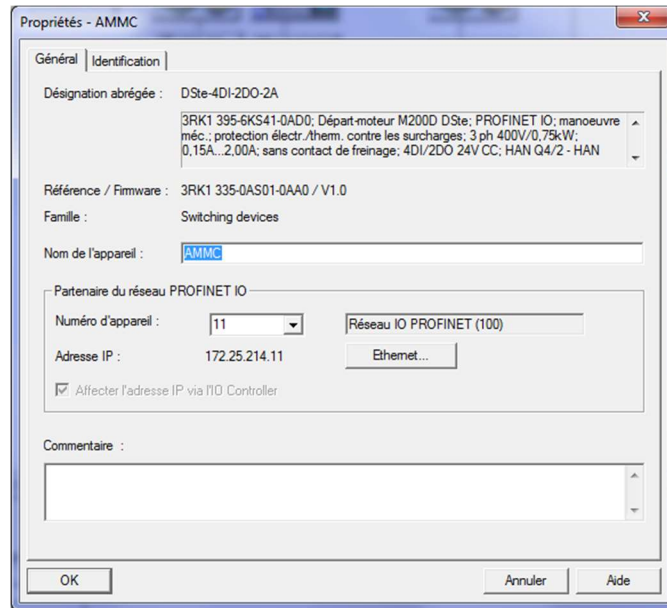


Figura 98 : STEP 7 – Arrancador Motor Mueble

- Figura 5:

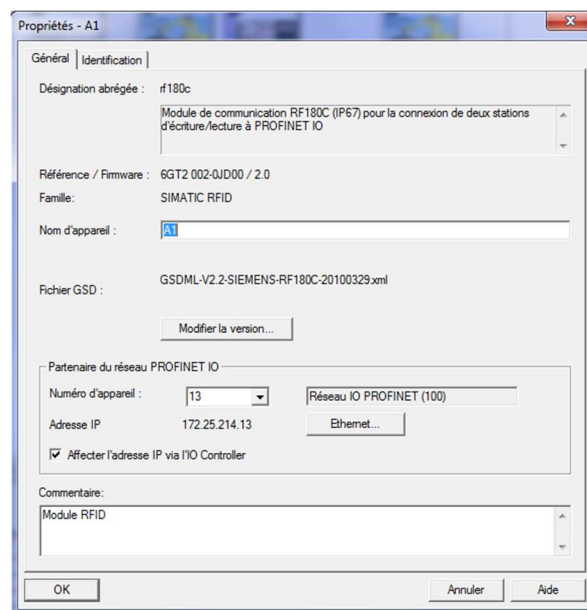


Figura 99 : STEP 7 – RFID

A su vez, en la carga y descarga de ambos muebles deben estar instaladas unas RFID para saber en todo momento la pieza con la que vamos a trabajar.

Como en el resto de la instalación, la RFID escogida debe poseer comunicación PROFINET.

Para entender un poco mejor el funcionamiento de la RFID, es necesario además del bloque de recogida de datos, una tarjeta de datos que contiene la información de la pieza transportada. Esta tarjeta RF340R es la mostrada en la imagen, que situada en el soporte donde va ubicada la pieza, podemos transmitir la información sin pérdida de datos.



Figura 100 : Receptor RFID

- Figura 6:

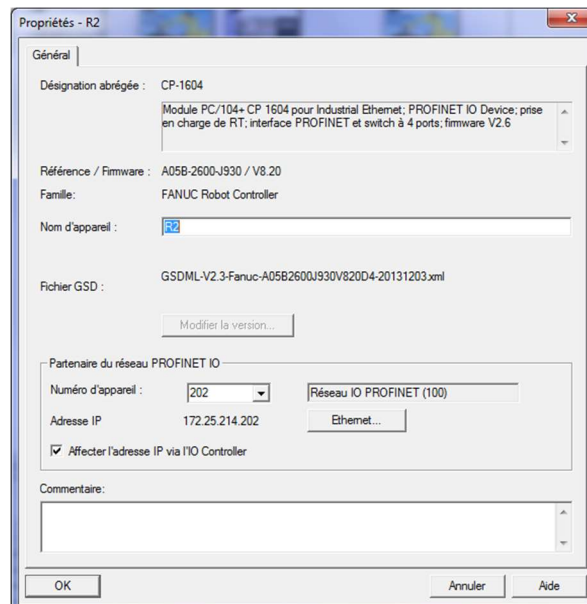


Figura 101 : STEP 7 – CPU ROBOT

El último bloque que describiremos es el utilizado para la comunicación con los 6 robots FANUC que hay en la instalación. Esa comunicación se consigue a través de una placa de control de Siemens CP 1604. Es la adecuada para comunicación PROFINET e INDUSTRIAL ETHERNET.

4.3. Protocolos de comunicación utilizados

4.3.1. FTP y Ethernet

Debido a los numerosos cambios, intervenciones o reparaciones que se producen en la instalación, cuando la instalación está parada, cuando se necesite mejorar tiempos de ciclo, introducción de nuevos modelos de vehículos es necesario llevar un seguimiento sobre los cambios realizados en la programación de los robots.

Este seguimiento de los robots lo podemos hacer mediante los backups que se vayan haciendo tras las modificaciones y deben estar disponibles por cualquier responsable de la instalación.

Para que exista ese intercambio de información básico entre el PC donde se gestiona el control de la instalación y donde se almacenan los datos, y los robots que trabajan en ella, se debe configurar un protocolo de comunicación denominado FTP.

Este protocolo de comunicación es utilizado por el robot ya que en el controlador existe una placa con conexión RJ45 capaz de comunicar mediante Ethernet cualquier tipo de robot con el PC general. La arquitectura de este protocolo está basado en el modelo cliente-servidor: *el cliente es el que necesita el servicio y el servidor quien proporciona dicho servicio*. De esta forma, los clientes son los robots conectados al PC de control que es el servidor.

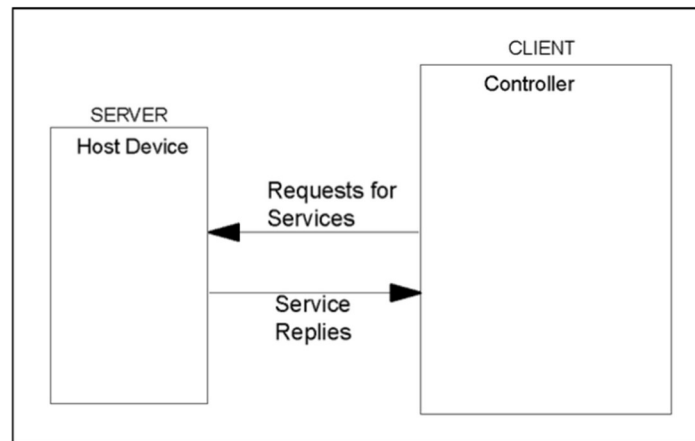


Figura 102 : FTP

Para configurar el software FTP y los parámetros necesarios TCP/IP, Fanuc proporciona una interfaz, como la mostrada en la imagen:

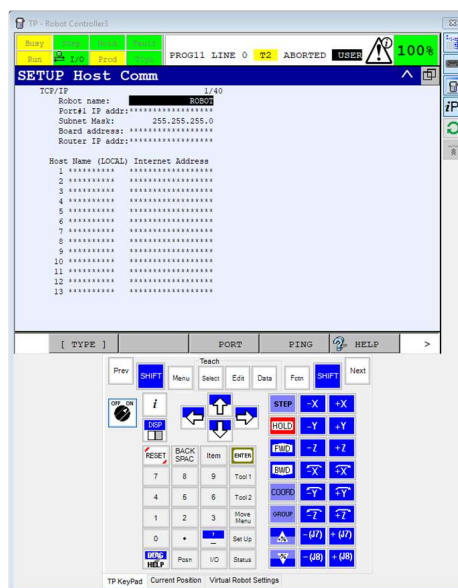


Figura 103 : Roboguide – TCP/IP

Donde podemos escribir el nombre del robot con el que va a aparecer en la red *Robot Name*. En el apartado *Port 1 IP address* escribiremos la dirección IP que asignaremos al robot. Debe ser una única dirección IP por robot ya que será la dirección que distinga un robot de otro. *Subnet Mask* es la máscara de la subred que por defecto está definida como

255.255.255.0. y para poder parametrizar correctamente el protocolo TCP/IP debemos dar un nombre y una IP al servidor con el que nos queremos conectar, *Host Name* e *Internet Address*.

4.3.2. Profinet

Profinet es una red abierta para la automatización basada en Industrial Ethernet. Cada robot de nuestra instalación posee el controlador R-30iB con una tarjeta física compatible con el protocolo de comunicación profinet, que es la CP1604 de la familia Siemens.

Para poder configurar una red PROFINET en un robot Fanuc, es necesario seguir una serie de pasos o pautas para su correcto funcionamiento.

En primer lugar, es necesario conectar el cable Ethernet a la placa Profinet antes nombrada y asignar una dirección IP al robot en este caso para poder integrarlo dentro de la red. Visto en el punto anterior.

Una vez asignada, el autómatas debe rastrear los componentes que están dentro de la red y una vez encontrada la IP correspondiente al robot, debe introducir al robot en su proyecto. Para ello debemos cambiar el estado Start Mode del controlador del robot dentro del menú Setup – PROFINET a SUSPEND.

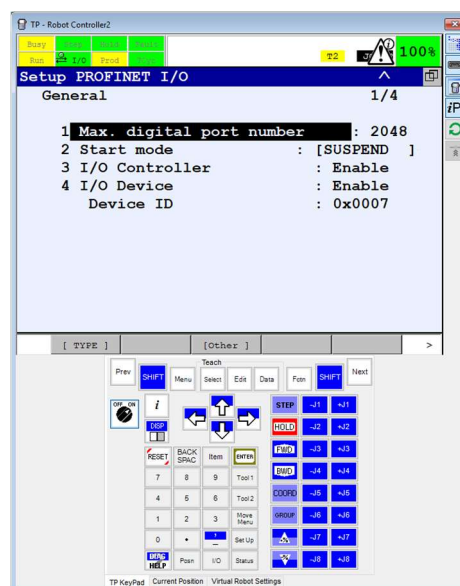


Figura 104 : Roboguide – Profinet

Podemos ver que, si el controlador de E/S está habilitado, el proyecto puede ser descargado a la placa PROFINET del robot y que si el dispositivo de E/S también está habilitado, podemos descargar el proyecto al PLC

Una vez realizada la descarga del proyecto, cambiamos el Start Mode a READ IN, de esta forma en el caso de que exista algún error en la descarga del proyecto y no coincida con la configuración de las E/S del controlador, no podremos establecer una correcta comunicación.

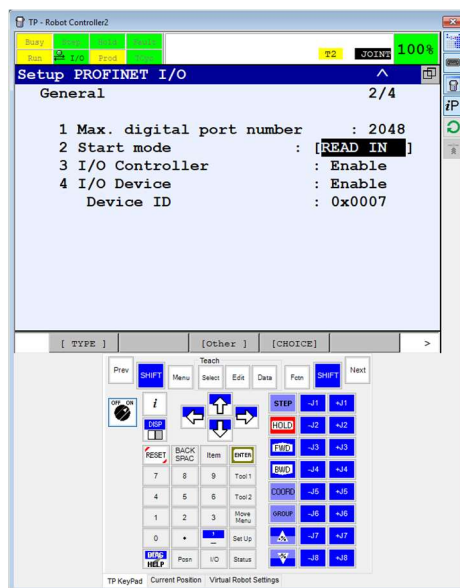


Figura 105 : Roboguide – Profinet 2

Por último, si no ocurre ningún error podemos cambiar el Start Mode a OPERATION para finalizar la configuración del PROFINET.

4.4. Otros elementos utilizados

El operario encargado de introducir la pieza, en este caso la puerta del vehículo, deberá entrar dentro de la instalación una vez se cumplan una serie de seguridades y se valide el trabajo que realiza.

La instalación debe cumplir unas normas de seguridad para que el operario realice su trabajo sin problemas, para ello se ha colocado un

láser industrial en el suelo de la marca SICK el cual informa al PLC en tiempo real del estado del láser [9].

En el caso de que el operario cruce el láser enviara un bit a 0 al PLC ya que estando en modo normal enviaría un 1 continuamente.

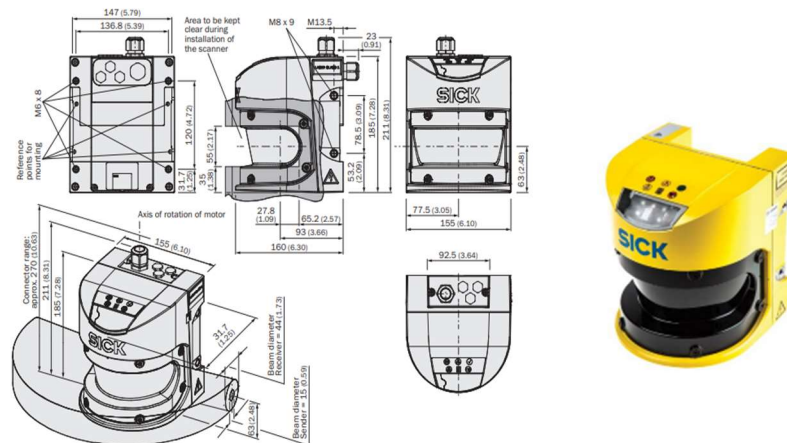


Figura 106 : SICK

El funcionamiento del láser, como se puede apreciar en la imagen, realiza un barrido de 4 m x 5.5 m x 7 m dependiendo del modelo utilizado.

La configuración de dicho campo se realiza a través de un software que proporciona SICK y que a través de un cable M8 de 4 polos a USB se puede conectar directamente a cualquier PC y poder modificar el campo de seguridad según la instalación diseñada.

Por último, el láser S3000 tiene comunicación PROFINET que nos ayuda a saber el estado del mismo a tiempo real a través de nuestro autómatas.

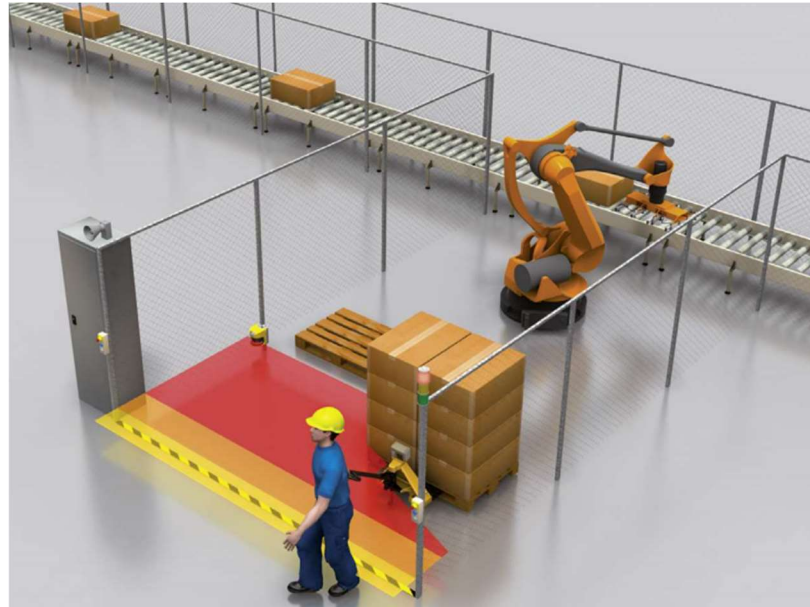


Figura 107 : Barreras Fotoeléctricas 1

Otra variante de seguridad, no utilizada en este proyecto que nos ofrece la marca SICK, son unas barreras fotoeléctricas situadas frente a frente donde la barrera emisora, emite un haz de luz que recibe la barrera receptora. Estas barreras se colocarían en la entrada de la instalación, donde los operarios acceden a dejar las piezas [10].

Al igual que el dispositivo antes mencionado, si no se cruza ese haz de luz, el estado del bit que envía al PLC es un 1 mientras que si se cruza la barrera creada, será un 0 lo que enviaremos al autómatas.

Por ejemplo, si las barreras fotoeléctricas elegidas para nuestra instalación son de la marca SICK C4000 Advanced, la distancia máxima a la que debemos colocar ambas barreras entre sí, sería de unos 1800 mm como máximo para un funcionamiento correcto.



Figura 108 : Barreras Fotoeléctricas 2

Una vez que el operario deposite la pieza en su correcta posición en el útil destinado para ello, debe validar la acción de alguna manera para que el robot pueda coger el ciclo de programa.

Para ello la instalación dispone de un soporte con 2 botones como el que se ve la imagen.

Cada botón cumple una función distinta, donde el botón rojo es el de emergencia [11] y el negro es el de validación [12]. Explicación doble canal botón de emergencia y un canal el pulsador normal.



Figura 109 : Pulsadores

Otro de los elementos que se deben mencionar y que son de vital importancia para automatizar cualquier proceso son las puertas para poder acceder a la instalación.

En el caso que nos ocupa, tenemos puerta para acceder a la isla, tanto en lado izquierdo como en el derecho donde la marca escogida es EUCHNER [13]. La referencia con la que vamos a trabajar es MGB-LOHB-PNA-L-113233 que se compone de:

- Enclavamiento sin bloqueo.
- Un interruptor con llave para permitir la apertura o el cierre de la instalación. Para que la instalación esté cerrada, no es suficiente con girar la maneta de la puerta, sino que además debes girar la llave en la posición adecuada.
- Posee además de 2 pulsadores: uno de validación que, con la puerta cerrada, la llave en la posición correspondiente y el pulsando dicho botón, situado en la parte superior, podemos poner la instalación en modo automático. El otro pulsador nos permite, una vez está la instalación en modo automático, poder abrir la puerta sin ocasionar ningún paro repentino con su posterior giro de llave.
- Un selector para apagar o encender la puerta.
- 2 conexiones. Una de alimentación a través de un conector 7/8" y un conector M12 de comunicación PROFINET, el protocolo de comunicación usado a lo largo del proyecto, con su correspondiente switch de PROFINET integrado.
- Por último, posee un Unicode, un código binario de 8 bits para la configuración del protocolo PROFISAFE. Dicho código se encuentra en la puerta física y debe coincidir con el código configurado el bloque de SIEMENS STEP 7 de la puerta MGB.

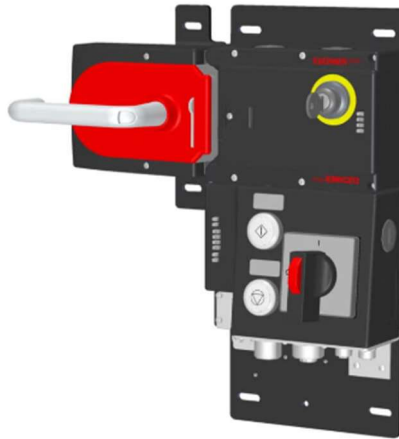


Figura 110 : EUCNER

Por último, hacer una mención de los detectores utilizados en la instalación. En cualquier instalación en la que se precise desplazar cualquier tipo de material de una ubicación a otra sin necesidad del trabajo humano, es necesario la utilización de una serie de sensores de presencia de pieza que nos informe si de verdad esa pieza ha cambiado de localización.

Por ejemplo, en el caso que nos ocupa, necesitamos saber si la puerta colocada al inicio de la instalación por el operario se encuentra en el soporte dedicado para ello, y en el caso de ser así, se activaran una serie de sensores conectados al FESTO más cercano que informaran al robot para iniciar la trayectoria programada para llevar a cabo la acción de cogida de la pieza.



Figura 111 : Detector Presencia Pieza

Además de colocar estos detectores en los soportes donde va situada la puerta, es necesario su uso en la garra embarcada del robot para verificar que el robot posee físicamente la pieza. En este caso, el detector iría cableado al FESTO que posee la garra.

Este detector tiene un alcance de detección de 10 mm y su conexión es M12 a 2 hilos, uno para alimentar el detector y otro para transmitir información [14].



5. Conclusión

Actualmente la industria de la automoción esta sumergida en un aumento considerable de lo que comúnmente llamamos industria 4.0. Donde nuevos protocolos de comunicación, tecnologías que usan sistemas avanzados de procesamiento y la velocidad de respuesta ante posibles fallos, hacen que los grandes fabricantes de automóviles se vean en la necesidad de implantar este nuevo concepto de industria.

Nuevos software, como puede ser Roboguide utilizado en el presente proyecto, ayudan de una forma segura y rápida a la elaboración de células robotizadas con el fin de alcanzar los plazos de tiempo y la calidad requerida por los clientes automovilísticos.

La seguridad también juega un papel importante en este tipo de industrias ya que la colaboración hombre/robot requiere unos sistemas fiables y seguros, capaces de asegurar el correcto trabajo del operario.





6. Líneas Futuras

La robótica industrial está en constante evolución, los llamados cobots que son los robots colaborativos están cogiendo fuerza dentro de las cadenas productivas facilitando aún más el trabajo de los operarios.

Estos, a diferencia de los robots industriales convencionales, ocupan mucho menos espacio y no precisan de un vallado ni zonas de seguridad ya que el operario puede trabajar en el mismo espacio que el cobot.



Figura 112 : Robots Colaborativos - COBOTS

Entre sus ventajas, podemos enumerar la manipulación volúmenes de trabajo superiores con unas medidas de seguridad menores en comparación con un robot convencional. Todo ello consiguiendo una calidad donde los errores se reducirían considerablemente.

El principal motivo de la introducción de este tipo de robots en la industria es la preocupación por la seguridad y ergonomía en el trabajo por parte del operario.

De esta forma, se conseguirá mucha más seguridad en el trabajo, menos lesiones por esfuerzos innecesarios y reducción de la monotonía por parte de los trabajadores [15].

Los drones a día de hoy se conocen como aparatos electrónicos voladores donde su presencia se encuentra en el ámbito del ocio. Sin embargo, se prevé una fuerte presencia de drones en la industria 4.0 con un sinnúmero de aplicaciones ofreciendo una cantidad elevada de puestos de trabajo cualificados.

Capaces de sobrevolar alturas elevadas, los drones son capaces de informar sobre el estado de pórticos elevados, tuberías, cableado, ... gracias a los distintos tipos de cámaras que pueden llevar instaladas y fotografiar o grabar cualquier espacio de difícil acceso.

Otra de la aplicación que los drones pueden realizar es la de supervisar e informar del estado de las líneas de producción. Así, si ocurre cualquier error en la línea, en un espacio de tiempo reducido, se informa del error y se puede llevar a cabo su corrección.

El transporte de material en espacios grandes es un trabajo que supone un esfuerzo y un tiempo por parte del operario. Esto se puede reducir, si dotamos al dron con propiedades para poder transportar objetos. El volumen y peso del objeto no debe ser muy elevado ya que, dependiendo del dron, son capaces de soportar pesos y volúmenes reducidos [16].

La Inteligencia Artificial (IA) es otro concepto a tener en cuenta en el desarrollo de la industria 4.0 ya que es capaz de aportar numerosas aplicaciones que ayuden al crecimiento de la industria, en este caso, automovilística.

Sabiendo que la Inteligencia artificial comprende campos como el autoaprendizaje de las máquinas, como el estudio y análisis predictivo de cualquier algoritmo o el Deep learning capaz de realizar predicciones con gran exactitud.

Si nos centramos en la industria de la automoción, una de las aplicaciones que más utilidad puede alcanzar es la manipulación de objetos a través de brazos robóticos.

Así, la IA estudia y elabora algoritmos precisos para que ese trabajo se realice mucho más rápido y con más exactitud gracias al autoaprendizaje.

Otra aplicación bastante útil, sería la predicción de posibles fallas en máquinas anticipando al fallo gracias al Deep learning pudiendo arreglar cualquier error sin llegar a ocasionar algún desperfecto previo.

Por último, haremos mención de la IA embebida en los brazos de los robots tradicionales a través de cámaras de visión de artificial. A través de procesadores capaces de desarrollar algoritmos complejos los robots están dotados de herramientas de visión como puede ser el paquete de software iRVision propio de los robots Fanuc. Este paquete se integra en el controlador R-30iB. A través de reconocimiento 2D o 3D es capaz de localizar piezas de cualquier tamaño, forma o posición. En nuestro caso, posibles mejoras que nos aportaría el paquete iRVision en nuestra instalación serían:

- A través de patrones predeterminados, el último robot que deposita la puerta en el vehículo final, puede saber la posición actual del vehículo con un reconocimiento visual y relacionarlo con el patrón que se haya establecido. De esta forma el robot depositará la puerta en el vehículo de una forma correcta.
- Mediante cálculos en tiempo real de la posición actual de vehículo, el robot podrá depositar la pieza con un mínimo margen de error.



Figura 113 : Robots con Visión Artificial



7. Anexo

Se ha realizado un estudio de acuerdo a la inversión que se debe llevar a cabo para la realización del proyecto. En este estudio, se ha tomado en cuenta tanto el gasto inicial de todos los equipos y componentes como las horas de estudio y trabajo previo realizado por los técnicos.

<i>Descripción</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio</i>	<i>Total</i>
<i>Estudios Previos</i>			
<i>Técnico Mecánico</i>	100 h	30 €/h	2250 €
<i>Técnico Electricista</i>	100 h	30 €/h	2250 €
<i>Técnico Automatista</i>	200 h	40 €/h	8000 €
<i>Técnico Robótico</i>	200 h	40 €/h	8000 €
<i>Horas técnicos en el sitio</i>			
<i>Técnico Mecánico * 4</i>	400 h	40 €/h	16000 €
<i>Técnico Electricista * 4</i>	400 h	40 €/h	16000 €
<i>Técnico Automatista * 1</i>	300 h	50 €/h	15000 €
<i>Técnico Robótico * 2</i>	600 h	50 €/h	30000 €
<i>Material</i>			
<i>Cableado</i>			40000 €
<i>Muebles Tuenkers EHS</i>	2	20000 €	40000 €
<i>Soportes Carga</i>	2	500 €	1000 €
<i>Robot R-200iC/165F</i>	4	25000 €	100000 €
<i>Robot R-2000iC/210L</i>	2	25000 €	50000 €
<i>Pinzas Soldadura ARO</i>	2	15000 €	15000 €
<i>Vallado (100 metros)</i>	1 metro	50 €	5000 €
<i>Laser SICK S3000</i>	2	4000 €	8000 €
<i>Puertas EUCHNER MGB-LOHB-PNA-L-113233</i>	2	300 €	600 €
<i>Software</i>			
<i>Licencia + Software Roboguide</i>	1	3000 €	3000 €
<i>SIMATIC Step 7</i>	1	400 €	400 €
PROYECTO			360500 €



8. Bibliografía

- [1], <https://www.fanuc.eu/es/es/robots/p%3a1gina-filtro-robots>.
- [2], https://www.festo.com/cms/es_es/index.htm.
- [3], <http://www.arotechnologies.com/es-ES>.
- [4], <https://www.expert-tuenkers.com/>.
- [5], <https://www.ifm.com/es/es/product/01D100>.
- [6], <https://new.siemens.com/es/es.html>.
- [7],
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-300.html>.
- [8], <https://www.infopl.net/>.
- [9], https://cdn.sick.com/media/pdf/0/80/280/dataSheet_S30A-6011BA_1023546_es.pdf.
- [10],
https://cdn.sick.com/media/docs/9/79/379/Product_segment_overview_0pto_Electronic_Protective_Devices_en_IM0069379.PDF.
- [11], <https://www.schneider-electric.es/es/product/XB4BS8442/parada-de-emergencia-%C3%B822--cabeza-seta-%C3%B840--girar-para-desenclavar-1nc/>.
- [12], <https://www.schneider-electric.es/es/product/ZB4BC280/cabeza-pulsador-entornos-severos--negro--sin-marcar/?range=61148-harmony-xb4-xb5-para-entornos-hostiles-&node=154175302-cabezas&parent-category-id=4800&parent-subcategory-id=4840>.
- [13], <https://www.euchner.de/es-es/productos/multifunctional-gate-box-mgb/multifunctional-gate-box-mgb-pn/mgb-l0hb-pna-l-113233/>.
- [14], <https://rodavigo.net/es/fabricantes/senstronic>.
- [15], <https://blog.universal-robots.com/es>.

[16], <https://www.advancedfactories.com/>.

