

Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

Etiquetado Automático en Materiales Férricos

Autor: José Ignacio Gueso Camacho

Tutor: Manuel Vargas Villanueva

**Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

Etiquetado Automático en Materiales Férricos

Autor:

José Ignacio Grueso Camacho

Tutor:

Manuel Vargas Villanueva

Profesor titular

Dpto. de Ingenierías de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Máster: Etiquetado Automático en Materiales Férricos

Autor: José Ignacio Grueso Camacho

Tutor: Manuel Vargas Villanueva

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mi madre, por estar siempre apoyándome en todas las facetas de mi vida y por enseñarme qué es el esfuerzo.

A mi hermana, porque soy quien soy gracias a ella.

A mi acompañante en estos dos años, por aguantar lo inaguantable.

A Manuel, mi tutor, por ofrecer una gran disponibilidad en estos tiempos tan duros e inciertos que nos ha tocado vivir de COVID19.

Por último y, especialmente, a mi padre, por su confianza en mí desde pequeño, por estar siempre a mi lado allá donde esté.

Gracias.

Resumen

En la actualidad, en todo negocio el tiempo es sinónimo de dinero, de manera que, si a menor tiempo se dedique a resolver problemas, más ingresos se obtienen. Véase por ejemplo un abogado, mientras más ligero resuelva los casos, más pleitos podrá afrontar y, por ende, más dinero ingresara.

Esto es más importante si cabe en las plantas industriales, donde el trabajo principal es la producción. Por tanto, mientras más ligero se produzca, mientras menos averías haya, mientras menos paradas de producción haya, etc. Más cantidad de productos se producirá, viéndose incrementado los ingresos.

De esta manera, en una planta industrial puntera en su sector, debe de estar en continua mejora, adoptando el ciclo de Deming de mejora continua y, atacando, sobre todo, en el cuello de botella del proceso productivo.

En una empresa cuyo sector es la metalurgia, dedicada a la producción de materiales férricos de diferentes perfiles, es muy importante para mantener una competitividad alta el reducir al mínimo todo aquel suceso que produzca paro en la actividad productiva.

En una actividad de siderurgia, en la que la parte de laminación del semiproducto se divide en zona de horno, zona de tren, zona de placa y zona de empaquetado, se realizó un estudio para identificar dicho cuello de botella, el cual se encontraba en la zona de empaquetado, más concretamente en el etiquetado de los paquetes.

Es por este motivo principal y, de gran peso, por el cual se realizó dicha inversión dando lugar al proyecto el cual se expone a continuación.

Éste, por tanto, trata sobre la modernización de la operación de etiquetado automático, sustituyendo el sistema antiguo por uno más moderno, compuesto principalmente por un Robot, un Autómata y dos PC, además de una impresora, un proceso de soldadura y demás elementos eléctricos, neumáticos e incluso obra civil.

No obstante, el proyecto en su desarrollo, se va a centrar especialmente en la parte de los softwares y hardwares de los elementos principales, esto es, Robot, Autómata y PC, sin olvidar la impresora y la soldadura, además de la interacción entre ellos.

Abstract

Nowadays, in every business time is synonymous with money, so the less time you spend solving problems, the more income you get. See for example a lawyer, the lighter he solves the cases, the more lawsuits he can handle and therefore the more money he earns.

This is even more important in industrial plants, where the main job is production. Therefore, the lighter it is, the fewer breakdowns there are, the fewer production stoppages there are, etc. More products will be produced, increasing the income.

In this way, in a leading industrial plant in its sector, it must be in continuous improvement, adopting the Deming cycle of continuous improvement and, above all, attacking the bottleneck of the production process.

In a company whose sector is the metallurgy, dedicated to the production of ferrous materials of different profiles, it is very important to maintain a high competitiveness to reduce to the minimum all the events that produce unemployment in the productive activity.

In an iron and steel activity, in which the rolling part of the semi-product is divided into the furnace area, the train area, the plate area and the packaging area, a study was carried out to identify this bottleneck, which was in the packaging area, more specifically in the labelling of the packages.

It is for this main reason, and of great importance, that this investment was made, giving rise to the project which is set out below.

This one, therefore, deals with the modernization of the automatic labelling operation, replacing the old system with a more modern one, composed mainly of a Robot, an Automaton and two PCs, besides a printer, a welding process and other electrical, pneumatic elements and even civil works.

However, the project in its development, will focus especially on the software and hardware of the main elements, ie, Robot, Automaton and PC, without forgetting the printer and welding, in addition to the interaction between them.

Índice

Agradecimientos	vii
Resumen	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de Tablas	xv
Índice de Ilustraciones	xvii
1. Objetivo	1
2. Introducción	2
2.1. <i>CONTEXTO DEL PROCESO.</i>	2
2.2. <i>VISIÓN GENERAL DEL CICLO DE LAMINADO.</i>	4
2.3. <i>PROCESO DE ETIQUETADO.</i>	6
2.4. <i>HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN DEL PROCESO DE ETIQUETADO.</i>	12
3. Descripción del Sistema	16
3.1. <i>ROBOT.</i>	16
3.1.1. Hardware.	16
3.1.2. Software.	21
3.2. <i>PLC.</i>	25
3.2.1. Hardware.	25
3.2.2. Software.	33
3.3. <i>OTROS ELEMENTOS.</i>	104
3.2.3. Cámara de vision.	104
3.2.4. Impresora.	120
3.2.5. Proceso de soldadura.	125
3.4. <i>INTERACCIÓN DE LOS COMPONENTES.</i>	127
3.2.6. Comunicación PC – Autómata.	127
3.2.7. Comunicación Autómata – Robot.	130
4. Mejoras respecto al antiguo Robot	131
5. Referencias.	136

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de Robot IRB4600.	16
Tabla 2. Tipo de Robot que se va a utilizar.	16
Tabla 3 Ejes del Robot.	19
Tabla 4. Medidas del Robot	21
Tabla 5. CPU 1515-2 PN.	26
Tabla 6. Conexiones PROFINET.	30
Tabla 7. Asignaciones de direcciones MAC.	31
Tabla 8. LEDS RUN/STOP.	32
Tabla 9. LEDS LINK TX/RX.	33
Tabla 10. Estado de las operaciones generales.	63
Tabla 11. Permisos generales.	64
Tabla 12. Estado de las zonas de operación.	64
Tabla 13. Estado de los sensores de las puertas.	65
Tabla 14. Estado de las puertas del robot.	66
Tabla 15. Permisos de las puertas del robot.	67
Tabla 16. Permisos para las puertas del habitáculo del robot.	67
Tabla 17. Permisos para las puertas de acceso al robot.	68
Tabla 18. Permisos de la puerta del conformado del hilo.	68
Tabla 19. Permisos para abrir la puerta del contendor.	69
Tabla 20. Permisos de trabajo para el robot.	69
Tabla 21. Botones para la realización del ciclo.	72
Tabla 22. Permisos para realizar el ciclo de formación del hilo.	73
Tabla 23. Permisos para abrir o cerrar los rodillos del hilo.	73
Tabla 24. Permisos para comenzar el ciclo.	74
Tabla 25. Permisos para tirar del cable.	74
Tabla 26. Botón para abrir o cerrar el hilo.	74
Tabla 27. Permisos guía del cable.	75
Tabla 28. Permisos para abrir puertas.	75
Tabla 29. Botones para operar de manera manual.	75
Tabla 30. Botones para operar con la tracción del hilo	76
Tabla 31. Botones para el modo de operación.	80
Tabla 32. Secuencia manual.	80
Tabla 33. Permisos para la secuencia automática de la gestión de etiquetas.	80

Tabla 34. Movimiento de la etiqueta.	80
Tabla 35. Permisos para bloquear/desbloquear el doblado de etiquetas.	81
Tabla 36. Permisos para bloquear/desbloquear la elevación de etiquetas.	81
Tabla 37. Manejo del soplado de aire.	82
Tabla 38. Modos de operación del ciclo.	84
Tabla 39. Permisos para el ciclo automático del robot.	85
Tabla 40. Mantenimiento.	85
Tabla 41. Permisos para el mantenimiento.	86
Tabla 42. Permisos para abrir/cerrar la abrazadera.	86
Tabla 43. Permisos para la realización del ciclo.	87
Tabla 44. Permisos para iniciar/para el ciclo.	87
Tabla 45. Aviso de emergencia	88
Tabla 46. Presurización del cabezal de soplado.	88
Tabla 47. Alarmas y emergencias.	88
Tabla 48. Soplado de aire.	89
Tabla 49. Alarmas de la presurización del aire.	89
Tabla 50. Iluminación de la cámara.	90
Tabla 51. LEDS para realizar el ciclo.	90
Tabla 52. Láser de escaneo.	91
Tabla 53. Iniciar/Parar la soldadura.	91
Tabla 54. Probar los semáforos.	92
Tabla 55. Probar imán.	92
Tabla 56. Permisos para la gestión de etiquetas.	92
Tabla 57. Habilitar ciclo de simulación	92
Tabla 58. Iniciar el ciclo de simulación.	93
Tabla 59. Datos de la soldadura.	94
Tabla 60. Contador de intentos para el reinicio del ciclo.	94
Tabla 61. LEDS de la impresora	124

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Plano de ubicación de la empresa	2
Ilustración 2. Redondo liso	3
Ilustración 3. Acero corrugado	3
Ilustración 4. Pletina	4
Ilustración 5. Cuadrado	4
Ilustración 6. Ángulo	4
Ilustración 7. Esquema de laminación	5
Ilustración 8. Impresión de etiquetas	7
Ilustración 9. Impresora.	7
Ilustración 10. Rollo de cable metálico	8
Ilustración 11. Formación del hilo.	8
Ilustración 12. Escaneo del paquete.	9
Ilustración 13. Soldadura de la etiqueta.	10
Ilustración 14. Posición de reposo del robot.	11
Ilustración 15. Esquema de la comunicación de los equipos	13
Ilustración 16. Diagrama de flujo del proceso	15
Ilustración 17. Robot IRB4600	17
Ilustración 18. Render 3D Robot	17
Ilustración 19. Robot	18
Ilustración 20. Robot	18
Ilustración 21. Ejes del Robot.	19
Ilustración 22. Croquis del robot.	20
Ilustración 23. Pantalla principal RobotStudio.	21
Ilustración 24. Pantalla Principal TASK 1.	22
Ilustración 25. Pantalla Princial TASK 3.	23
Ilustración 26. Pantalla Principal TASK 4.	23
Ilustración 27. Pantalla Principal TASK 5.	24
Ilustración 28. CPU 1500.	25
Ilustración 29. Vista posterior del módulo del PLChab.	28
Ilustración 30. Modos de operaciones del PLC.	28
Ilustración 31. Conexionado de alimentación	30
Ilustración 32. Ubicación de los LEDS en el PLC.	31
Ilustración 33. Significado de los contactos.	34
Ilustración 34. Pantalla de inicio de TIA Portal.	35
Ilustración 35. Pantalla de inicio de TIA Portal.	35

Ilustración 36. Pantalla principal de TIA Portal.	36
Ilustración 37. Pantalla para agregar dispositivos.	37
Ilustración 38. Pantalla del dispositivo del PLC.	37
Ilustración 39. Pantalla para agregar una estación de PC.	38
Ilustración 40. Estación de PC.	39
Ilustración 41. Pantalla para conectar WinCC al PC.	39
Ilustración 42. Pantalla con WinCC conectado al PC.	40
Ilustración 43. Agregar otra estación de PC.	40
Ilustración 44. Pantalla del módulo de interfaz ET200 S.	41
Ilustración 45. Pantalla para agregar la ET200 S del tipo PROFINET.	42
Ilustración 46. Pantalla de ET200 S.	42
Ilustración 47. Pantalla de ET200 S.	43
Ilustración 48. Pantalla de ET200 S.	43
Ilustración 49. Pantalla principal de TIA Portal.	44
Ilustración 50. Pantalla con la ET200 S. del habitáculo.	45
Ilustración 51. Pantalla del dispositivo del robot.	45
Ilustración 52. Pantalla con todos los dispositivos agregados.	46
Ilustración 53. Pantalla de la vista de redes.	46
Ilustración 54. Pantalla de los diferentes bloques.	47
Ilustración 55. Pantalla de los diferentes bloques de organización.	48
Ilustración 56. Pantalla para programar un Bloque de Organización.	49
Ilustración 57. Funciones.	49
Ilustración 58. Esquema de la programación del PLC.	50
Ilustración 59. Esquema de la programación de rutas cíclicas del PLC.	50
Ilustración 60. Esquema de la carpeta de rutas asíncronas del PLC.	51
Ilustración 61. Esquema de la programación de las secuencias automáticas de la CPU.	53
Ilustración 62. Orden de las secuencias automáticas del PLC.	54
Ilustración 63. Esquema de la programación de la gestión de etiquetas.	55
Ilustración 64. Esquema de la programación de operaciones de servicios.	56
Ilustración 65. Esquema de la programación de las interfaces.	58
Ilustración 66. Esquema de la programación de las seguridades.	59
Ilustración 67. Esquema de la programación de la estación de PC.	60
Ilustración 68. Diferentes pantallas programadas.	61
Ilustración 69. Pantalla principal del HMI.	62
Ilustración 70. Pantalla HMI de la formación del hilo	70
Ilustración 71. Pantalla principal de la gestión de etiquetas.	77
Ilustración 72. Pantalla principal del proceso de soldadura.	83
Ilustración 73. Cámara de visionador interior de la isla robotizada (I).	94

Ilustración 74. Cámara de visionador interior de la isla robotizada (II).	95
Ilustración 75. Pantalla de alarmas.	95
Ilustración 76. Pantalla de alarmas.	96
Ilustración 77. Pantalla de histórico de alarmas.	97
Ilustración 78. Pantalla de configuración de datos para la formación del rizo.	97
Ilustración 790. Pantalla de configuración de datos para los movimientos del robot.	98
Ilustración 80. Pantalla para poner los mandos en local.	99
Ilustración 81. Vista de red de los dispositivos	99
Ilustración 82. Pantalla principal de TIA Portal.	100
Ilustración 83. Vista de la ET200 S del robot.	101
Ilustración 84. Vista de la ET200 S del robot	101
Ilustración 85. Vista del dispositivo del robot en TIA Portal.	102
Ilustración 86. Vista de redes en TIA Portal.	102
Ilustración 87. Vista topológica en TIA Portal	103
Ilustración 88. Señalización de la cámara.	104
Ilustración 89. Cámara C5-4090	105
Ilustración 90. Cámara de visión.	105
Ilustración 91. Cámara de visión (I)	106
Ilustración 92. Imagen del paquete escaneado.	106
Ilustración 93. Gráfica de la eficiencia cuántica.	109
Ilustración 94. Valor máximo de subpíxel.	110
Ilustración 95. Disposición de la cámara al paquete.	111
Ilustración 96. Gráfica del modelo MAX.	112
Ilustración 97. Gráfica del modelo TRSH.	113
Ilustración 98. Gráfica del modelo COG.	114
Ilustración 99. Gráfica del modelo FIR PEAK.	114
Ilustración 100. Filtro FIR.	115
Ilustración 101. Ejemplo de aplicación de la función de pendiente múltiple.	116
Ilustración 102. Diferentes Knee Points.	117
Ilustración 103. Comparativa cámara tradicional y NDR.	118
Ilustración 104. Cámara tradicional VS NDR.	118
Ilustración 105. Aplicación de la función NDR.	119
Ilustración 106. Vista frontal de la impresora.	120
Ilustración 107. Vista lateral de la impresora.	121
Ilustración 108. Vista interior de la impresora.	122
Ilustración 109. Panel del operador de la impresora.	123
Ilustración 110 Impresora.	124
Ilustración 111. Energía de la soldadura.	126

Ilustración 112. Conexión Autómata – PC.	128
Ilustración 113. Diagrama de flujo comunicación Autómata - PC	129
Ilustración 114. Robot antiguo.	131
Ilustración 115. Impresora antigua.	132
Ilustración 116. Arrastrador de etiquetas antiguo.	132
Ilustración 117. Conformado de hilo antiguo.	133
Ilustración 118. Isla del robot antiguo.	133
Ilustración 119. Isla del robot nuevo.	134

1. Objetivo

Para comenzar, se va a comentar el objetivo de este proyecto cuya la finalidad del mismo es el etiquetado automático en materiales férricos. Así en la práctica, lo que se ha realizado es una modernización del sistema que estaba por entonces montado a uno más actual y con una implementación de mejoras.

Para ello, a lo largo de este proyecto, se va a comentar todos y cada uno de los pasos adoptados en el tema de programación de autómatas y robótica, lo que sería la parte más compleja de lo que es el proyecto.

Por otra parte, el proyecto también contiene una parte eléctrica, neumática, sensorística y de obra civil, la cual se podría haber incluido en este proyecto engrosándolo, pero se desviaría del objetivo principal y de la idea a transmitir que es, como ya se ha dicho antes, la parte de programación de autómatas y robot.

El proceso por el cual se ha llevado a cabo este proyecto es el de etiquetado automático, el cual consta de las siguientes etapas: imprimir la etiqueta, conformar del hilo, coger la etiqueta por parte del robot, orientarse de cara al objetivo, realizar un escáner al paquete, calcular el punto de soldadura, realizar la soldadura, comprobación de la soldadura.

Por tanto, como se ve en el ciclo del etiquetado, son varios componentes los que están involucrados y, para tener éxito, se necesita una perfecta compenetración de los mismos y una buena coordinación, tratando hasta el más mínimo detalle.

El proyecto, se ha estructurado de la siguiente manera. A continuación, hay otra introducción más extensa y explicativa en la que se pondrá el problema en el contexto de la siderurgia, explicando ligeramente el proceso productivo, la ubicación del robot y la importancia del mismo en el ciclo productivo.

Posteriormente, se pasará a describir los componentes que van a llevar a cabo el proceso de etiquetado, es decir, el robot, el autómata y las estaciones de PC o HMI, conformando los tres núcleos existentes del proyecto y, describiendo para los mismos tanto el hardware como el software, además de comentar el hardware de la impresora, así como el proceso de soldadura.

Para finalizar, se explicará la interacción entre los componentes, explicando la comunicación entre los diferentes hardware, así como un comentario comparativo respecto al antiguo sistema de etiquetado, nombrando las ventajas obtenidas.

2. Introducción

2.1. CONTEXTO DEL PROCESO.

Para comenzar a hablar del proyecto que se va a desarrollar en este documento, sería necesario previamente comenzar por el principio del todo e ir desde lo más general hasta lo más específico, poniendo en contexto todo el desarrollo del mismo.

Este proyecto, consistente en el etiquetado automático de materiales férricos, es desarrollado en una planta siderúrgica situada en Sevilla, en el polígono La Red, perteneciente al municipio de Alcalá, a 10 Km. del centro de Sevilla y 15 Km. del puerto fluvial, sitio importante debido a la carga de material.

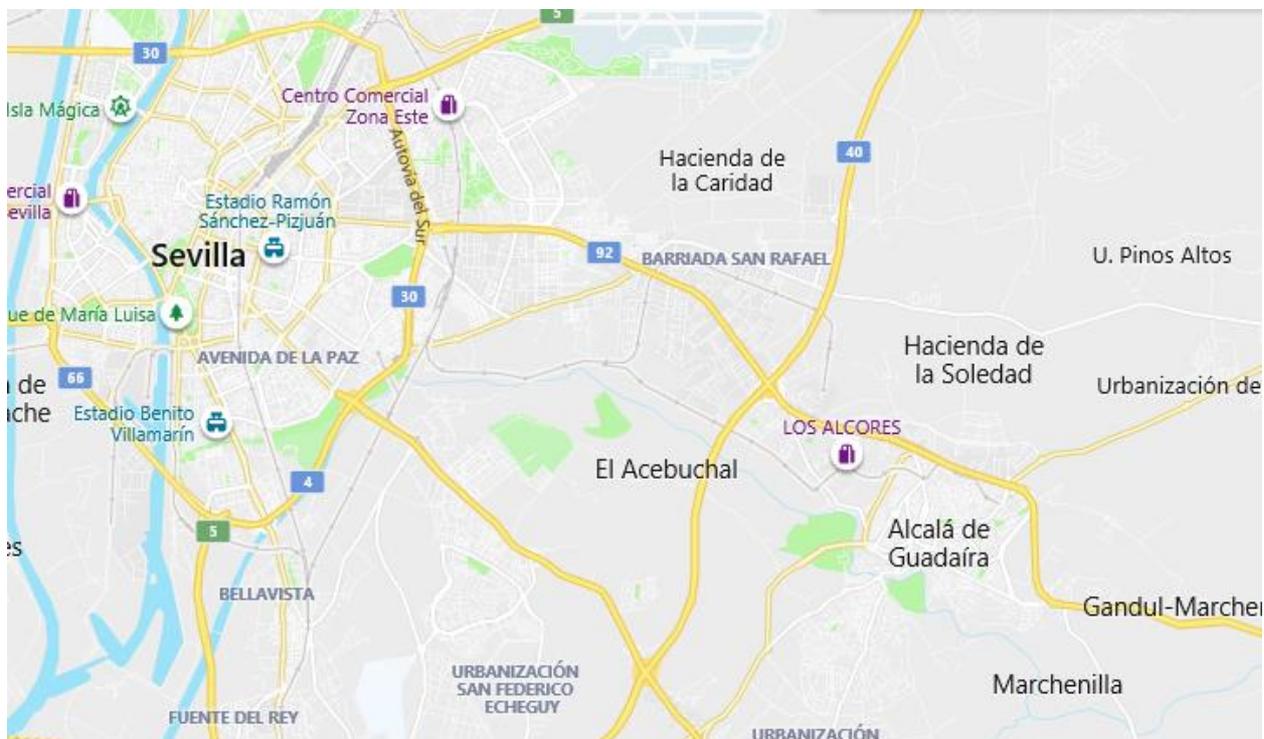


Ilustración 1. Plano de ubicación de la empresa

Dicha empresa, pertenece al sector de la siderurgia no integral o acería y que valoriza chatarras férricas para convertirlas en productos utilizables en otros sectores.

La diferencia entre siderúrgica no integral o acería y siderúrgica integral es que la primera elabora acero partiendo de otro acero o hierro y la segunda produce acero a partir del mineral de hierro.

Entrando un poco más en profundidad, la actividad de la empresa se centra en la fundición y laminación de aceros en caliente. El proceso productivo se inicia con la clasificación de las chatarras férricas, fusión y posterior tratamiento del fundido mediante la adición de otras materias primas hasta conseguir un semiproducto (palanquilla) el cual se transforma en barras de acero de distintos perfiles, diámetros y calidades.

Los productos de acero que se fabrican, son:

- Barras corrugadas soldables.

- Barras corrugadas soldables de alta ductilidad.
- Pletinas.
- Cuadrados.
- Redondos lisos.
- Perfil angular de lados iguales.
- Grados JR, J0 y J2.
- Series fina, media fina y media gruesa.
- Perfiles de acero laminados en caliente para usos especiales, tales como:
 - Conformación en frío.
 - Estampación.
 - Forja.
 - Mecanizado.

· Acero corrugado.



Ilustración 3. Acero corrugado

· Redondo liso.



Ilustración 2. Redondo liso

· Pletina.



Ilustración 4. Pletina

· Cuadrado.



Ilustración 5. Cuadrado

· Ángulo

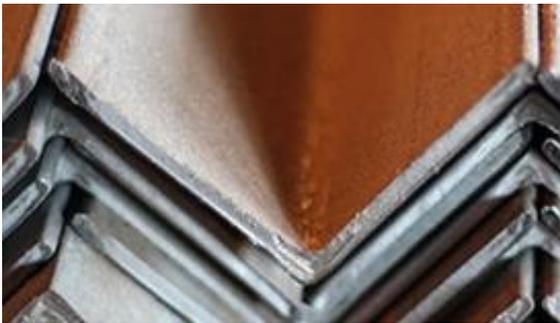


Ilustración 6. Ángulo

Es importante tener claro los diferentes perfiles que se producen debido a que, luego, la cámara de visión artificial, debe de reconocer que perfil se está produciendo para que el PLC calcule aquel punto donde realizar la soldadura.

2.2. VISIÓN GENERAL DEL CICLO DE LAMINADO.

Por lo tanto, en la planta, existen dos grandes áreas diferenciadas: acería y laminación.

La primera de ellas, es la que se encarga de fundir el material férrico que llega y de darle la calidad necesaria al mismo según el perfil que se vaya a producir, originando el semiproducto denominado palanquilla.

La laminación, es el área donde se ha instalado el robot y, por ende, se va a proceder a una explicación más extensa de la misma.

Para comenzar, se va a explicar el proceso productivo de la laminación con intención de ubicar el robot tanto en posición físicamente como en la cadena de producción. Como hay dos líneas de producción y éste va a trabajar con la línea 2, solamente se va a explicar ésta, obviando por tanto la línea 1.

A continuación, se va a mostrar un esquema lineal del proceso de laminación:

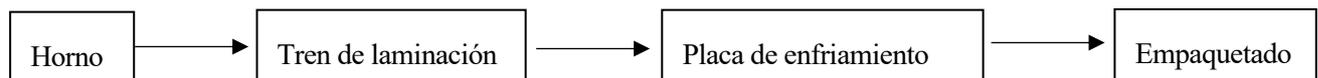


Ilustración 7. Esquema de laminación

El proceso de laminación, consta por tanto de 4 zonas: Horno, Tren, Placa y Empaquetado.

1.- Horno: el semiproducto que llega de acería (Palanquilla) entra en el horno donde sufre un recalentamiento a unos 1200 °C, suficiente como para que se vuelva maleable pero no pierda ninguna de sus propiedades mecánicas ni químicas.

Al Horno, llega a través de unos caminos de rodillos y entran a él a través de unos empujadores accionados por pistones hidráulicos. El Horno, está lleno de palanquillas de manera que, al entrar una nueva, se van empujando entre ellas hasta que la del otro extremo sale fuera del Horno.

Una vez fuera del Horno, la palanquilla recorre un camino de rodillos en perpendicular al tren de laminación. Por lo tanto, al final de este camino de rodillo, hay un gira palanquilla. Este proceso consta de unas manecillas que cogen a la palanquilla y la giran 90 grados para ponerla en la misma dirección que el tren de laminación.

2.- Tren: una vez que la palanquilla está situada en dirección del tren, empieza a ser laminada. El tren consta de 16 gabbias, las cuales según el perfil que se esté produciendo trabajan unas u otras. Las gabbias son dos parejas de cilindros a través de la cual la palanquilla pasa y se le va dando forma del producto que se quiere de manera que, al salir de la gabbia acabadora, se tenga el perfil deseado.

3.- Placa: una vez que sale del tren, el producto pasa por una serie de cizallas de corte de cabeza para el saneamiento de la misma hasta llegar a la placa. Esta consiste en una placa de 72 metros de largo donde la barra sufre un enfriamiento mientras la cruza.

4.- Empaquetado: una vez que la barra sale de la placa, existen 4 topes móviles, que se sitúan a una longitud determinada, según sea la longitud del pedido para cortar a la barra a la longitud deseada y pasar a formar el manto, que cae a unas cunas, donde se forma el paquete.

Cuando ya se tiene el paquete formado, impulsado por un camino de rodillos, pasa por 3 atadoras que le realizan varios atados y, por último, quedaría el etiquetado del paquete, que es donde actuaría el robot.

Finalmente, una vez que el paquete es etiquetado, se disponen de varias zonas de acúmulos de paquetes para que sean recogidos mediante grúas y vayan a sus boxes de almacenamiento correspondiente en las diferentes naves de productos terminados.

Por lo tanto, el robot como se ha visto, está al final de ciclo productivo, cuando el paquete ya está formado e incluso atado.

2.3. PROCESO DE ETIQUETADO.

Una vez que se ha explicado de manera breve el proceso productivo y se ha puesto en contexto el entorno de trabajo del robot, se va a explicar ligeramente la función del robot.

Como se ha dicho, la función principal del robot es la del ciclo de etiquetado automático de los paquetes, que son todos materiales férricos. Para ello, se ha usado una isla robotizada o container que contiene, además del robot, los siguientes elementos principales:

- Robot.
- Autómata.
- Cámara de visión artificial.
- Impresora.
- Soldadora.

Pasando a definir cómo sería el ciclo del etiquetado automático.

1.- Impresión de etiquetas: la impresora imprimirá las etiquetas. Dichas etiquetas contendrán la longitud del paquete, la calidad del acero, el tipo de perfil que es, las características del acero, además de las diferentes distinciones que posee la empresa, así como del logotipo de la misma.

Todos esos datos, excepto las distinciones y el logotipo de la empresa, que estarán por defecto en todas las impresiones de etiqueta debido a que no varía, serán introducidos en una receta por un operador desde un PC con comunicación vía wifi con la impresora.

Por otro lado, la plataforma azul que aparece en la ilustración 8, es el arrastrador de etiquetas, cuya función es arrastrar la etiqueta hasta la posición correcta para enrollar el hilo metálico en la etiqueta para ser cogida por la pinza del robot y posteriormente ser soldada con el propio hilo.

Por otro lado, en cuanto al material de la etiqueta, éstas están plastificadas en polipropileno siendo más resistente y más duradera.

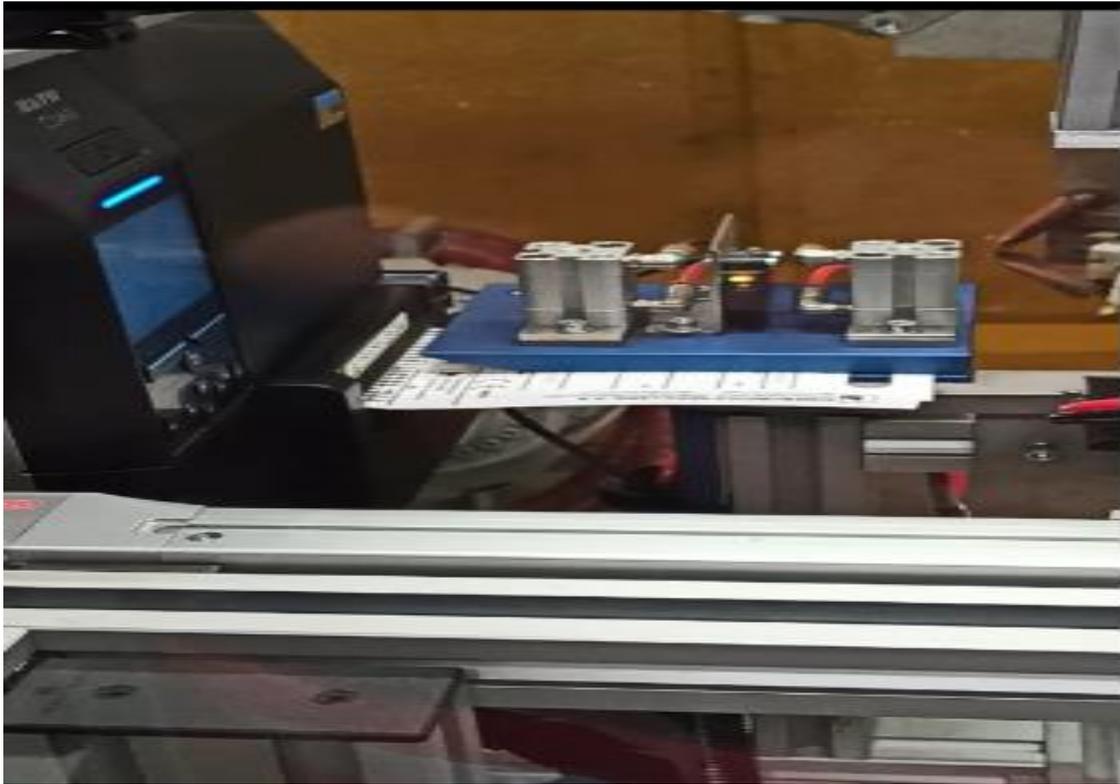


Ilustración 8. Impresión de etiquetas

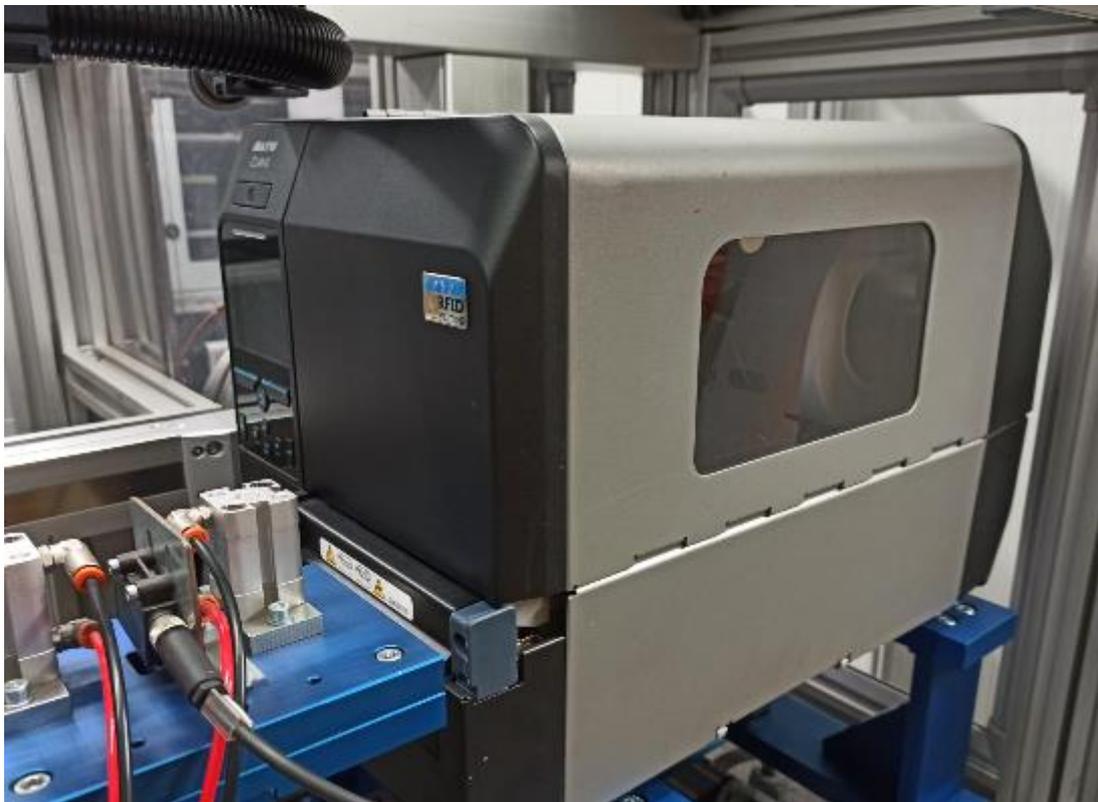


Ilustración 9. Impresora.

2.- Formación del hilo de conformado: consta bobina de hilo metálico y de una serie de rodillos de presión para el conformado del hilo, el cual se enrolla en la etiqueta dejando un rabillo para que pueda ser tanto cogido

por la pinza del robot o para ser soldado.

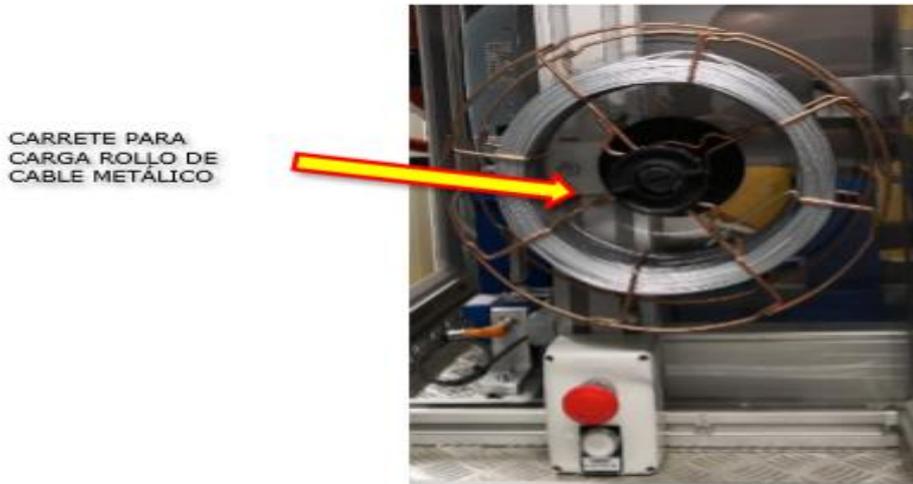


Ilustración 10. Rollo de cable metálico

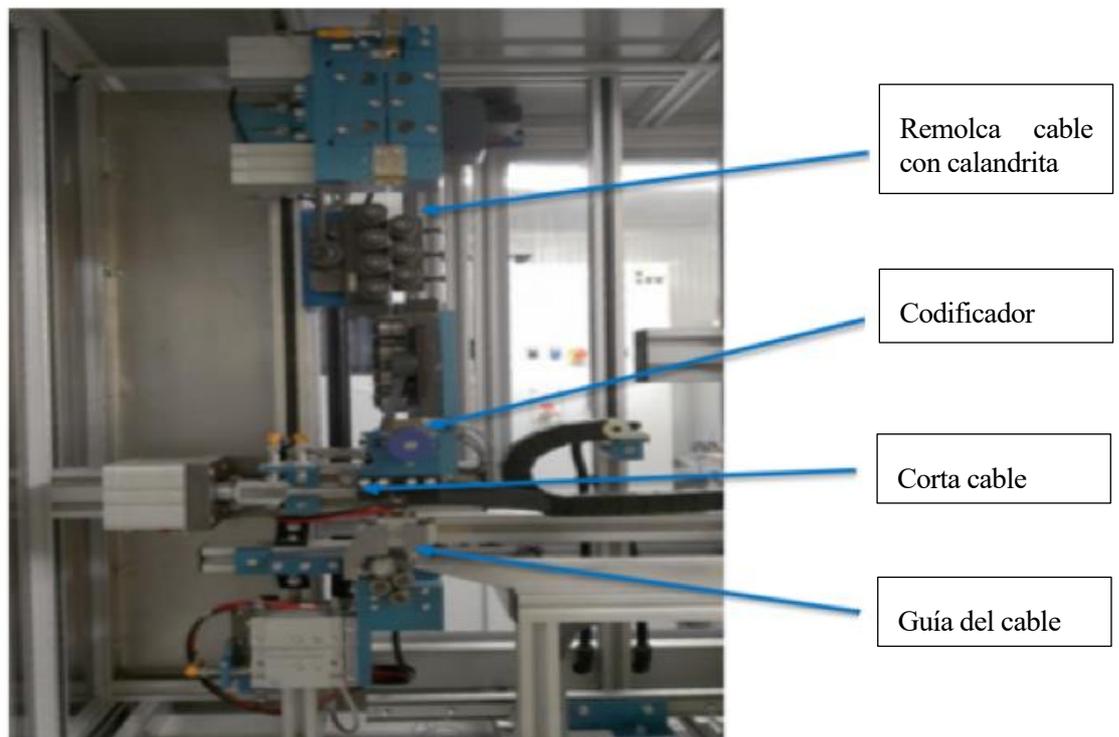


Ilustración 11. Formación del hilo.

3.- Escaneo: una vez que el robot coge la etiqueta por el hilo metálico, busca la posición de escaneo del paquete. Éste, mediante una serie de sensores, se va a parar siempre en la misma posición, quedando el perfil del paquete perpendicular la cámara de visión del robot como se ve en la imagen 12, por lo que el robot siempre se va a encontrar la misma situación para realizar el escaneo. Una vez que el paquete llega, el robot escanea el perfil del paquete con la cámara de visión artificial, enviando los datos al Automata, el cual es el encargado de calcular la varilla en la que soldar la etiqueta.

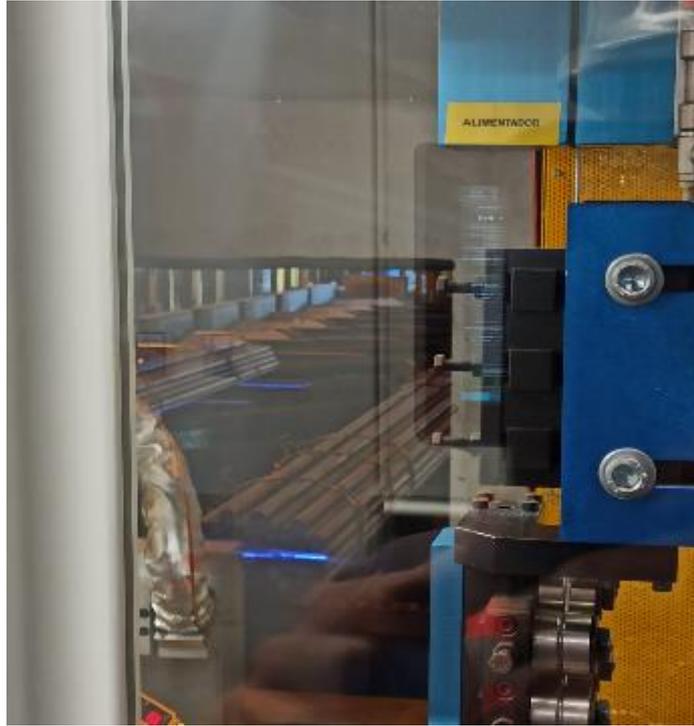


Ilustración 12. Escaneo del paquete.

4.- Soldadura: una vez que el PLC recibe los datos de la cámara de visión artificial, le comunica al robot cual es la varilla idónea para soldar. El robot, a través de una soldadura por descarga, suelda la etiqueta en el paquete. Además de soldar, realiza una comprobación de buena soldadura. Este proceso se lleva a cabo de forma que una vez que suelda, la pinza del robot no abre, sino que cerrada, tira de la etiqueta de manera que, si no está bien soldada, se la trae consigo.

Si esto ocurriera, el PLC le da la segunda varilla óptima en la que soldar, desechando por completo la primera. Así hasta tres puntos óptimos que calcula el Automata.



Ilustración 13. Soldadura de la etiqueta.

5.- Posición de origen: una vez que el robot pone la etiqueta al paquete, vuelve a su posición de inicio, cerrándose la ventana y finalizando el ciclo.



Ilustración 14. Posición de reposo del robot.

Cabe mencionar la función de la ventana, inexistente en el robot anterior. La ventana tiene una doble función.

- Por un lado, la protección del robot a suciedad, evitando la introducción de partículas de polvo.
- Por otro lado, especialmente en verano, donde se alcanzan elevadas temperaturas, que la refrigeración del robot se mantenga a una temperatura rondando los 25 °C, ya que el habitáculo del robot dispone de dos aires acondicionados.

2.4. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN DEL PROCESO DE ETIQUETADO.

Siguiendo con la línea trazada de ir desde lo más general a lo más específico y, tras situar el entorno de la empresa, describir el proceso productivo y el ciclo de etiquetado automático, se va a comentar los softwares utilizados.

Para la realización del ciclo de etiquetado, se ha hecho uso de dos softwares diferentes.

- Para el control de todos los movimientos del robot, se ha utilizado RobotStudio.
- Para la programación del PLC, así como de las pantallas HMI, se ha usado el software de Siemens, TIA Portal.

Ambos paquetes softwares van a ser explicados en el transcurso del proyecto

Por último, para finalizar la introducción, comentar la estructura que ha seguido el proyecto, la cual, para el desarrollo del mismo, se ha explicado tanto hardware como software de los elementos principales como son el Robot, el Automata y la cámara de visión artificial.

Igualmente, se comenta brevemente el hardware de la impresora, así como el proceso de soldadura seguido.

Para finalizar el proyecto, se hace una ligera comparación con el robot que se ha sustituido, haciendo hincapié en las ventajas generadas con este proyecto, así como unos datos estimados del ahorro que supone por semana. También, se incluye el presupuesto global del proyecto, pudiendo ver de manera rápida en cuanto tiempo se produciría la amortización del mismo.

Un dibujo esquemático en el que aparecen integrado todos los componentes hardware del proceso es el siguiente:

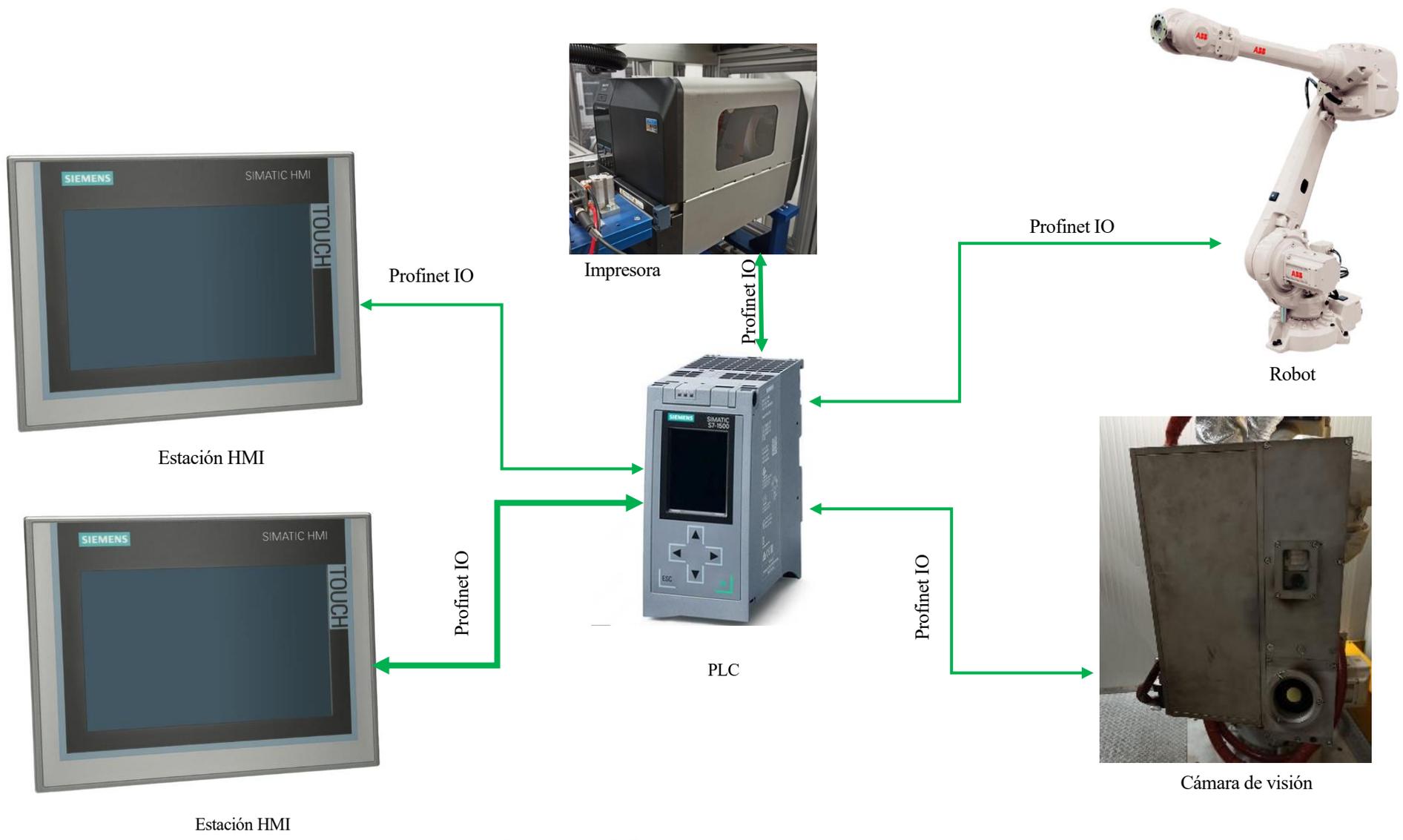


Ilustración 15. Esquema de la comunicación de los equipos

En cuanto al diagrama de flujo del proceso de etiquetado, sería el siguiente:

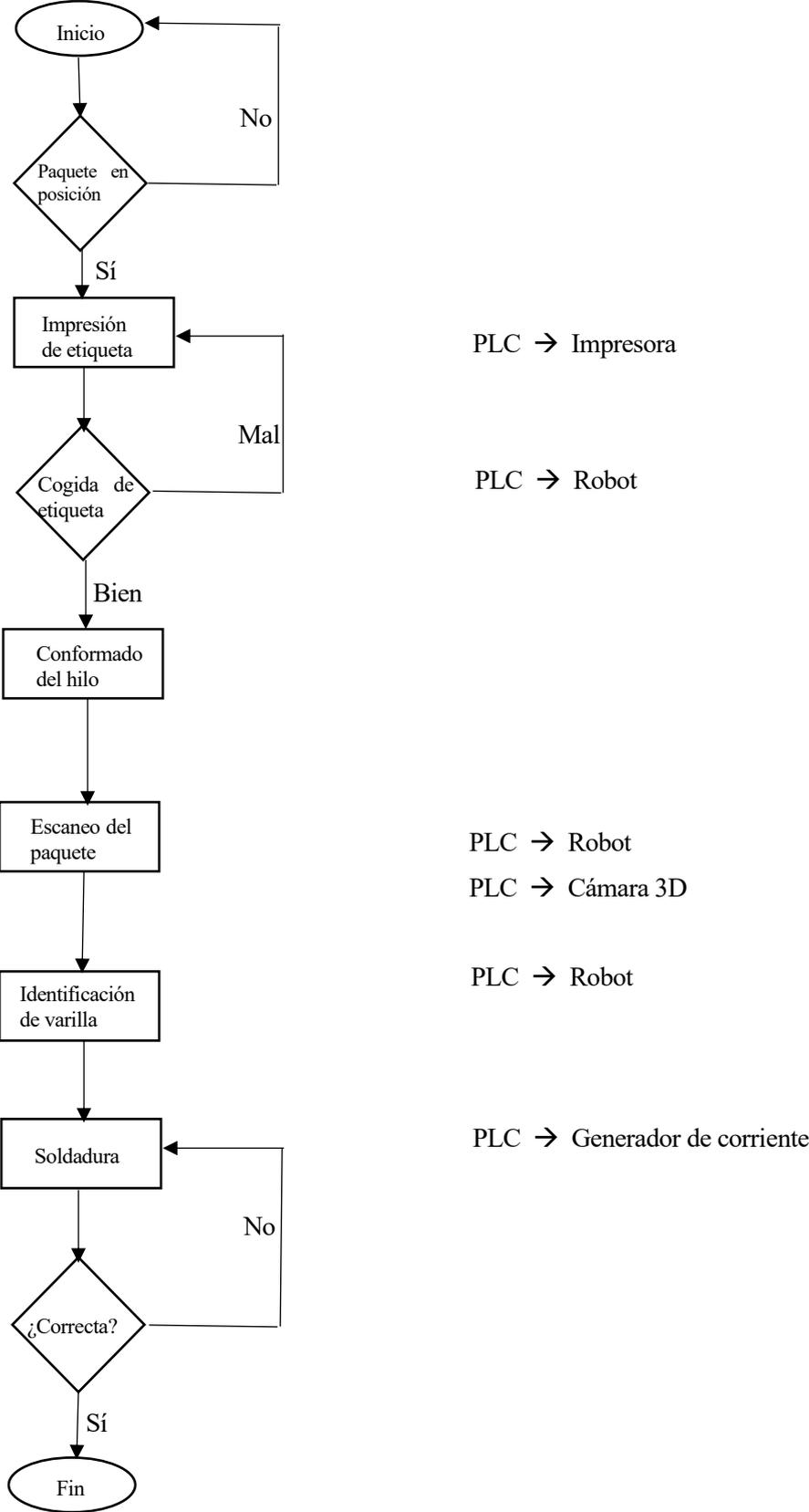


Ilustración 16. Diagrama de flujo del proceso

3. Descripción del Sistema

3.1. ROBOT.

3.1.1. Hardware.

Para definir la parte del Hardware del Robot, se estructurará desde lo más complejo hasta lo más minucioso. Por lo tanto, para empezar, se definirá el tipo de robot que se ha utilizado.

El tipo de robot que se ha utilizado es un ABB del tipo IRB4600. Dentro de esta tipología, existen varios tipos, los cuales se adjuntan en la siguiente tabla:

Tipo de robot	Capacidad de manejo (kg)	Alcance (m)
IRB 4600	60 kg	2.05 m
IRB 4600	45 kg	2.05 m
IRB 4600	40 kg	2,55 m
IRB 4600	20 kg	2.50 m

Tabla 1. Tipos de Robot IRB4600.

Es decir, según la capacidad de manejo y el alcance que se le quiera dar, se pueden encontrar cuatro variaciones del robot IRB4600, en un intervalo que abarca desde 60 kg. hasta los 20 kg. en cuanto a la capacidad de manejo y de 2,05 hasta los 2,50 metros de alcance.

En este trabajo, el tipo de robot que se usa es el IRB4600-45/2.05 o, en otras palabras, aquel con una capacidad de manejo de 45 Kg. y 2.05 metros de alcance. Este tipo de robots, tienen un peso de manipulador de 425 Kg.

Tipo de robot	Capacidad de manejo (kg)	Alcance (m)
IRB 4600	60 kg	2.05 m
IRB 4600	45 kg	2.05 m
IRB 4600	40 kg	2,55 m
IRB 4600	20 kg	2.50 m

Tabla 2. Tipo de Robot que se va a utilizar.

Por lo tanto, el robot utilizado queda identificado como un IRB4600-45/2.05.



Ilustración 17. Robot IRB4600

Haciendo un renderizado del robot en 3D, se pueden observar las diferentes partes que componen el robot.

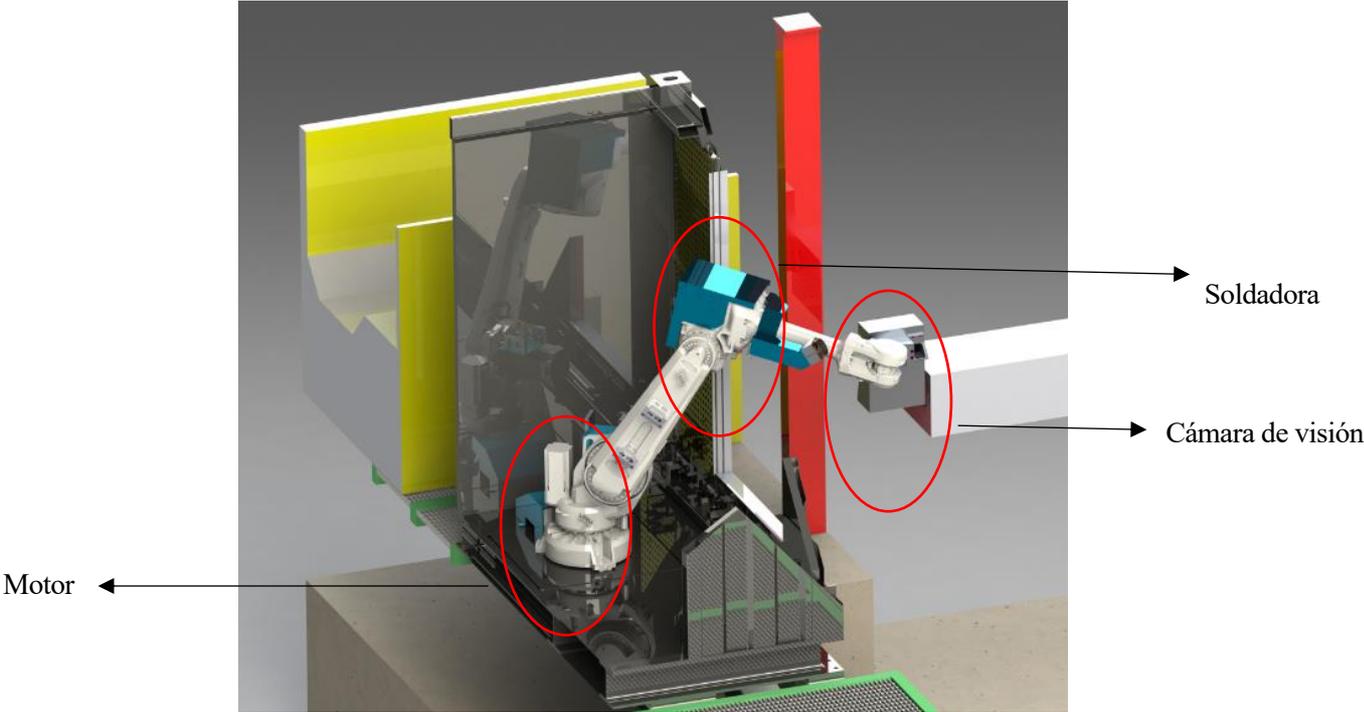


Ilustración 18. Render 3D Robot

Siendo representado el robot físicamente montado mostrados en la siguiente imagen.



Ilustración 19. Robot



Ilustración 20. Robot

Por otro lado, el robot tiene seis grados de libertad, uno por eje, como se muestra en la imagen siguiente:

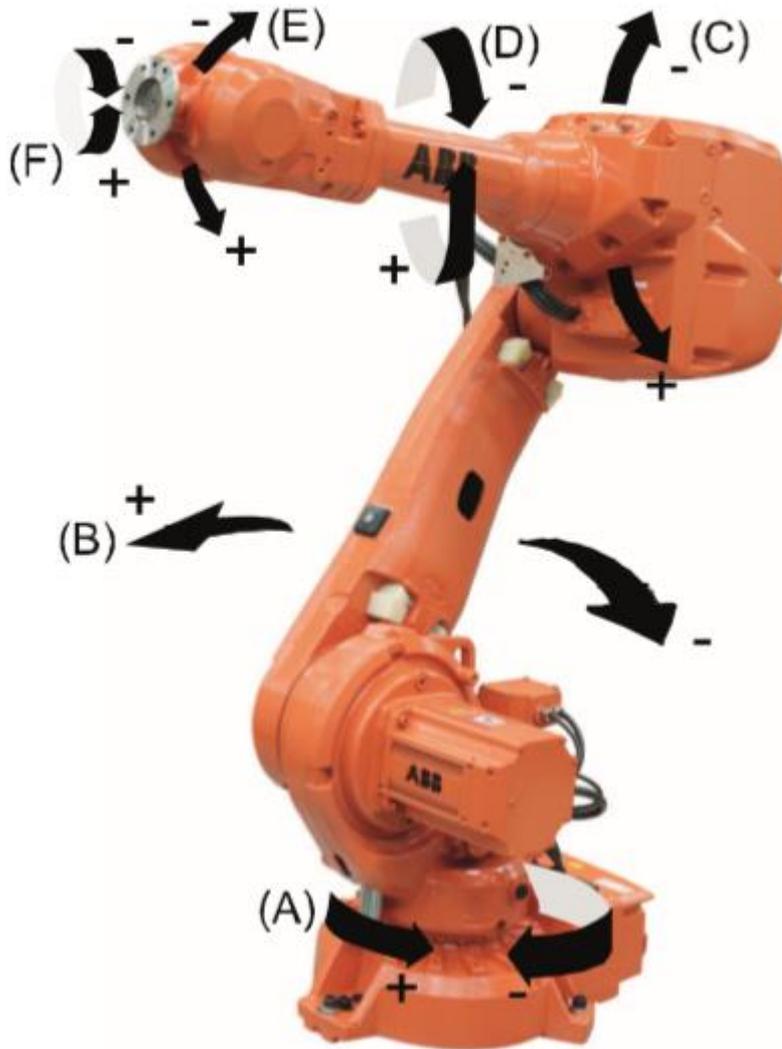


Ilustración 21. Ejes del Robot.

Posición	Descripción
A	Eje 1
B	Eje 2
C	Eje 3
D	Eje 4
E	Eje 5
F	Eje 6

Tabla 3 Ejes del Robot.

A su vez, cada eje se puede subdividir en dos tipos: orientación y posición. Los primeros, hacen referencia a aquellos los cuales giran sobre sí mismo, sin variar su posición. Mientras que los segundo, son aquellos que varían su posición en el espacio.

De esta manera, son ejes de orientación el A, D y F.

Son ejes de posición el B, C y E.

Una vez definido tanto la tipología del robot como los ejes y grados de libertad que lo componen, se va a pasar a definir las dimensiones geométricas del mismo, a través de las siguientes vistas.

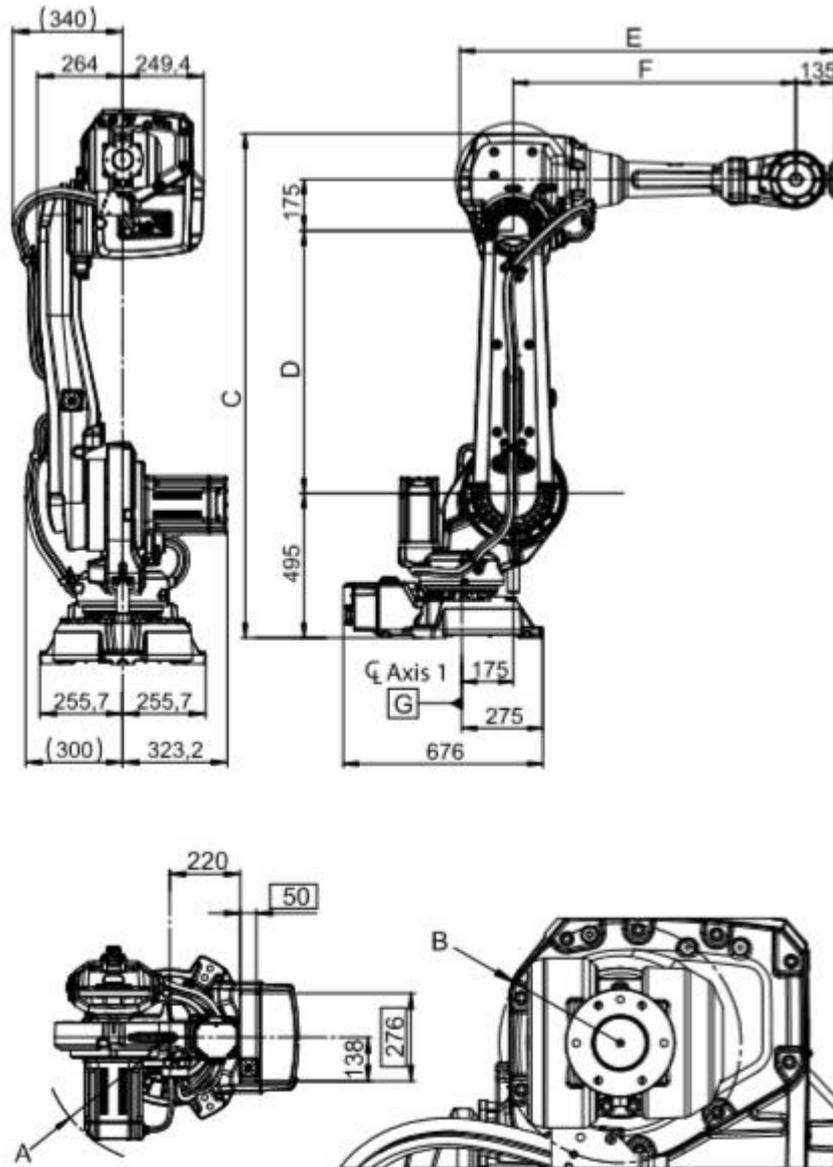


Ilustración 22. Croquis del robot.

Las medidas A, B, C, D, E y F, van a variar según la versión del robot, según la tabla siguiente:

Pos	Descripción			
A	R 400 radio de giro mínimo del eje 1			
B	R 138 radio de giro mínimo del eje 4			

Variante	C	D	E	F
IRB 4600-60/2.05	1.727 mm	900 mm	1.276 mm	960 mm
IRB 4600-45/2.05	1.727 mm	900 mm	1.276 mm	960 mm
IRB 4600-40/2.55	1.922 mm	1.095 mm	1.586 mm	1.270 mm

Tabla 4. Medidas del Robot

En el apartado de referencias, se incluye el manual del Robot IRB 4600, con todas sus especificaciones y despiece.

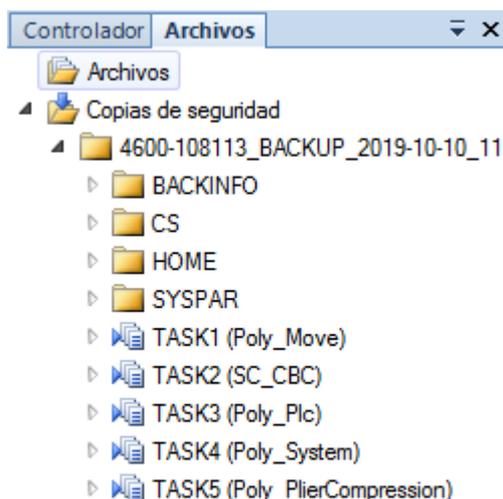
3.1.2. Software.

El software de la parte del robot se ha realizado en su totalidad en Robotstudio de ABB, comunicándose con el PLC a través de PROFINET IO, previa configuración en TIA Portal como se explica más adelante.

Esta parte, el software la utiliza única y exclusivamente para los movimientos que debe de realizar el robot. Dichos movimientos son dirigidos por el PLC, como se explicará más adelante en el apartado dedicado a ella.

El software del robot se ha dividido en 4 partes.

- 1.- Movimientos del robot.
- 2.- Conexión con el PLC.
- 3.- Conexión con el Sistema.
- 4.- Compresión de la pinza.



Cada una de las partes, está compuesta por módulos de programa y módulos de sistema.

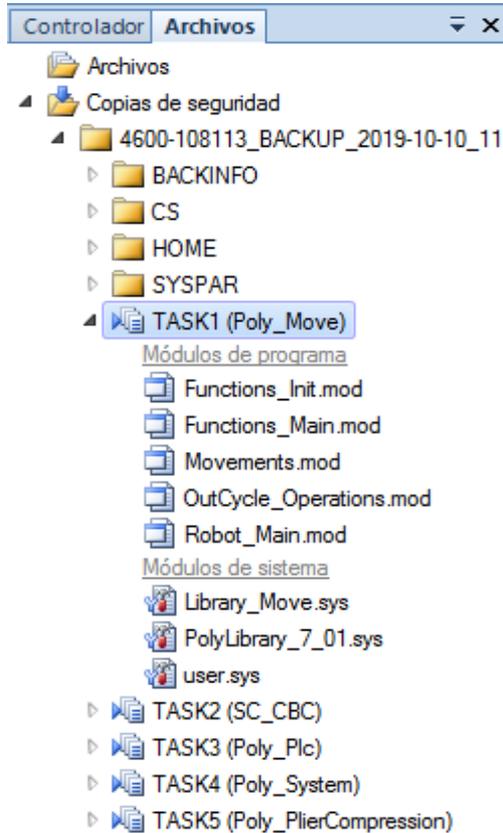
Se define módulo de programa a aquellos que pueden ser cargados y descargados durante la ejecución del programa, es decir, el código de programación.

Se define módulo de sistema a aquellos usados para datos y rutinas específicos del sistema.

Una vez desglosado la estructura del software se va a explicar el contenido de los mismos.

Ilustración 23. Pantalla principal RobotStudio.

1.- Task 1. PolyMove.



En esta primera tarea, se definen los movimientos, funciones y actuaciones del robot. Compuesto por 5 módulos de programas y 3 módulos de sistemas.

Entrando a comentar y explicar lo que definen cada uno de los módulos de programas.

1.1.- Functions_Init.mod: este módulo de programa se basa en todas las rutinas de inicio del robot para comenzar el ciclo, es decir, tanto su posición de inicio física como el inicio de sistemas, el inicio de los parámetros de cada una de las acciones, el restablecimiento de todas las variables y señales, así como la rutina para crear zonas de trabajo del robot.

1.2.- Functions_Main.mod: en este módulo de programa se definen las funciones principales del robot, es decir, restricciones tales como si el punto que le da la CPU está dentro de la zona de trabajo, el punto donde realizar la soldadura o si la comprobación de que la soldadura está bien hecha entre otras funciones descritas.

Ilustración 24. Pantalla Principal TASK 1.

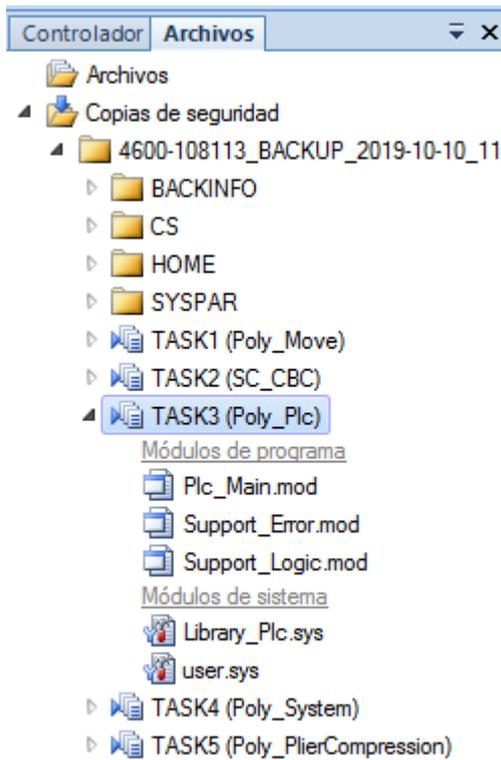
1.3.- Movements.mod: en este módulo, se definen todos y cada uno de los movimientos del robot, combinando todas y cada una de las posiciones. Para ello, se fragmenta todo el ciclo de etiquetado en varias subestaciones, definiendo los movimientos de cada subestación de manera independiente. No obstante, existe una rutina también que acoge todos los movimientos de manera completa.

1.4.- OutCycles_Operations.mod: en este módulo, se definen aquellas operaciones que se realizan para salir del ciclo de etiquetado debido a cualquier error que hubieses tal como que el punto definido por la CPU está fuera de la zona de trabajo del robot, por ejemplo, o que la soldadura no esté bien hecha. Para ello se definen diferentes funciones como volver a la posición inicial del ciclo o coger de nuevo una etiqueta y soldarla en el segundo punto definido por el PLC.

1.5.- Robot_Main.mod: en este último módulo de programa, se definen todos y cada uno de los posibles casos que se puedan dar dentro del ciclo de robot como caída de etiqueta, mal soldadura, puerta del habitáculo abierta, etc. y como a raíz de eso, debe de actuar el robot.

En cuanto a los módulos de sistemas, se han usado para definir todas las variables usadas en los módulos de programa.

2.- Task 3. Poly_PLC



En esta segunda tarea, se define toda la parte del PLC en cuanto a gestión sensorística y de alarmas. Compuesto por 3 módulos de programas y 2 módulos de sistemas.

2.1.- Plc_Main.mod: este primer módulo de programa se trata del módulo principal. En él, se recogen una serie de comprobaciones recibidas por el PLC, como las alarmas, los warnings y cómo actuar el robot en consecuencia, además del proceso para iniciar todas las variables y señales o comprobar el rango de movimiento del robot en todo el ciclo.

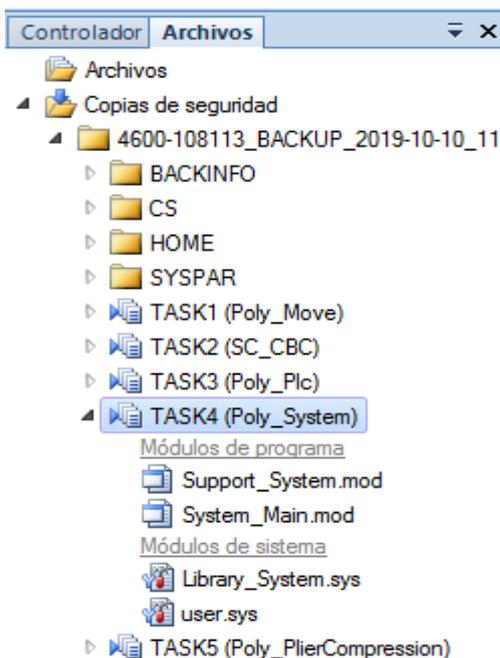
2.2.- Support_Error.mod: este segundo módulo define aquellas secuencias para la generación de alarmas y warnings, así como el reseteo de las mismas para que el robot siga con el ciclo.

2.3.- Support_Logic.mod: el último de los módulos es el que se encarga de toda la lógica del robot, como señales de electroválvulas para la formación del rizo metálico, sensores y su feedback al PLC, además de otras funciones como escalar las señales analógicas o verificar las comunicaciones de las entradas y salidas.

Igual que en el anterior, los módulos de sistemas se utilizan para la definición y declaración de las variables usadas.

Ilustración 25. Pantalla Prncial TASK 3.

3.- Task 4. Poly_System



En esta tercera tarea, se centra en la parte del sistema, en la inicialización de variables y señales y reinicios de ciclos en caso de interrupciones por alarmas o warnings. Compuesto por 2 módulos de programas y 2 módulos de sistemas.

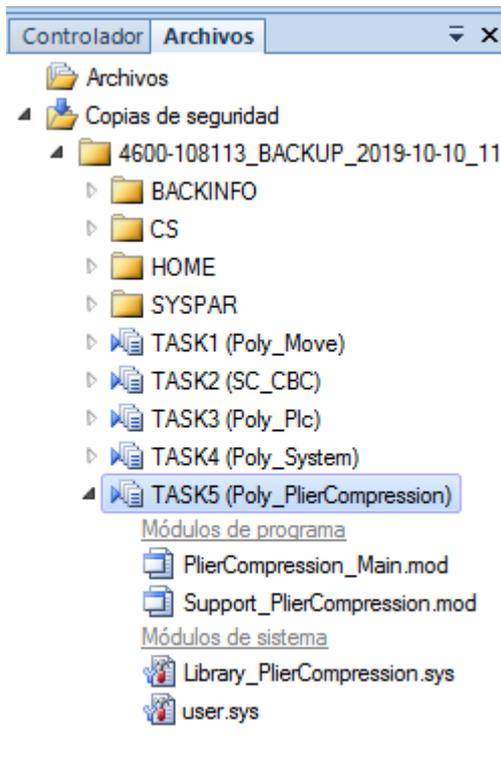
3.1.- Support_System.mod: este módulo define si existe algún tipo de error con el PLC de comunicación PROFINET.

3.2.- Support_Main.mod: este módulo de programa define el inicio de variables y señales, y las rutinas utilizadas para restablecer el ciclo de etiquetado en caso de interrupción por alguna alarma.

Igual que las anteriores, consta de dos módulos de sistemas donde se definen todas y cada uno de las variables usadas.

Ilustración 26. Pantalla Principal TASK 4.

4.- Task 5. Poly_PlierCompression.



En la última tarea, se centra en la parte de la pinza del robot, en la compresión de la misma, en la gestión de alarmas y las comprobaciones. Compuesto por 2 módulos de programas y 2 módulos de sistemas.

4.1.- PlierCompression_Main.mod: este módulo inicia las variables y las señales de la operación de la pinza de compresión, gestionar las llamadas a otros particulares, además de la comprobación de la buena compresión de la pinza.

4.2.- Support_PlierCompression.mod: este módulo es utilizado para intercambiar señales de entradas y salidas con el PLC, escalar las señales de entradas y salidas analógicas, reiniciar el ciclo debido a una colisión del robot en este proceso o la lógica de las tareas del proceso en general.

Ilustración 27. Pantalla Principal TASK 5.

Por último, la parte del robot que procesa toda la información captada por los sensores y regula el movimiento de los dispositivos de salidas, la realiza el controlador del mismo.

El controlador del robot en este caso, es del tipo IRC5. El controlador IRC5 contiene todas las funciones necesarias para mover y controlar el robot. Este controlador contiene dos módulos: el módulo de control y el módulo de accionamiento. Ambos módulos se combinan entre sí.

- El módulo de control contiene todos los controles electrónicos como el PC o las tarjetas de entradas y salidas. El módulo de control ejecuta todo el software necesario para el funcionamiento del robot.
- El módulo de accionamiento contiene toda la alimentación de los motores. Un módulo de accionamiento IRC5 puede contener nuevas unidades motrices y manejar seis ejes internos más dos ejes adicionales dependiendo del modelo del robot.

En el apartado de referencias, se adjunta el manual del operador de Robostudio.

3.2. PLC.

3.2.1. Hardware.

Para comenzar, el PLC actúa como maestro (master) de la operación, ya que es el encargado de recibir toda la información de la cámara de visión y demás sensores y enviar órdenes tanto al robot, como al grupo de soldadura como a la cámara de visión.

El hardware de esta parte, está compuesto por una CPU 1500 de la marca Siemens, más concretamente el modelo CPU1515F-2 PN.



Ilustración 28. CPU 1500.

Dentro de las familias de las CPU 1500, se escoge, como se ha dicho anteriormente, la CPU 1515-2 PN la cual se diferencia, como se muestra en la tabla siguiente, en el segmento de potencia, siendo estas para aplicaciones medianas y grandes, con una memoria de trabajo de 3,5 Megabytes y un tiempo de ejecución de operaciones con bits de 30 nanosegundos.

CPU	Segmento de potencia	Interfases PROFIBUS	Interfases PROFINET	Memoria de trabajo	Tiempo de ejecución de operaciones con bits
CPU 1511-1 PN	CPU estándar para aplicaciones pequeñas y medianas	--	1	1,15 Mbytes	60 ns
CPU 1511F-1 PN	CPU de seguridad para aplicaciones pequeñas y medianas	--	1	1,23 Mbytes	60 ns
CPU 1513-1 PN	CPU estándar para aplicaciones medianas	--	1	1,8 Mbytes	40 ns
CPU 1513F-1 PN	CPU de seguridad para aplicaciones medianas	--	1	1,95 Mbytes	40 ns
CPU 1515-2 PN	CPU estándar para aplicaciones medianas y grandes	--	2	3,5 Mbytes	30 ns
CPU 1515F-2 PN	CPU de seguridad para aplicaciones medianas y grandes	--	2	3,75 Mbytes	30 ns
CPU 1516-3 PN/DP	CPU estándar para tareas de comunicación y aplicaciones avanzadas	1	2	6 Mbytes	10 ns
CPU 1516F-3 PN/DP	CPU de seguridad para tareas de comunicación y aplicaciones avanzadas	1	2	6,5 Mbytes	10 ns
CPU 1517-3 PN/DP	CPU estándar para tareas de comunicación y aplicaciones exigentes	1	2	10 Mbytes	2 ns
CPU 1517F-3 PN/DP	CPU de seguridad para tareas de comunicación y aplicaciones exigentes	1	2	11 Mbytes	2 ns

Tabla 5. CPU 1515-2 PN.

Las interfaces PROFINET disponibles en el PLC permiten la comunicación simultánea con dispositivos PROFINET, controladores PROFINET, dispositivos HMI, programadoras, otros controladores y más sistemas. La CPU 1515-2 PN soporta el funcionamiento como controlador IO e I-Device.

Igualmente, otra de las funciones del PLC es como controlador IO. El PLC envía y recibe datos de los dispositivos IO conectados dentro de un sistema PROFINET IO, pudiéndose utilizar hasta con un máximo de 256 dispositivos IO.

Otra de sus funciones es la I-Device (Intelligent IO-Device). Este PLC no solo controla sus propios módulos centrales, sino que también intercambia datos con un controlador IO de nivel superior.

En cuanto al apartado de comunicación, este PLC tiene dos interfaces PROFINET, a explicar a continuación.

- La 1.^a interfaz PROFINET (X1) tiene dos puertos (P1R y P2R). Además de la funcionalidad básica de PROFINET, también soporta PROFINET IO RT (Realtime) e IRT (Isochronous Realtime). Solo en esta interfaz pueden configurarse la comunicación PROFINET IO y los ajustes en tiempo real. El puerto 1 y el puerto 2 también pueden utilizarse como puertos en anillo para el diseño de topologías en anillo redundantes en Ethernet (redundancia de medio).
- La 2.^a interfaz PROFINET (X2) tiene un puerto (P1) y soporta la funcionalidad básica de PROFINET, pero no la función de controlador IO/dispositivo IO. La funcionalidad básica de PROFINET soporta la comunicación HMI, la comunicación con el sistema de configuración, la comunicación con una red de nivel superior (backbone, router, Internet) y la comunicación con otra máquina o célula de automatización.

Además, el PLC contiene bloques de PLCopen para programar funciones de movimiento mediante PROFINET IO IRT con interfaz PROFIdrive. (Motion Control), al igual que contienen un regulador PID universal y un regulador de temperatura integrado.

Por otra parte, una vez descritas las características más destacadas de este tipo de PLC y, siguiendo con el hardware, se va a pasar a describir el PLC físicamente como tal.

- Vista frontal.

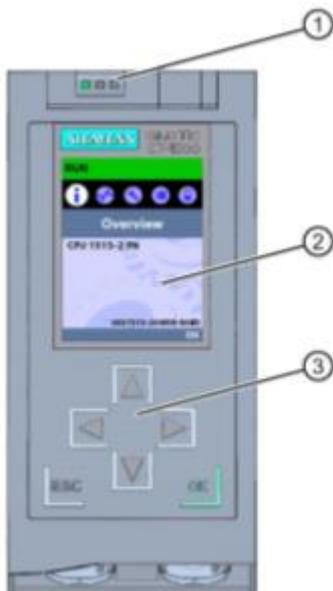


Ilustración 28. Vista frontal del PLC.

- Vista frontal del módulo sin tapa frontal.

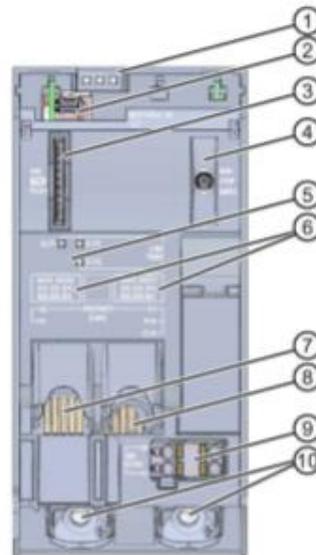


Ilustración 29. Vista frontal del módulo del PLC.

Siendo, de la vista frontal:

- 1.- Indicadores LED del estado operativo actual y el estado de diagnóstico del PLC.
- 2.- Display. 1.- Indicadores LED del estado operativo actual y el estado de diagnóstico del PLC.
- 3.- Teclas de mando.

Y de la vista frontal del módulo sin tapa:

- 1.- Indicadores LED del estado operativo actual y el estado de diagnóstico del PLC.
- 2.- Conexión del display.
- 3.- Ranura para la SIMATIC Memory Card.
- 4.- Selector de modo.
- 5.- Indicadores LED para los 3 puertos de las interfaces PROFINET X1 y X2.
- 6.- Direcciones MAC de las interfaces.
- 7.- Interfaz PROFINET (X2) con 1 puerto.
- 8.- Interfaz PROFINET IO (X1) con 2 puertos.
- 9.- Conexión para alimentación eléctrica.
- 10.- Tornillos de fijación.

- Vista posterior del módulo.

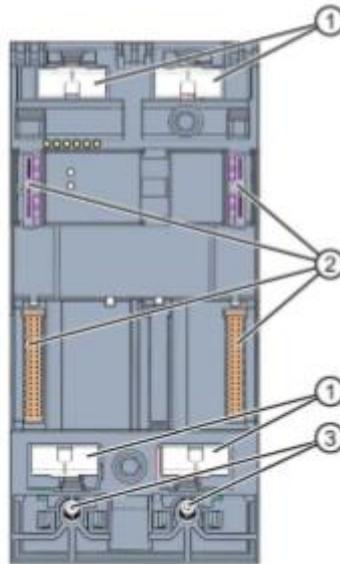


Ilustración 29. Vista posterior del módulo del PLChab.

Siendo:

- 1.- Superficies de contactado de la pantalla.
- 2.- Unión por conector para bus de fondo.
- 3.- Tornillos de fijación.

El PLC, por otra parte, tiene un selector de tres posiciones en las que se puede ajustar el modo de operación de la misma, siendo estas posiciones las que se recogen en la siguiente tabla.

Posición	Significado	Explicación
RUN	Modo RUN	La CPU procesa el programa de usuario.
STOP	Modo STOP	El programa de usuario no se ejecuta.
MRES	Borrado total	Posición para efectuar un borrado total de la CPU.

Ilustración 30. Modos de operaciones del PLC.

- **Funciones.**

Esta CPU desarrolla dos tipos de funciones: PROFINET IO y PROFIenergy.

1. PROFINET IO.

Para comenzar a hablar de PROFINET IO, es cuanto menos recomendable definir qué es el PROFINET.

PROFINET es un estándar de bus de campo dentro de la organización de usuarios PROFIBUS que define un modelo de comunicación y de ingeniería no propietario

PROFINET IO es un concepto de comunicación para la realización de aplicaciones modulares descentralizadas, que permite tiempos de reacción definidos y un comportamiento de la instalación de alta precisión.

En cuanto a la composición, un sistema PROFINET IO consta de los siguientes dispositivos:

- Controlador IO: dispositivo a través del cual se direccionan los dispositivos IO conectados.
- Dispositivo IO: aparato de campo descentralizado que está asignado a un controlador IO.

El modo de operación Controlador PROFINET IO permite el acceso directo a dispositivos IO a través de Industrial Ethernet.

Por otra parte, las características generales de PROFINET IO son las siguientes:

- Comunicación en tiempo real.
- Comunicación Isochronous Real-Time.
- Arranque preferente.
- Redundancia de medio.
- Sustitución de dispositivos sin medio de almacenamiento extraíble.
- I-device.
- Controlador IO.
- Shared device.

2. PROFIenergy.

PROFIenergy es una interfaz de datos basadas en PROFINET la cual permite desconectar cargas de forma coordinada y descentralizada durante pausas independientemente del fabricante y del dispositivo. De esta manera, se pretende suministrar al proceso únicamente la energía absolutamente necesaria.

A parte de estas dos funciones principales, este tipo de CPU también tienen las funciones de borrado total, el cual borra todas las memorias internas y el restablecimiento de la configuración de fábrica de la propia CPU.

- **Conexión.**

En esta parte, se va a comentar el conexionado de la CPU, tanto la alimentación como la interfaz.

1. Tensión de alimentación.

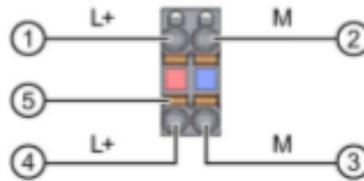


Ilustración 31. Conexionado de alimentación

Siendo:

- 1.- + 24 V. DC de la tensión de alimentación.
- 2.- Masa de tensión de alimentación.
- 3.- Masa de la tensión de alimentación para redistribución.
- 4.- + 24 V. DC de la tensión de alimentación para redistribución.
- 5.- Mecanismo de apertura por resorte.

Estando puenteados internamente los puntos 1 y 5 y también el 2 y 3.

2. Interfaz PROFINET X1 con switch de 2 puertos.

La siguiente tabla muestra la asignación de conexiones de la interfaz PROFINET con switch de 2 puertos. La asignación corresponde al estándar Ethernet de un conector RJ45.

Vista	Señal		Denominación
<p>Puerto 1 (delante)</p> <p>Puerto 2 (detrás)</p>	1	TD	Transmit Data +
	2	TD_N	Transmit Data -
	3	RD	Receive Data +
	4	GND	Ground
	5	GND	Ground
	6	RD_N	Receive Data -
	7	GND	Ground
	8	GND	Ground

Tabla 6. Conexiones PROFINET.

3. Interfaz PROFINET X2 con 1 puerto.

La asignación de las conexiones de las interfaces PROFINET X1 y X2 es idéntica

4. Asignaciones de direcciones MAC:

La CPU 1515-2 PN posee dos interfaces PROFINET. La primera de ellas, dispone de dos puertos. Cada interfaz PROFINET tiene una dirección MAC y cada puerto PROFINET tiene otra dirección MAC propia, de modo que para la CPU 1515-2 PN hay un total de cinco direcciones MAC.

A continuación, se indica como se asignan las direcciones MAC.

	Asignación	Rotulación
Dirección MAC 1	Interfaz PROFINET X1 (visible en STEP 7 en dispositivos accesibles)	<ul style="list-style-type: none"> Grabada a láser en el frente Grabada a láser en el lado derecho (inicio del rango numérico)
Dirección MAC 2	Puerto X1 P1 R (necesario, p. ej., para LLDP)	<ul style="list-style-type: none"> Frente y lado derecho sin grabar
Dirección MAC 3	Puerto X1 P2 R (necesario, p. ej., para LLDP)	<ul style="list-style-type: none"> Frente y lado derecho sin grabar
Dirección MAC 4	Interfaz PROFINET X2 (visible en STEP 7 en dispositivos accesibles)	<ul style="list-style-type: none"> Grabada a láser en el frente No grabada con láser en el lado derecho
Dirección MAC 5	Puerto X2 P1 (necesario, p. ej., para LLDP)	<ul style="list-style-type: none"> Frente sin grabar Grabada a láser en el lado derecho (fin del rango numérico)

Tabla 7. Asignaciones de direcciones MAC.

En cuanto a la indicación de estados y erros en la CPU, tales como alarmas, avisos de diagnóstico, etc. La CPU contiene una serie de LEDS para ello, que se muestran en la figura siguiente.

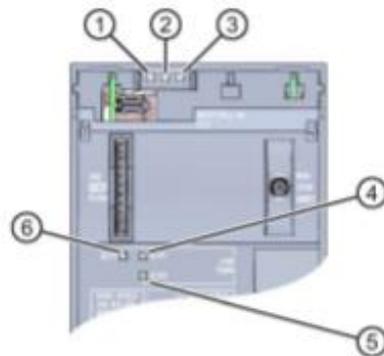


Ilustración 32. Ubicación de los LEDS en el PLC.

Siendo:

- 1.- LED RUN/STOP – LED amarillo/verde.
- 2.- LED ERROR – LED rojo
- 3.- LED MAINT – LED Amarillo
- 4.- LED LINK RX/TX para puerto X1 P1 (LED Amarillo/verde)
- 5.- LED LINK RX/TX para puerto X1 P2 (LED Amarillo/verde)
- 6.- LED LINK RX/TX para puerto X2 P1 (LED Amarillo/verde)

En cuanto a los significados de los mismos, se recoge en la siguiente tabla:

LED RUN/STOP	LED ERROR	LED MAINT	Significado
 LED apagado	 LED apagado	 LED apagado	Tensión de alimentación nula o muy baja en la CPU.
 LED apagado	 LED parpadea en rojo	 LED apagado	Se ha producido un error.
 LED encendido en verde	 LED apagado	 LED apagado	La CPU se encuentra en estado operativo RUN.
 LED encendido en verde	 LED parpadea en rojo	 LED apagado	Hay un evento de diagnóstico.
 LED encendido en verde	 LED apagado	 LED encendido en amarillo	Se ha solicitado mantenimiento para la instalación. En un breve período de tiempo debe realizarse una comprobación/sustitución del hardware afectado.
			Petición de forzado activa
			Pausa PROFienergy
 LED encendido en verde	 LED apagado	 LED parpadea en amarillo	Existe necesidad de mantenimiento de la instalación. En un período de tiempo previsible debe realizarse una comprobación/sustitución del hardware afectado.
			Configuración incorrecta
 LED encendido en amarillo	 LED apagado	 LED parpadea en amarillo	La actualización del firmware ha finalizado correctamente.
 LED encendido en amarillo	 LED apagado	 LED apagado	La CPU se encuentra en estado operativo STOP.
 LED encendido en amarillo	 LED parpadea en rojo	 LED parpadea en amarillo	El programa de la SIMATIC Memory Card causa un error.
			CPU defectuosa
 LED parpadea en amarillo	 LED apagado	 LED apagado	La CPU realiza actividades internas mientras está en STOP, p. ej. arranque después de STOP.
			Carga del programa de usuario de la SIMATIC Memory Card

Tabla 8. LEDS RUN/STOP.

LED LINK TX/RX	Significado
 LED apagado	No existe conexión Ethernet entre la interfaz PROFINET del dispositivo PROFINET y su interlocutor. En estos momentos no se están recibiendo/enviando datos a través de la interfaz PROFINET. Conexión LINK no establecida.
 LED parpadea en verde	Se realiza el "test de intermitencia de LED".
 LED encendido en verde	No existe conexión Ethernet entre la interfaz PROFINET del dispositivo PROFINET y un interlocutor.
 LED titila en amarillo	En estos momentos se están recibiendo/enviando datos desde un interlocutor de la Ethernet a través de la interfaz PROFINET del dispositivo PROFINET.

Tabla 9. LEDS LINK TX/RX.

3.2.2. Software.

En cuanto al software utilizado para programar la CPU, se ha utilizado para ello la herramienta SIEMENS de TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). Antes de seguir avanzando con la programación de la CPU, se va a explicar de manera superficial en qué consiste dicho software.

Esta aplicación permite programar una gran variedad de PLCs SIEMENS, como es el caso. Con este software, como se ha comentado antes, se va a realizar la programación del PLC y volcarlo mediante comunicación PROFINET al autómeta.

El lenguaje utilizado para la programación del proceso ha sido el de esquema de contactos, conocido en el entorno de TIA Portal como KOP. Este lenguaje supone una representación horizontal de la lógica cableada del proceso.

Con el direccionamiento en TIA Portal, se declaran las entradas y salidas del sistema. Las entradas, se representan con la letra %E y las salidas con la letra %Q, mientras que las variables internas con la letra %M. Importante recalcar que las entradas y salidas de los PLC agrupan en conjuntos de 8, denominados estos como byte, recibiendo cada uno de estos un número, lo que se le conoce como la dirección de byte.

Por otra parte, el programa que se ejecutará de manera continua mientras que el PLC está en modo funcionamiento (RUN) se escribe en los bloques funcionales OB (Organization Block). TIA Portal también contiene otros tipos de bloques como los DB (Data Block) que recogen todas las variables usadas.

Entre las variables más usadas se encuentran las siguientes:

- Bool: varibale boolena (binaria) de 1 Bit.
- INT: Entero de 16 Bits.
- Real: Real de 32 Bits.
- DINT: Entero doble de 32 Bits.
- Array: vector, de 0 a 128 Bits.

En cuanto a los elementos que el programa TIA Portal permite son los siguientes:

Representación	Descripción
-- --	Contacto normalmente abierto (NO): La activación de un contacto normalmente abierto depende del estado lógico del operando correspondiente. Si el estado lógico del operando es "1", se cierra el contacto normalmente abierto y el estado lógico de la entrada se transfiere a la salida. Si el estado lógico del operando es "0", el contacto normalmente abierto no se activa y el estado lógico de la salida de la instrucción se pone a "0".
-- / --	Contacto normalmente cerrado (NC): La activación de un contacto normalmente cerrado depende del estado lógico del operando correspondiente. Si el estado lógico del operando es "1", se abre el contacto normalmente cerrado y el estado lógico de la salida de la instrucción se pone a "0". Si el estado lógico del operando es "0", no se activa el contacto normalmente cerrado y el estado lógico de la entrada se transfiere a la salida.
---()---	Asignación: La instrucción "Asignación" permite activar el bit de un operando indicado. Si el resultado lógico (RLO) en la entrada de la bobina es "1", el operando indicado adopta el estado lógico "1". Si el estado lógico de la entrada de la bobina es "0", el bit del operando indicado se pone a "0".
---(S)---	Activas salida: Mediante la instrucción "Activar salida" se pone a "1" el estado lógico de un operando indicado. La instrucción se ejecuta solo si el resultado lógico (RLO) de la entrada de la bobina es "1". Si fluye corriente hacia la bobina (RLO = "1"), el operando indicado se pone a "1". Si el RLO de la entrada de la bobina es "0" (no hay flujo de señales en la bobina), el estado lógico del operando indicado no cambia.
---(R)---	Desactivar salida: La instrucción "Desactivar salida" permite poner a "0" el estado lógico de un operando indicado. La instrucción se ejecuta solo si el resultado lógico (RLO) de la entrada de la bobina es "1". Si fluye corriente hacia la bobina (RLO = "1"), el operando indicado se pone a "0". Si el RLO de la entrada de la bobina es "0" (no hay flujo de señales en la bobina), el estado lógico del operando indicado no cambia.

Ilustración 33. Significado de los contactos.

Una vez explicado un poco el funcionamiento del software, sus funciones básicas y los elementos, se pasará a comentar la interfaz gráfica del mismo.

Una vez que se inicia, se muestra una pantalla como la que se expone a continuación. Dicha pantalla nos da la opción de crear un proyecto nuevo, abrir uno creado con anterioridad o migrar un proyecto.

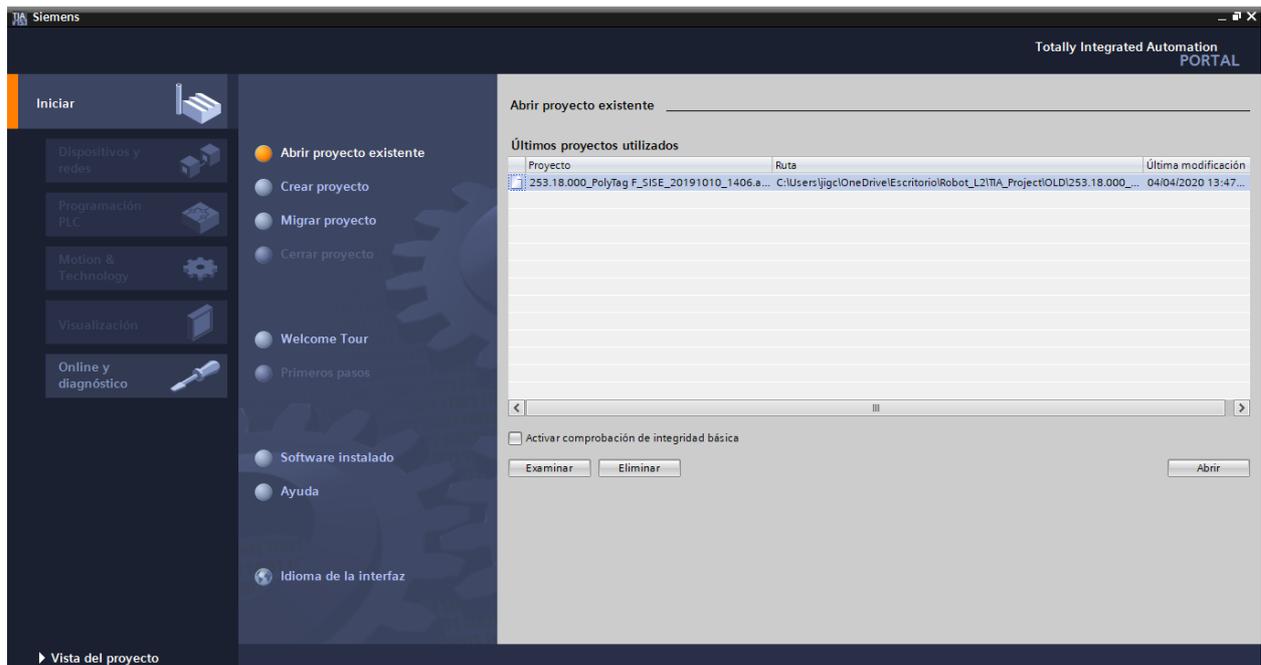


Ilustración 34. Pantalla de inicio de TIA Portal.

Es curioso recalcar la opción de Welcome Tour, ya que redirige a la página de Siemens donde hay información y vídeos sobre el uso del propio programa.

Tanto en las opciones de abrir proyecto existente como la de crear pantalla, lo que aparece es la siguiente figura.

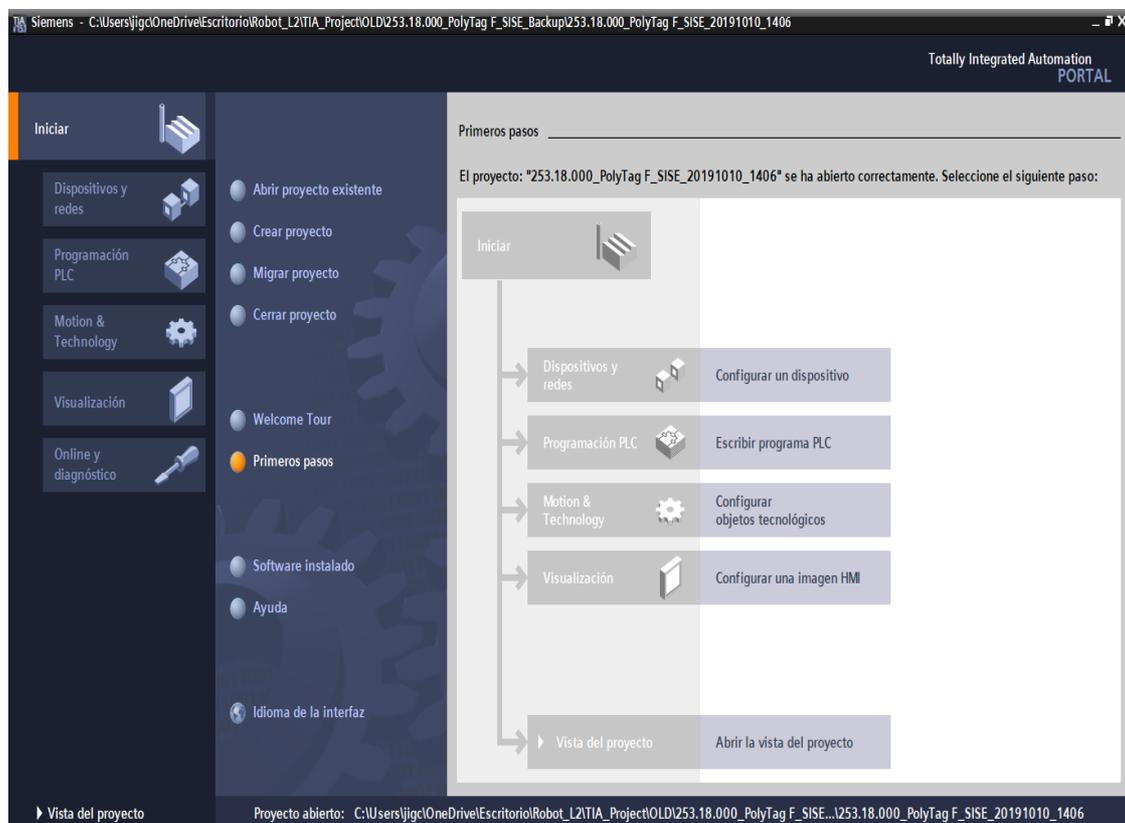


Ilustración 35. Pantalla de inicio de TIA Portal.

Una vez que se le da a abrir la vista del proyecto, aparecerá la siguiente pantalla

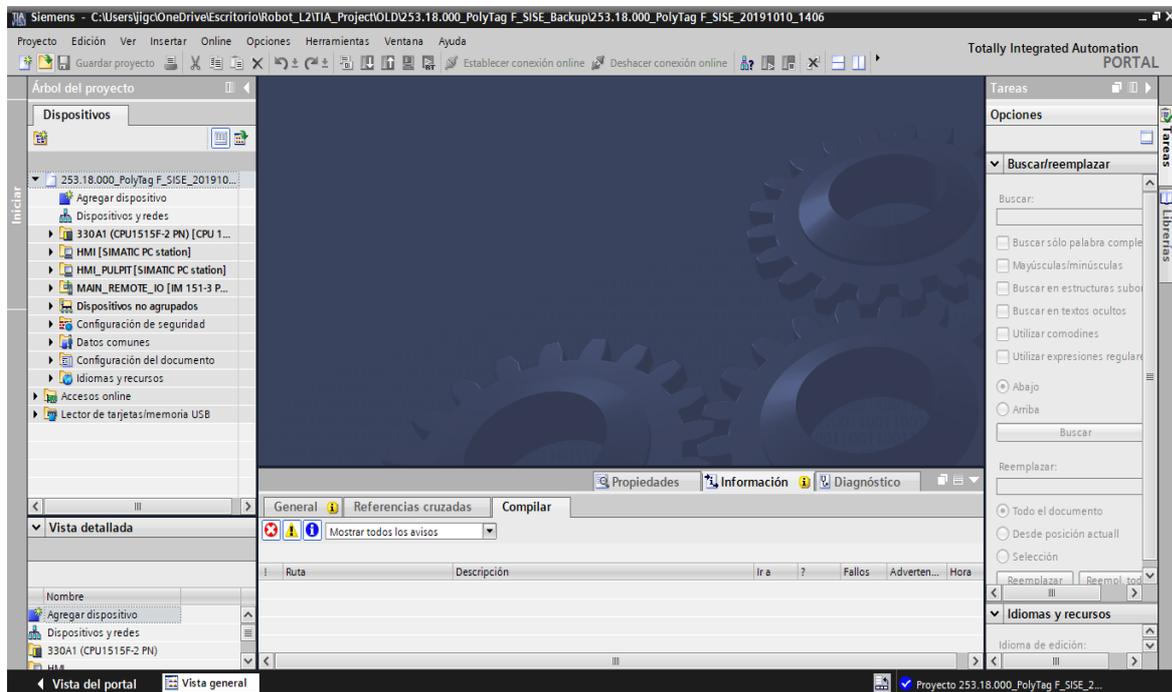


Ilustración 36. Pantalla principal de TIA Portal.

En los siguientes puntos, se va a explicar cómo añadir el hardware del PLC en el software del TIA Portal para su posterior programación. Para ello, se va a dividir en tantos puntos como componentes existentes.

- PLC.

Para comenzar, se va a añadir en el software el componente central del proyecto, el PLC.

Como se observa, en la vista del proyecto, es posible añadir dispositivos y crear redes entre ellos. Si se le da a agregar dispositivo, para agregar el PLC, aparecerá la siguiente pantalla.

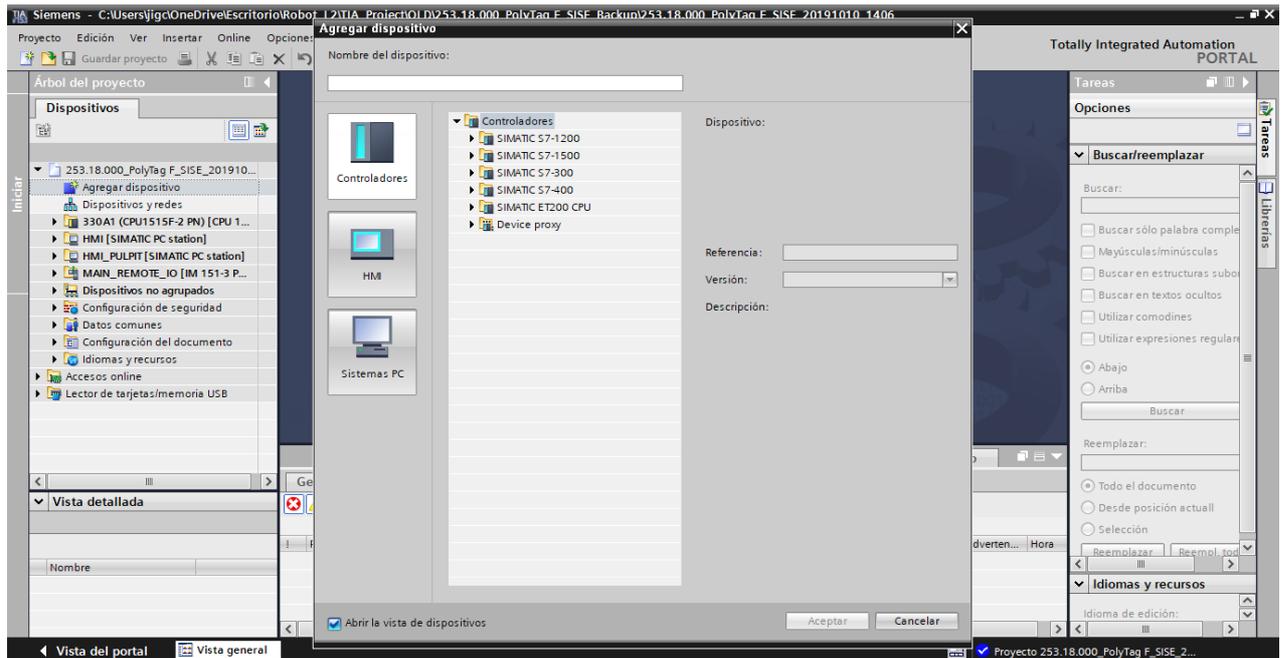


Ilustración 37. Pantalla para agregar dispositivos.

A continuación, aparecen todos los tipos de PLC programables con el software, pulsando en el que se corresponde a este trabajo, SIMATIC S7-1500, y abriendo las CPU, aparecen todas las disponibles por el software. Pulsando nuevamente en la CPU 1515-2 PN, que es la que se corresponde en este caso, aparecen dos opciones entre las cuales, se coge la 6ES7 515-2AM01-0AB0. La única diferencia respecto a la otra opción que dan a elegir es la versión del firmware, que esta es la 2.6 mientras que la otra es 1.8. Una vez que se acepta, aparece la siguiente pantalla.

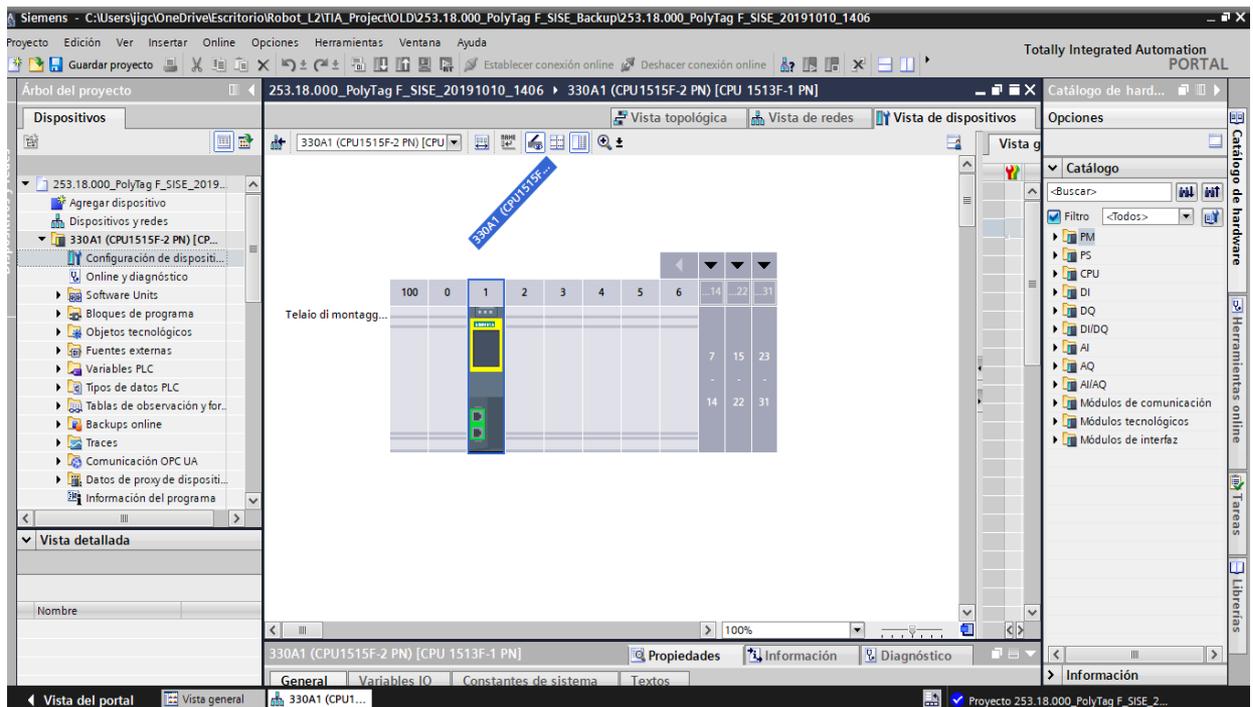


Ilustración 38. Pantalla del dispositivo del PLC.

De esta manera, queda agregado al software el tipo de PLC que se va a programar.

- Estación de PC

A continuación, se van a agregar las dos estaciones de PC desde donde se va a controlar toda la estación del robot. Una de ellas, está dentro del propio habitáculo del robot mientras que la otra está en el pupitre del empaquetado de la laminación 2.

Para ello, dentro del software, se va a pulsar nuevamente agregar dispositivo. Nuevamente, aparece la siguiente pantalla.

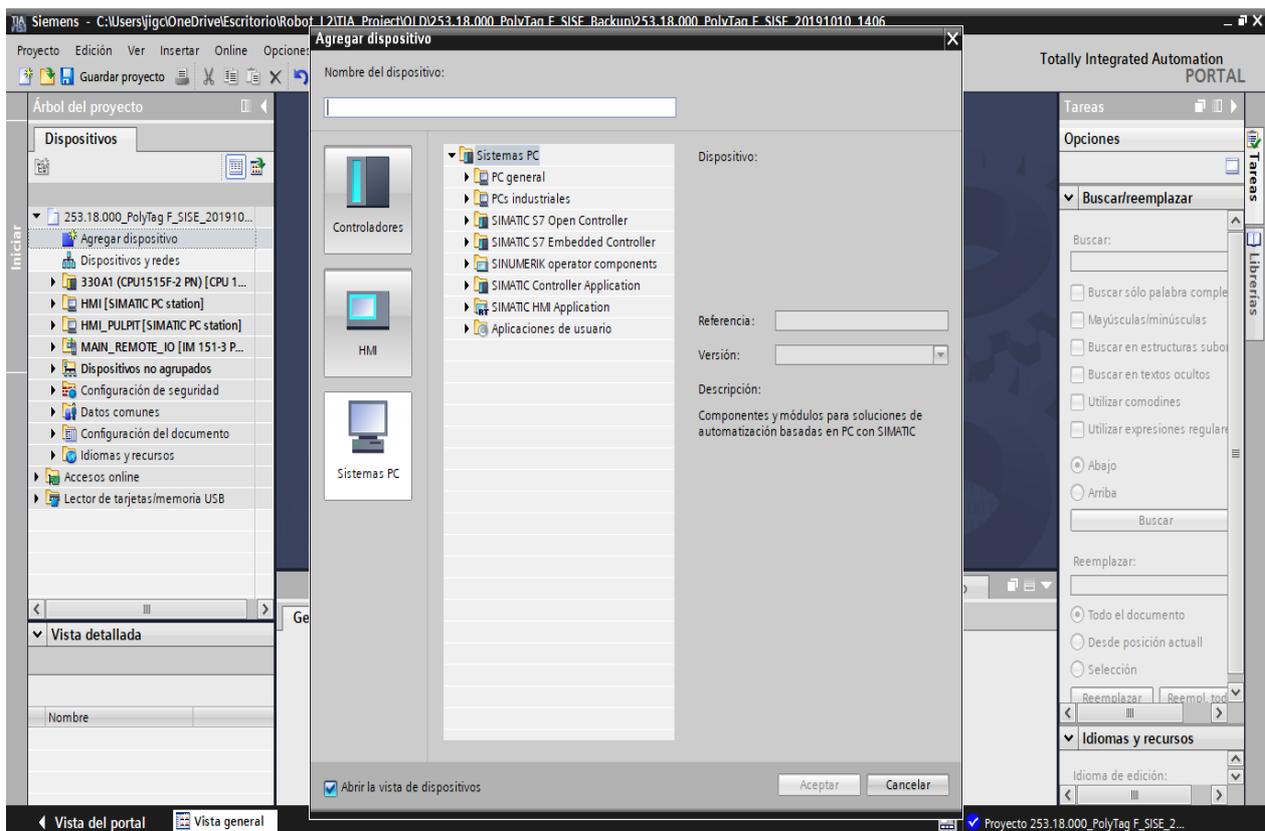


Ilustración 39. Pantalla para agregar una estación de PC.

Pulsando en PC general y, después, en estación PC, se tendría la estación de PC creada. A esta estación, habría que añadirle la tarjeta de red del propio PC, así como el software necesario para la visualización basada en el PC.

Para el primero de ellos, en la columna de la derecha de catálogo, se pueden ver varias opciones. Pulsando en módulos de comunicación y, a su vez, en PROFINET/Ethernet, debido a que la comunicación será a través de la misma. Una vez dentro de esa opción, se pulsa en IE general, añadiendo la tarjeta de red del PC.

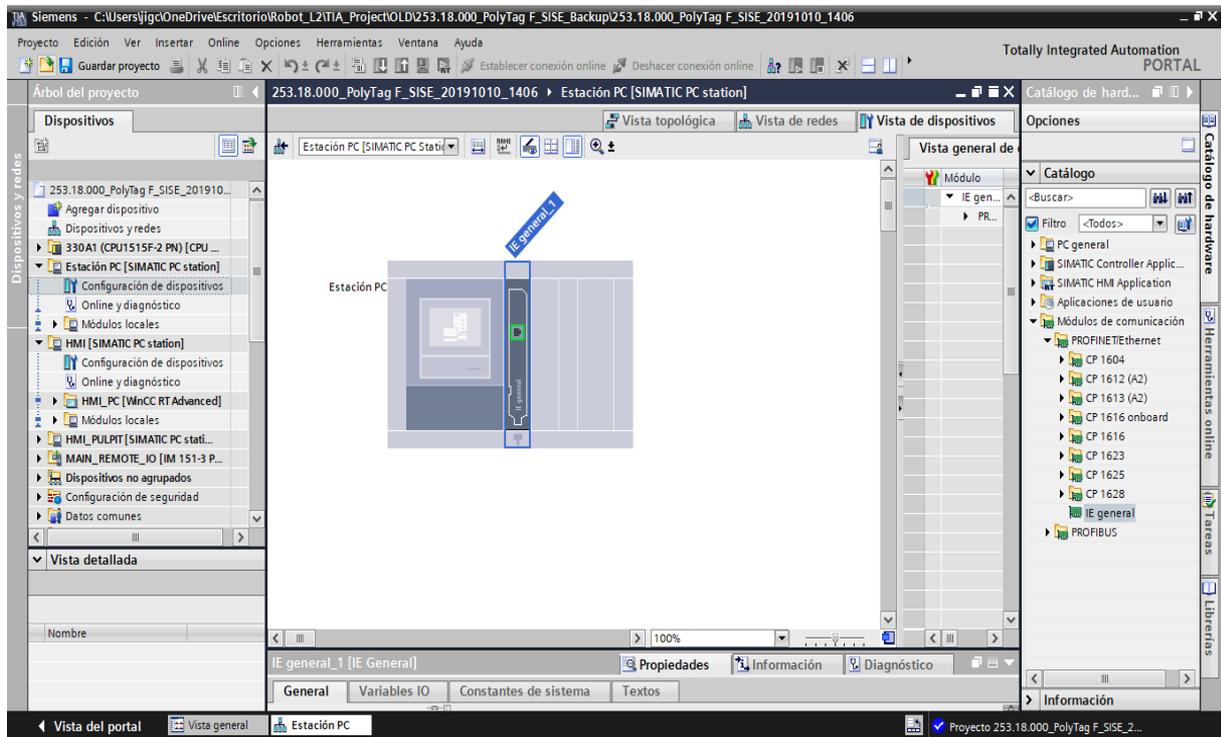


Ilustración 40. Estación de PC.

Para agregar también el software de visualización para el PC, habría que darle nuevamente a agregar dispositivo. Una vez dentro de esta pantalla, en la opción de sistemas PC, se entraría dentro de la opción SIMATIC HMI A

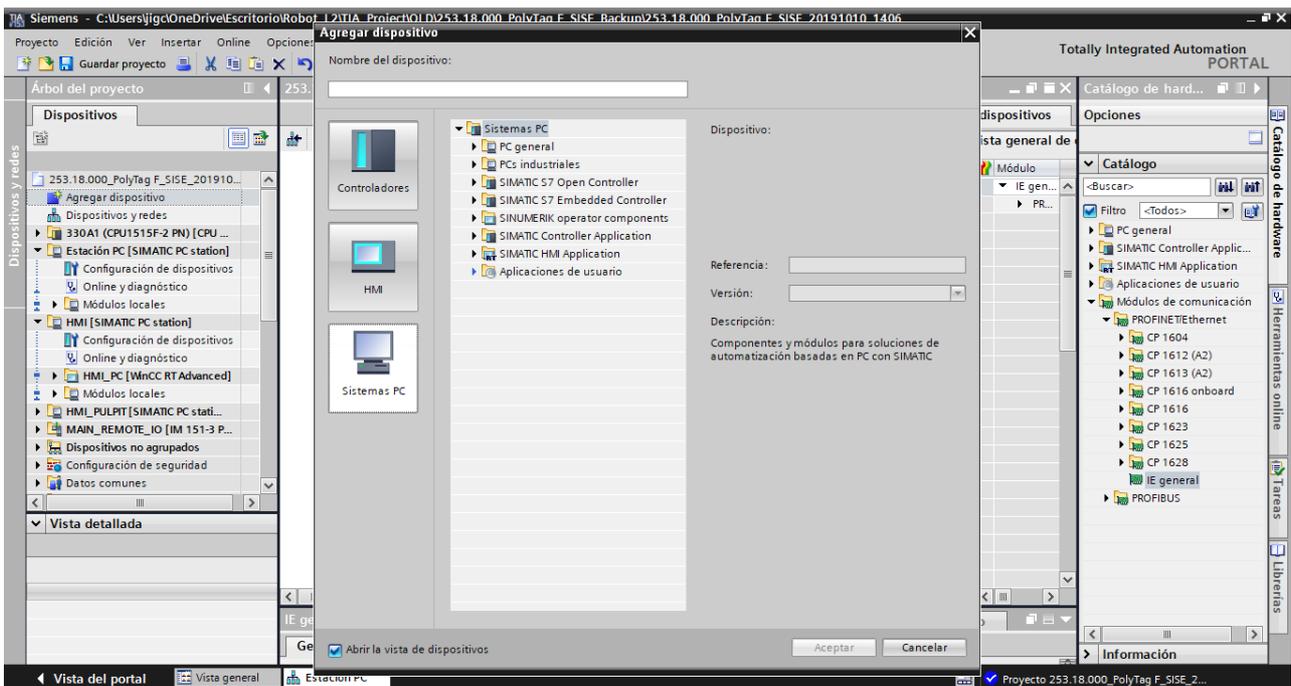


Ilustración 41. Pantalla para conectar WinCC al PC.

Para agregar también el software de visualización para el PC, habría que darle nuevamente a agregar dispositivo y dentro de este a la opción de WinCC RT Advanced, obteniendo la siguiente pantalla.

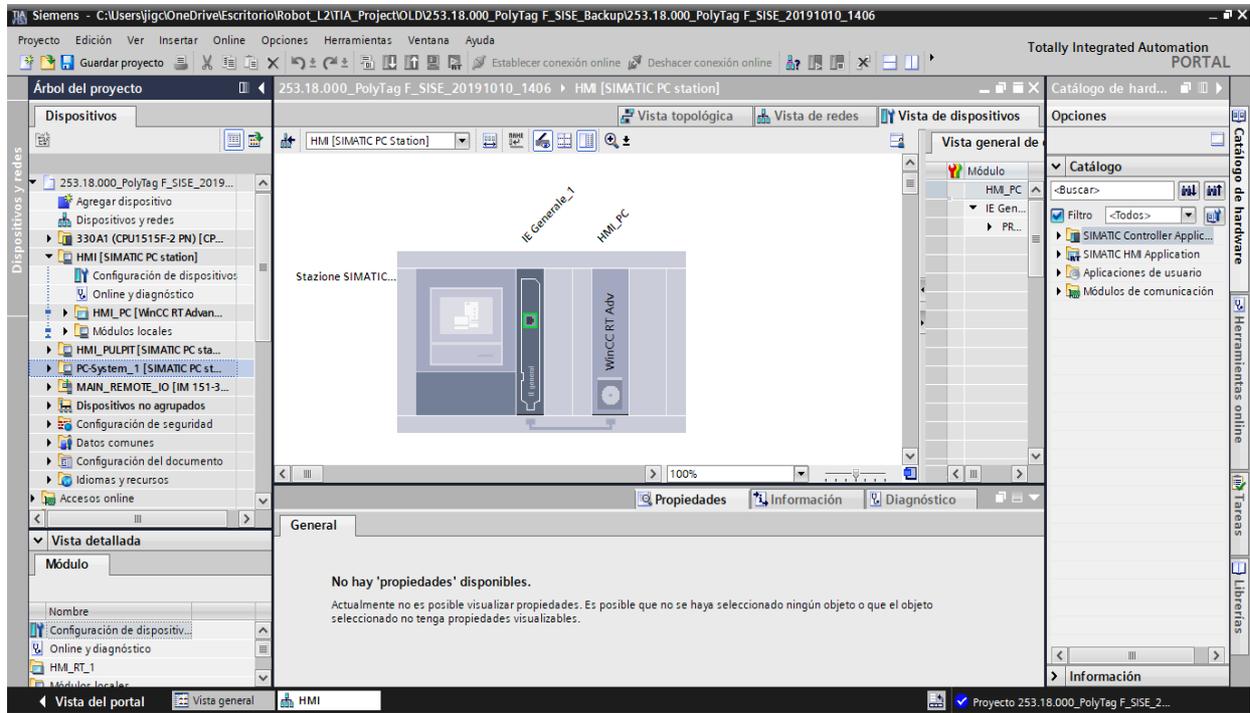


Ilustración 42. Pantalla con WinCC conectado al PC.

Habría que recordar, que esta secuencia de pasos, se ha hecho por dos veces, debido a que como ya se dijo con anterioridad, existen dos puestos de PC.

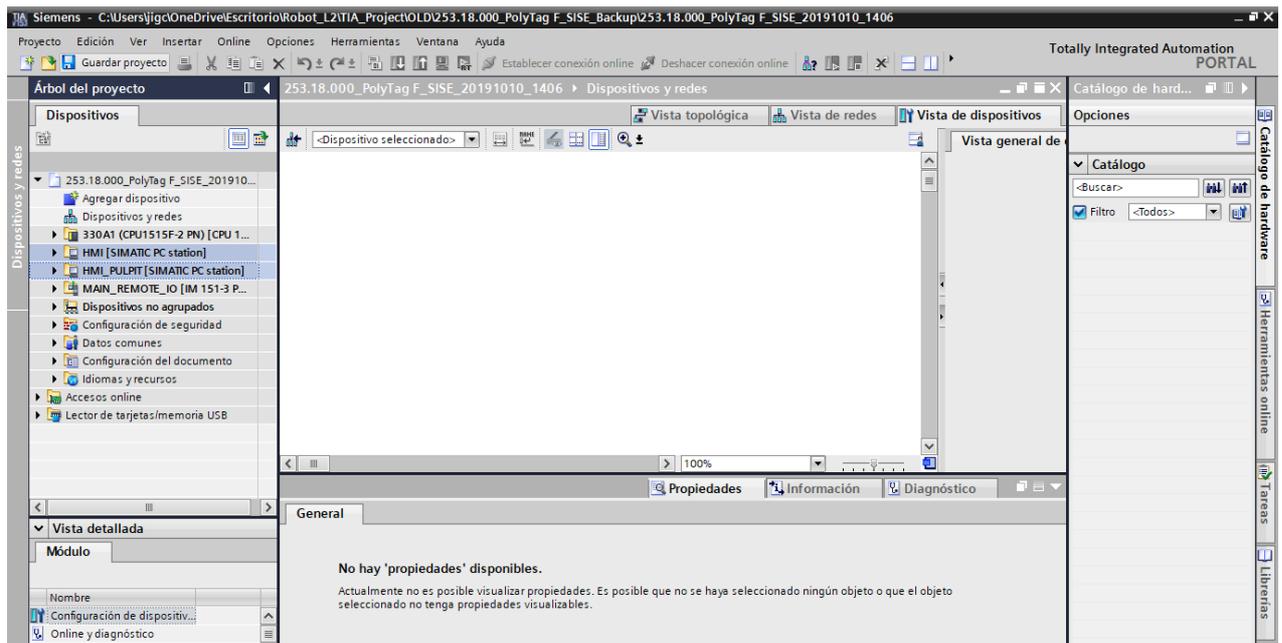


Ilustración 43. Agregar otra estación de PC.

- Módulo de interfaz ET 200S

A continuación, una vez añadido los dos PC y el PLC, se va a agregar el último de los dispositivos, que será el módulo de interfaz ET 200S. En este caso, el tipo es una IM 151-3 PN.

Un módulo de interfaz ET 200S es un sistema de periferia descentralizada altamente escalable y flexible que permite conectar las señales del proceso a un controlador central a través de un bus de campo. El ET 200S soporta los buses de campo PROFIBUS DP y PROFINET IO. El ET 200S, se conecta a PROFINET IO mediante un conector para PROFINET IO al módulo de interfaz IM151-3.

Para agregar este dispositivo, se va a abrir de nuevo la pantalla de agregar dispositivo. Dentro de la opción de controladores, se va a abrir la carpeta de SIMATIC ET200 CPU y una vez dentro, se abrirá la carpeta ET200S CPU.

Llegados a este punto, se va a abrir cualquiera de las opciones IM que ofrece el software. Se va a hacer de esta manera porque una vez abierto cualquier módulo de interfaz ET200S de la misma familia que la que se busca, el programa ofrece un catálogo más amplio.

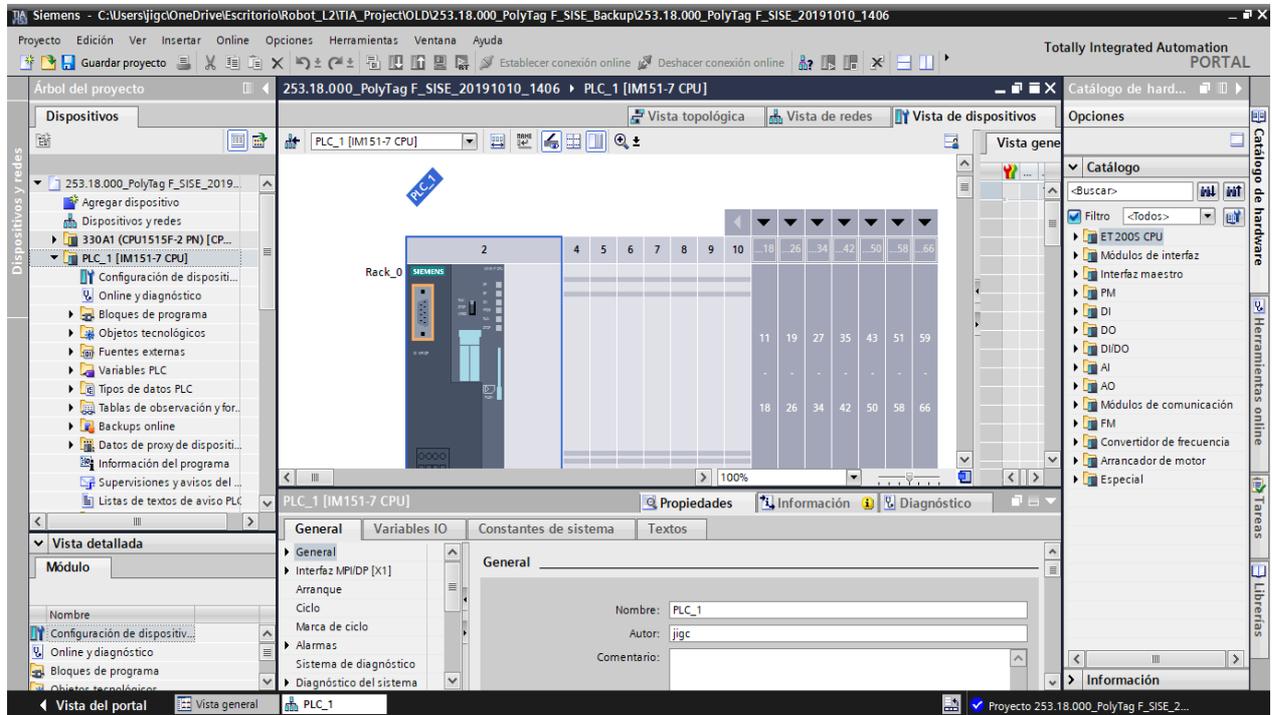


Ilustración 44. Pantalla del módulo de interfaz ET200 S.

En la columna de la derecha, se puede ver un catálogo mucho más amplio. Si abrimos la opción de módulos de interfaz y a su vez, PROFINET, se verá que se encuentra el ET200 S que se ha instalado físicamente, la IM 151-3 PN.

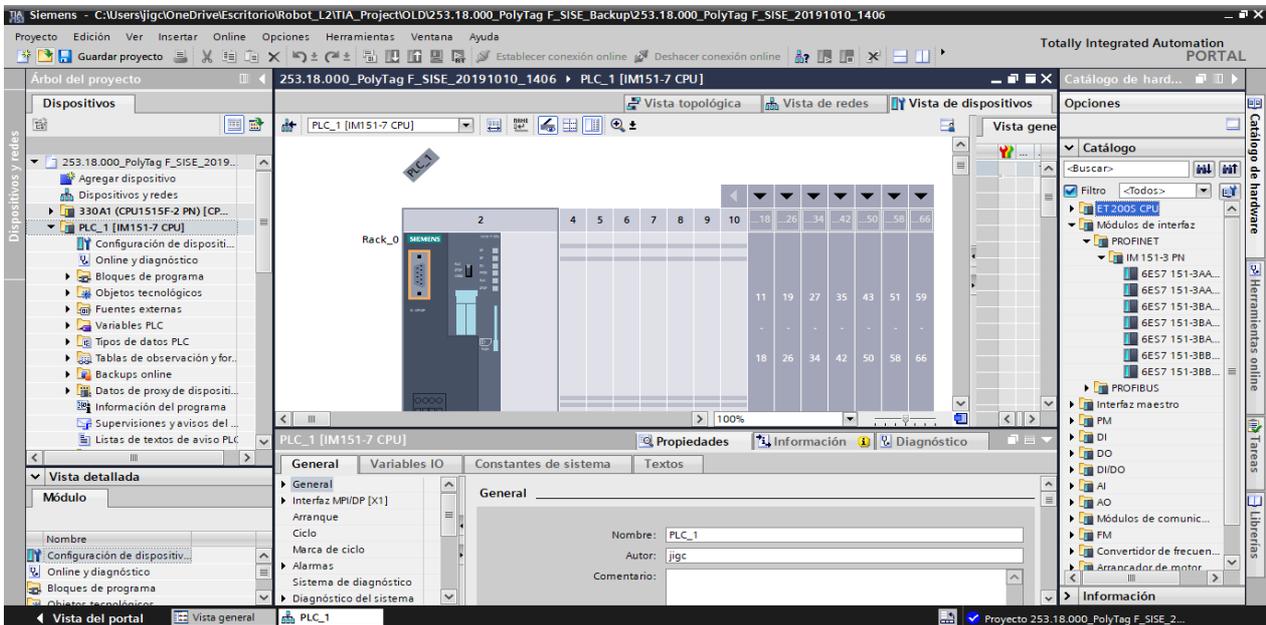


Ilustración 45. Pantalla para agregar la ET200 S del tipo PROFINET.

De entre todas las opciones, se va a seleccionar la 6ES7 1513BA23-0AB0

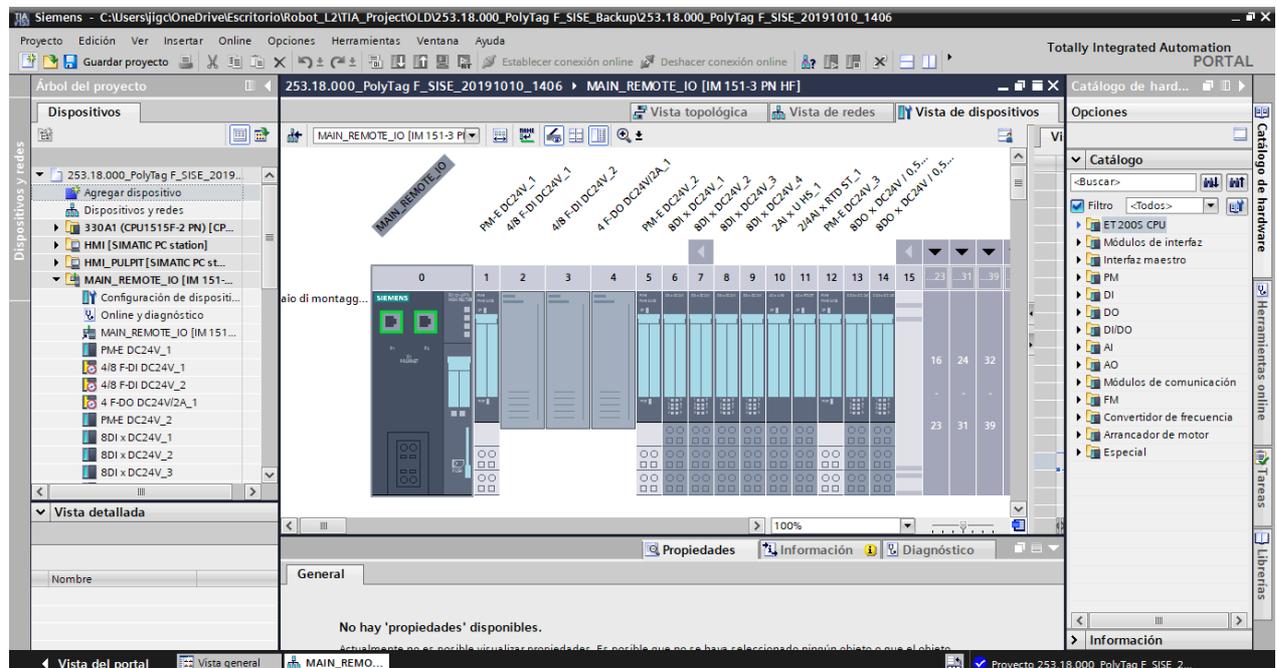


Ilustración 46. Pantalla de ET200 S.

A continuación, se añade todos y cada una de las tarjetas que van acopladas a la ET200 S.

La primera que aparece, es un módulo de potencia para módulos electrónicos de 24 V en corriente continua. Para añadirla, en la columna de catálogo, abriendo la carpeta de PM, se encuentra dicho módulo.

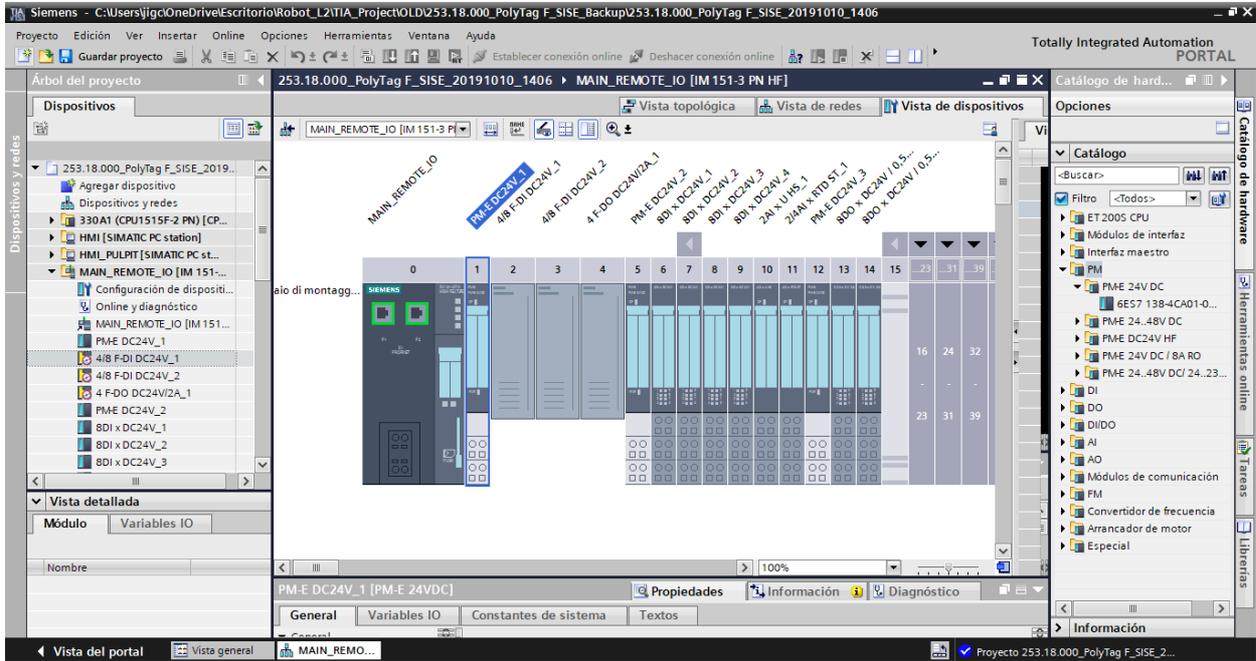


Ilustración 47. Pantalla de ET200 S.

Dicho módulo de potencia, alimentará a las tarjetas de entradas y salidas digitales dedicadas a la seguridad y emergencia.

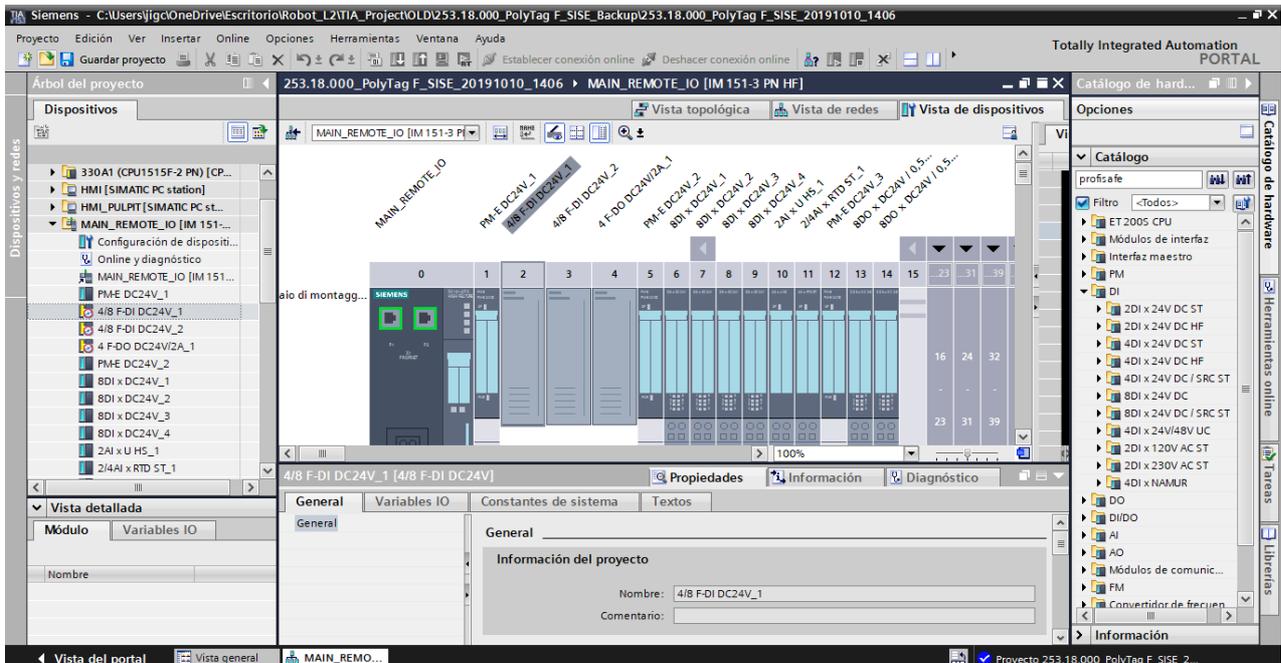


Ilustración 48. Pantalla de ET200 S.

A continuación, por el mismo método que antes, se añade otro módulo de potencia el cual alimentará a un total de 6 tarjetas, de entradas digitales y 2 de salidas analógicas. Para ello, en la columna de catálogos, abriendo las carpetas correspondientes de digital inputs o analogic inputs se pueden ir añadiendo las correspondiente según el número de entradas o salidas que se corresponda.

Por último, se añadiría de nuevo otro módulo de potencia para módulos electrónicos, añadiendo dos tarjetas de 8 salidas digitales cada una.

De esta manera, estaría completa la ET200 S de la misma manera que se encuentra físicamente.

- Robot

Por último, existen dos partes aún por añadir y configurar, que se han juntado en la carpeta de dispositivos no agrupados

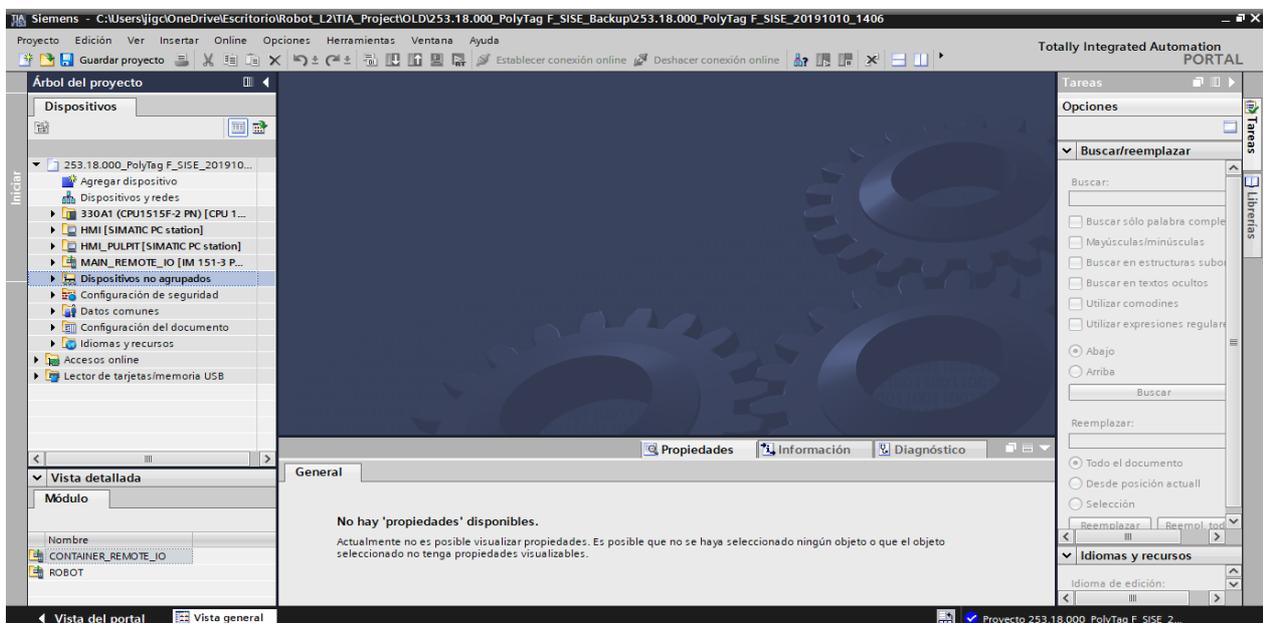


Ilustración 49. Pantalla principal de TIA Portal.

Abriendo la carpeta, se encuentran las dos últimas partes a configurar, como toda la sensorística del interior del habitáculo del robot, así como el propio robot.

Comenzando por la parte del container, si se abre la configuración de dispositivos, se tiene la siguiente pantalla

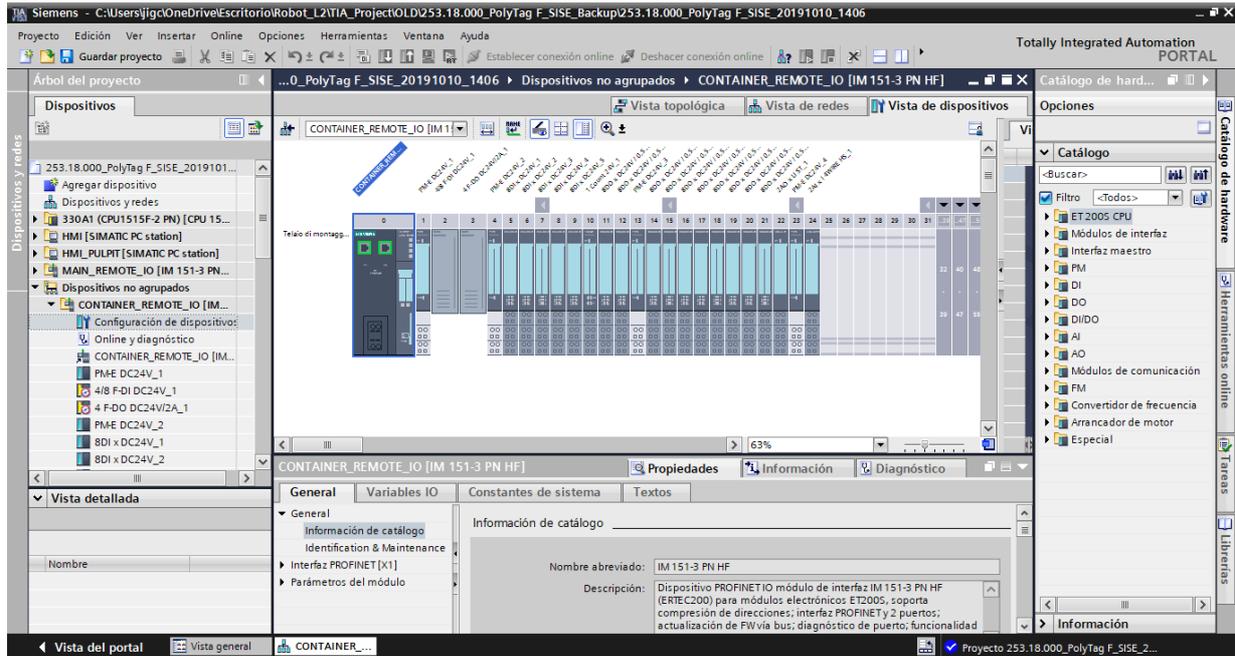


Ilustración 50. Pantalla con la ET200 S. del habitáculo.

Como se observa, sigue el mismo patrón que la ET200 S comentada anteriormente, con un módulo IM151-3 PN, sus correspondientes módulos de potencias y las diferentes tarjetas de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.

Por último, abriendo la carpeta, se tiene la siguiente pantalla

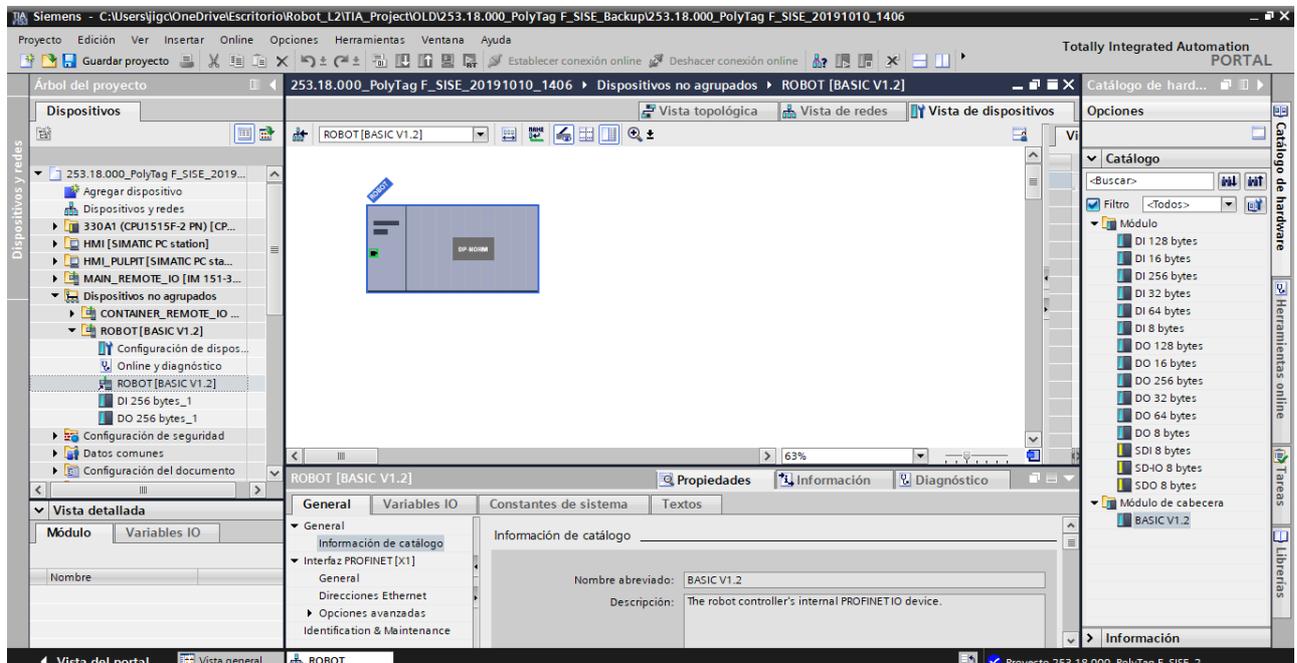


Ilustración 51. Pantalla del dispositivo del robot.

Como se ve, en el catálogo se ha seleccionado dentro del módulo de cabecera, el tipo BASIC V1.2, el cual es un dispositivo interno PROFINET IO del controlador interno del robot, el cual va a permitir que esté comunicado con el PLC a través de PROFINET.

- Red PROFINET.

Una vez que se tienen todos los dispositivos agregados y configurados con sus tarjetas correspondiente, se va a realizar la conexión entre todos ellos, formando un único conjunto, a través de comunicación PROFINET.

Para ello, basta con pulsar en la vista de redes, abriéndose la siguiente pantalla

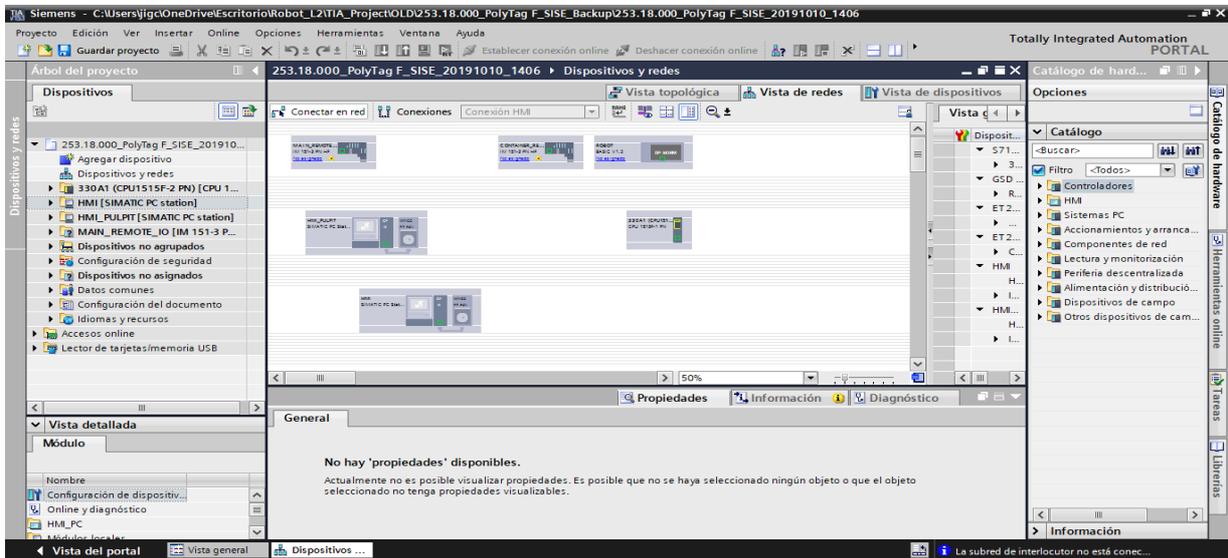


Ilustración 52. Pantalla con todos los dispositivos agregados.

Como se puede observar, aparecen todos y cada uno de los dispositivos que se han ido añadiendo con anterioridad: el PLC, las dos estaciones de PC, las dos ET200 y el Robot.

Para establecer la comunicación PROFINET entre ellos, basta con pulsar en uno de los cuadrados verdes, que son los puertos del mismo, y unirlos con los restantes. De esta manera, se quedaría la siguiente red.

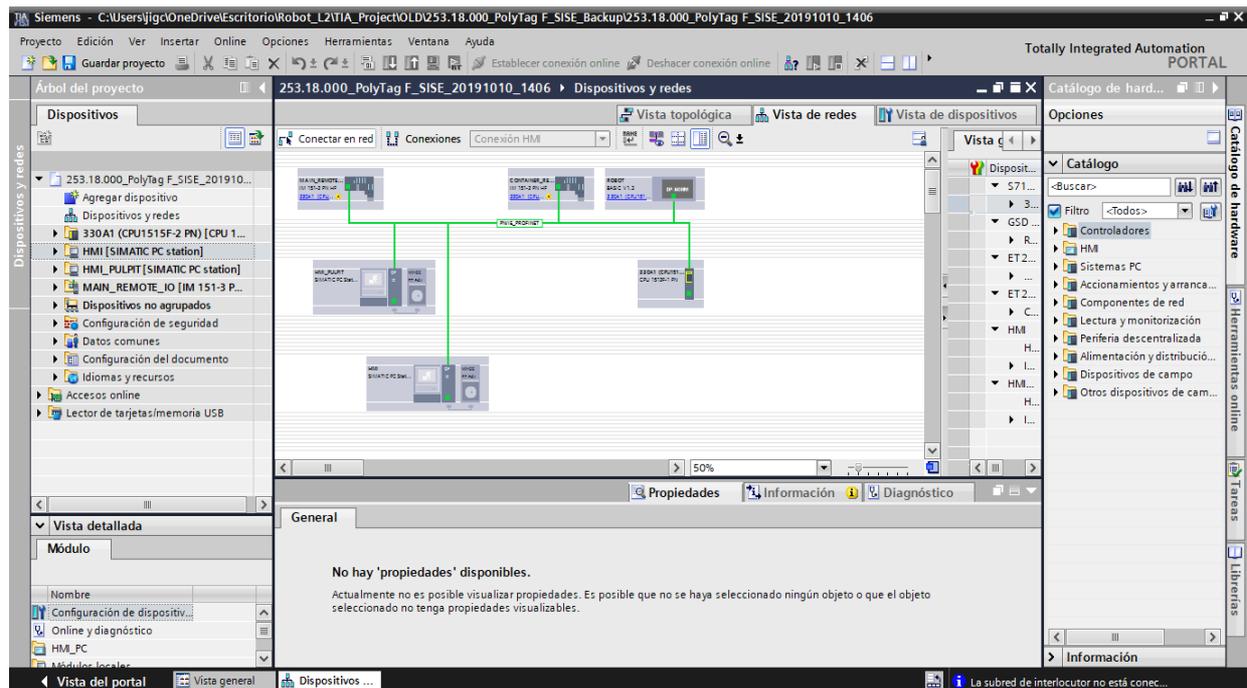


Ilustración 53. Pantalla de la vista de redes.

De esta manera, todos los dispositivos están agregados al software, configurados y conectado vía PROFINET entre ellos, existiendo una comunicación de todos con todos.

- **Programación.**

En cuanto a la programación de los dispositivos, hay que tener en cuenta, como se comentó con anterioridad, la existencia de distintos tipos de bloques. Existen bloques de organización (OB), que se ejecutan cíclicamente y que, dentro de los mismos, pueden ejecutarse a su vez otros bloques. Bloques de función (FB), que consisten en bloques lógicos los cuales depositan su valor de forma permanente en el bloque de instancia, permitiendo así el uso de la función en otro bloque de instancia distinto. Funciones (FC) que consisten en bloques lógicos sin memoria y, por último, bloques de datos (DB) para almacenar datos del programa.

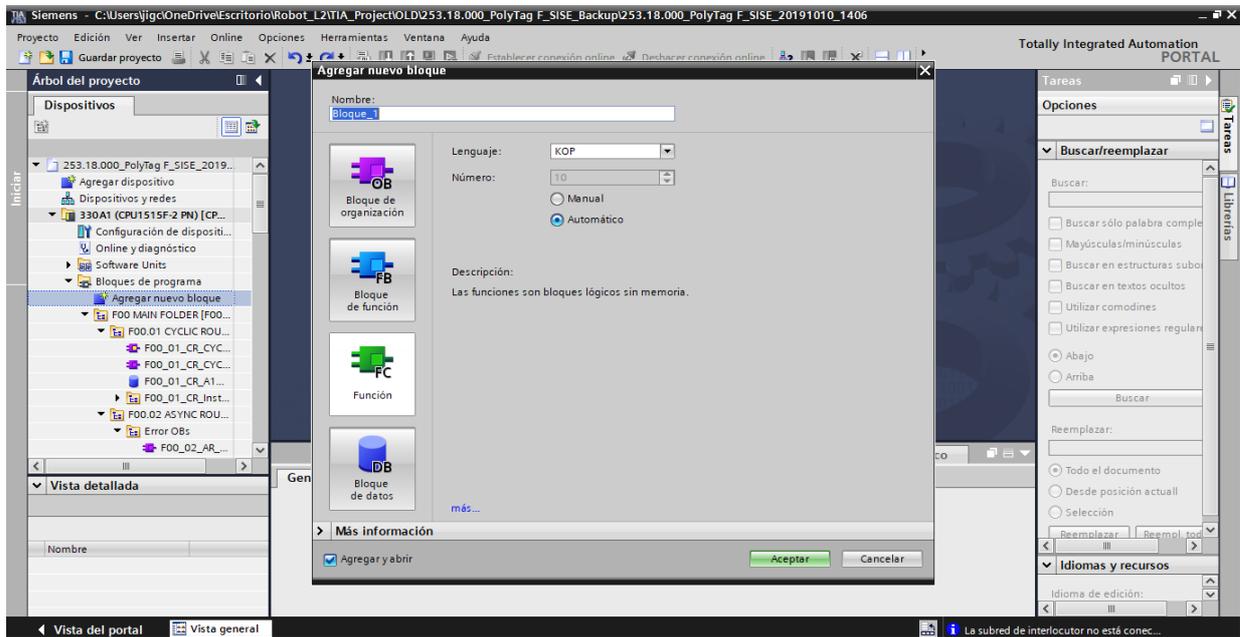


Ilustración 54. Pantalla de los diferentes bloques.

En el caso de seleccionar un bloque de organización (OB), que es lo que se va a seleccionar siempre a lo largo del proyecto, aparece la siguiente pantalla.

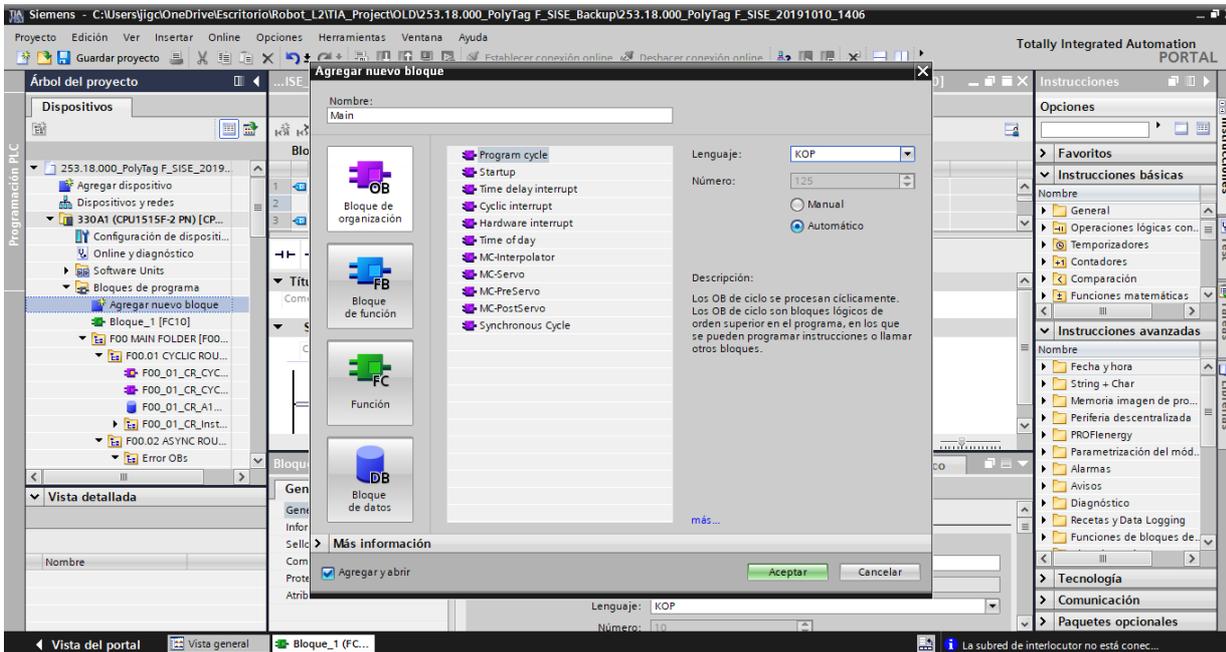


Ilustración 55. Pantalla de los diferentes bloques de organización.

Como se dijo anteriormente, se va a usar siempre la opción de Program cycle.

Otra de las opciones que te ofrece el software de Siemens, es la posibilidad de cambiar el lenguaje, dando a elegir entre cuatro de ellos: KOP, FUP, AWL, SCL, pasando a definir cada uno de estos lenguajes.

- KOP: es un esquema de contactos. Es un lenguaje muy sencillo, siendo la misma representación que habría que cablear.
- AWL: es un lenguaje de programación textual, orientado a la máquina. En un programa creado en este lenguaje, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que el PLC ejecuta el programa. Es el lenguaje más completo y el más complejo visualmente.
- FUP: es un tipo de lenguaje de programación que utiliza los cuadros de lógica booleana para representar la lógica.
- SCL: es un tipo de lenguaje estructurado basado en el texto.

En este proyecto, para toda la programación, se ha usado el lenguaje KOP.

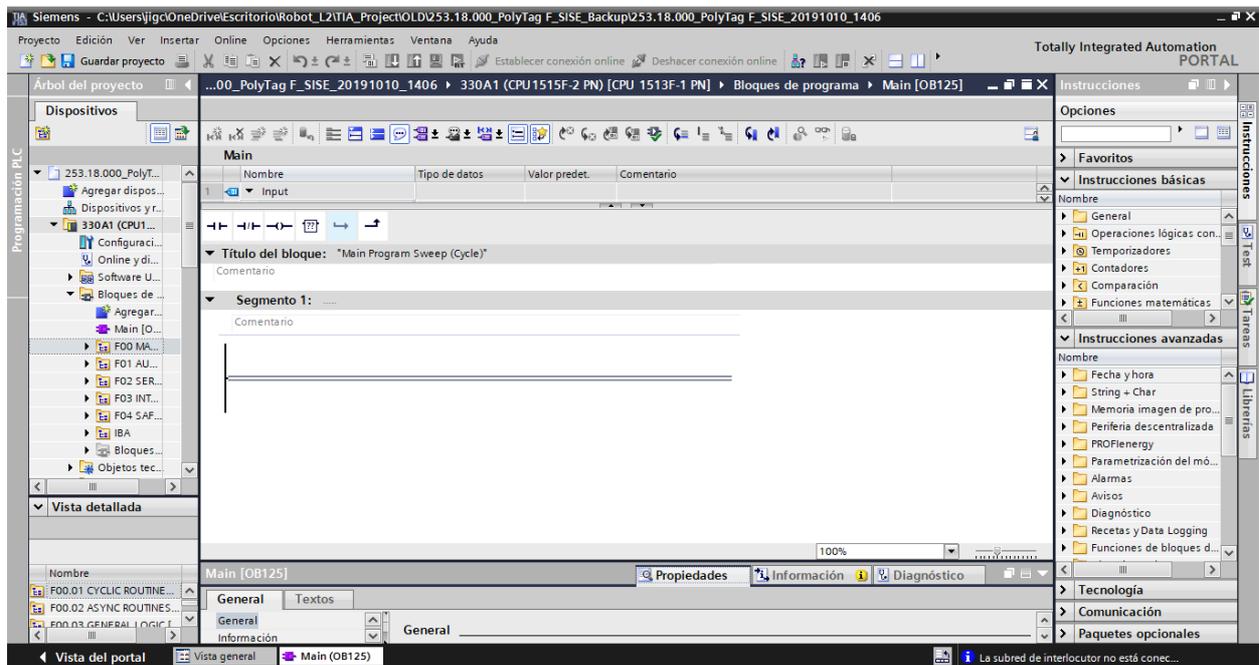


Ilustración 56. Pantalla para programar un Bloque de Organización.

La programación en este software, se ejecuta por segmentos. En la barra de herramientas superior, se tienen algunas de las funciones más usadas para tener un acceso rápido a ellas.

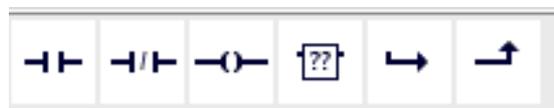


Ilustración 57. Funciones.

De izquierda a derecha, por este orden, se tiene:

- Contacto normalmente abierto.
- Contacto normalmente cerrado.
- Asignar asignación.
- Permite introducir instrucciones.
- Permite crear ramas paralelas.
- Permite cerrar las ramas creadas.

Se empezará a explicar el código, siguiendo el orden por el que aparece en el software. De esta manera, si se abre la carpeta de la CPU y nuevamente se abre la de bloques de programa, se pueden encontrar seis carpetas que contienen diferentes bloques de organización (OB) y bloques de datos (DB).

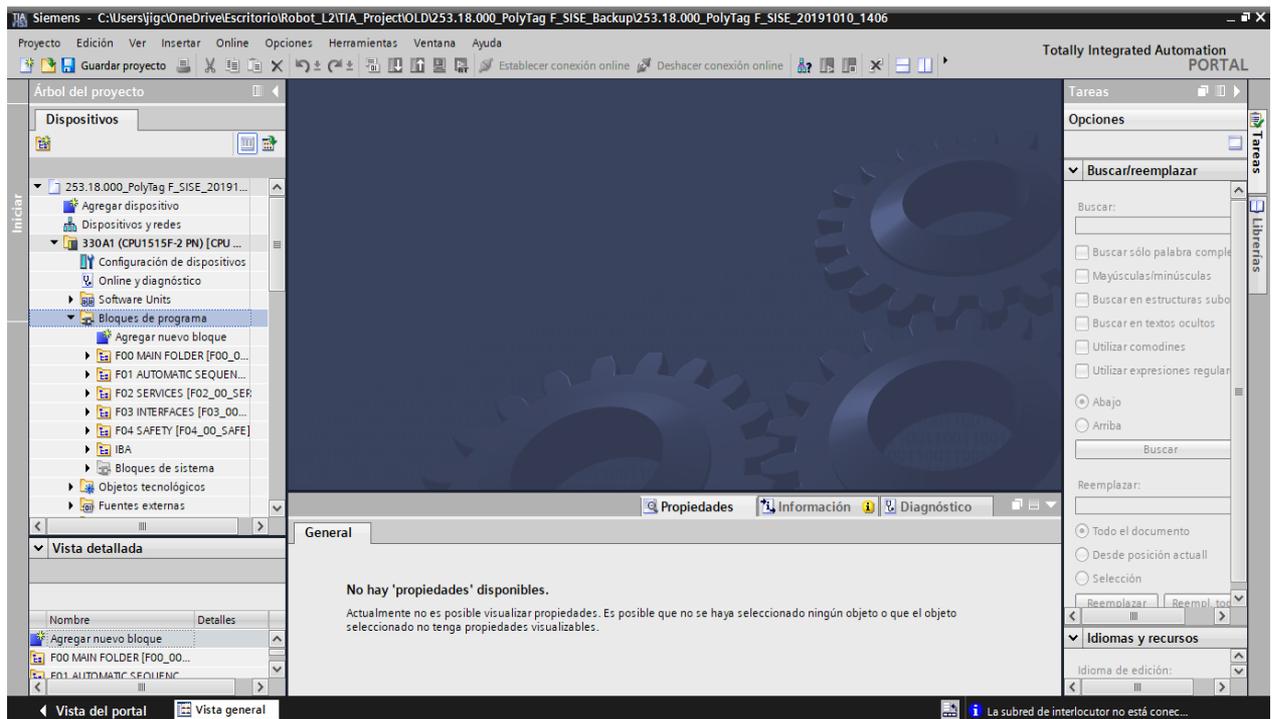


Ilustración 58. Esquema de la programación del PLC.

Como se puede ver, está compuesta por carpetas, las cuales contienen OB y DB.

La primera de ellas, se denomina carpeta principal ya que dentro lo que contiene es una serie de rutinas cíclicas básicas para el funcionamiento correcto del proceso de etiquetado automático.

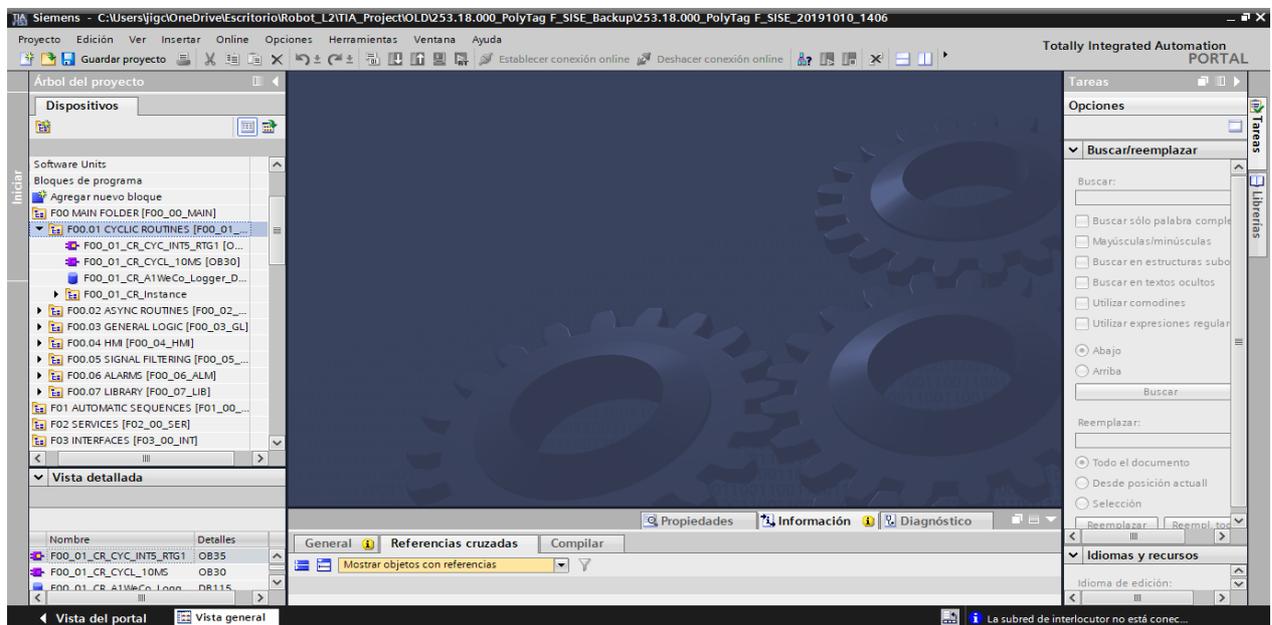


Ilustración 59. Esquema de la programación de rutas cíclicas del PLC.

Si se abre el OB, aparecerá ya el código de programación de las diferentes rutinas cíclicas diferenciadas por segmentos.

En la primera de ellas, se recogen una serie de segmentos relacionados con la toma de datos del proceso del robot como la tensión de soldadura, la corriente de soldadura, etc. y como escalar esos valores a la señal analógica para que el PLC los lea.

Para esto, es importante comentar la analogía existente entre el 4-20 mA. Y el 0-27468 del PLC de TIA Portal, que son los valores que lee el PLC. Por lo tanto, la señal de, por ejemplo, la tensión de soldadura llega al bloque de función el cual va a escalar dichos valores y será la entrada al PLC para su lectura y su correspondiente actuación.

Igual procedimiento es el que se usa para todos los valores a escalar en este bloque de organización, el F00_01_CR_CYCL_10MS (OB30)

Además de escalar tanto la tensión y corriente de soldaduras, hay otros datos como la compresión de la pinza del robot, o un bloque función que realiza el muestreo de los datos recogidos para que el PLC recoja datos más genéricos.

Por último, contiene también un último segmento de comunicación, entre el PLC y la cámara de visión, que, por el momento, no se va a acometer debido a que se hará más adelante.

Una vez acabada con la carpeta de rutinas cíclicas, se abre la inmediatamente inferior, la F00.02, de rutinas asíncronas, es decir, el conjunto de rutinas que debe de hacer el proceso de etiquetado en las cuales dichas rutinas no coinciden en el tiempo.

Si se abre esta carpeta, se puede ver una división entre bloques de organización de errores y otros de interrupciones.

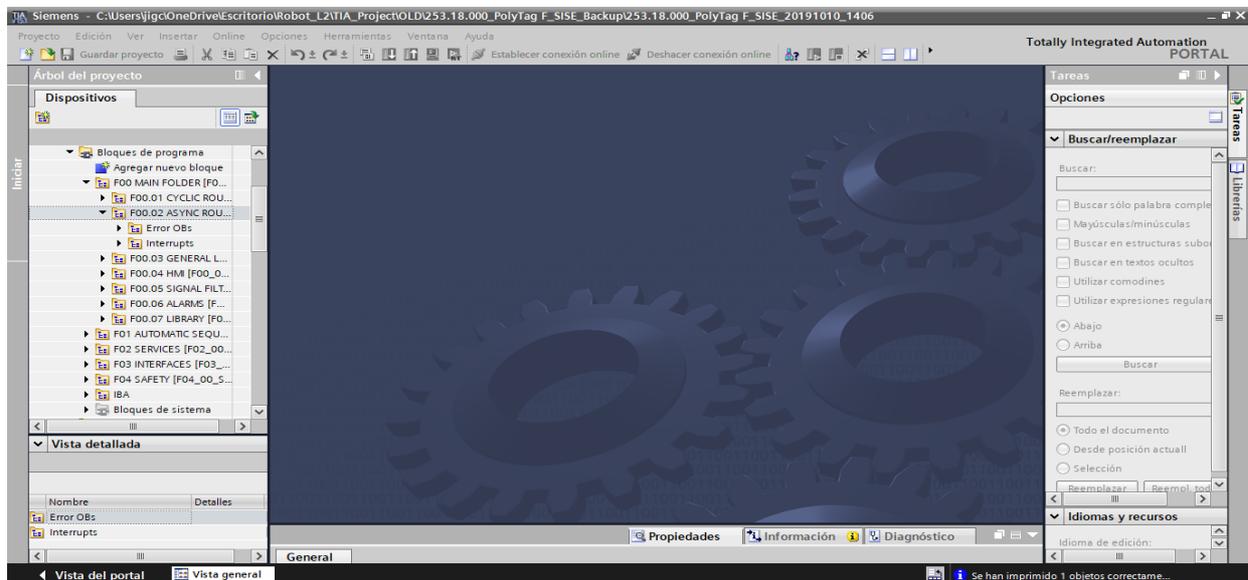


Ilustración 60. Esquema de la carpeta de rutas asíncronas del PLC.

Sin embargo, no existe ningún segmento de programación que sea asíncrono, por lo tanto, está vacío. Esta distinción se hizo debido a posibles modificaciones en un futuro que pueda reunir estas características, para seguir un orden.

La carpeta F00.03, contiene toda la lógica general del PLC. Además, está compuesta por un bloque de organización (OB), un bloque de función (FB) y un bloque de datos (DB).

Comenzando por el bloque de organización, está compuesto de 9 segmentos, los cuales tienen cada uno un bloque de función, que a su vez están compuestos a su vez por diversos segmentos de programación KOP.

En cada uno de los segmentos se va a desarrollar la lógica principal del PLC, siendo la división entre cada uno la siguiente:

- Segmento 1: desarrolla toda la programación relacionada con las alarmas, así como los resets de cada una de ellas. También, relacionado con las alarmas, gestiona la programación de la seguridad y las emergencias.
- Segmento 2: se añaden una serie de flancos positivos, que se guardan en diversas variables, las cuales se utilizarán en diferentes sitios a lo largo de la programación del PLC.

- Segmento 3: este segmento se dedica a toda la programación de las entradas al PLC que van a ser filtradas, desde la soldadura, hasta la presencia de hilo para la realización de soldadura, pasando por la presencia de etiquetas. Todos los filtros tienen un intervalo de tiempo de 100 ms. en total, 50 ms. para la activación y 50 ms. para la desactivación.
- Segmento 4: esta línea, es el inverso del segmento anterior, es decir, reúne toda la programación de las salidas del PLC que van a ser filtradas. En este caso, en vez de tener un intervalo de tiempo para la activación o desactivación del filtro, lo que contiene son dos entradas para forzar o no el filtro.
- Segmento 5: este segmento, se dedica a toda la programación de intercambio de datos entre el PLC y el programa de visión de la cámara del robot, POLYTAG, que se entrará con más profundidad más adelante.
- Segmento 6: se dedica a los diferentes modos de operación que tiene el ciclo de etiquetado: automático, manual o semiautomático.
- Segmento 7: en este segmento, se desarrolla toda la parte de la programación dedicada a permisos para la posibilidad de realizar ciclos, tales como las puertas del habitáculo del robot, las cuales, si están abierta el robot, por seguridad, se para automáticamente.
- Segmento 8: esta línea trata sobre la relación existente y la comunicación entre el PLC y el HMI.
- Segmento 9: este segmento, recoge todas las señales del PLC en la herramienta IBA Analyzer, en la cual se pueden analizar todas las señales dejando un histórico de meses para ello, pudiendo ser analizada segundo a segundo cada señal.

La carpeta F00.04, contiene toda la relación existente entre el PLC y el HMI (Human Machine Interface). Compuesta por un bloque de función (FB) y tres bloques de datos (DB)

Toda la programación está contenida en el bloque de función, el cual está compuesto por 24 segmentos de programación, entre los que se encuentran los flancos positivos anteriormente mencionados, el filtrado de entradas, así como el refresco de la página del HMI para ver la imagen escaneada del paquete entre otras cosas.

La siguiente carpeta a abrir, la F00.05, contiene toda la parte del filtrado de señales. Está compuesta por dos bloques de función (FB) y tres bloques de datos (DB)

La diferencia entre ambos bloques de función es que uno es para el filtrado de señales de entradas al PLC y otro para el de señales de salidas. Como ya se vio anteriormente, en la lógica central del PLC, ahí ya se programaron algunos de los filtros de las señales. Sin embargo, aquí se recogen las restantes que no se realizaron antes.

Por lo tanto, la explicación del bloque es la misma. Para el filtrado de señales de entradas, existe un intervalo de tiempo de 100 ms. entre conectar y desconectar el filtro, mientras que, para el filtrado de señales de salidas, lo que existe son dos entradas para forzarlo.

Una vez acabada esta carpeta, y continuando con el orden del programa, se abre la F00.06. Esta carpeta gestiona todas las alarmas existentes en el robot y su entorno. Consta de un bloque de función (FB) y un bloque de datos (DB).

El bloque de función está compuesto por un total de 53 segmentos, entre los que se programa todo tipo de alarmas, los resets de cada una de ellas e incluso las emergencias. Todo está contenido en este bloque de función a excepción de las que ya se programaron anteriormente en la lógica del PLC. Por lo tanto, es uno de los bloques más importante de la estación de robot pues, de fallar alguna de estas alarmas o emergencias, puede desencadenar

un incidente incluso con daño personal.

Para finalizar la carpeta principal del PLC, una de las más complejas sin lugar a dudas, quedaría por ver la carpeta F00.07. Esta carpeta está compuesta por 12 bloques de funciones (FB) y 14 bloques de datos (DB).

En esos bloques de funcione se recogen una mezcla de funcionalidades, ya que abarca desde la comprobación de las alarmas hasta el escalado de las señales. En otras palabras, son los bloques funcionales que se han ido utilizando anteriormente. Es una especie de librería, donde se han definido los bloques funcionales para solo tener que implementarlos en el segmento que se quiera.

De hecho, además de las ya mencionadas, alarmas y escalados de señales, están los resets de las alarmas o los modos operativos entre otros.

La carpeta F01, dentro aún del PLC, recoge la programación dedicada a las secuencias automáticas del programa y está contenida por tres carpetas además de tres bloques de funciones (FB) y un bloque de datos (DB).

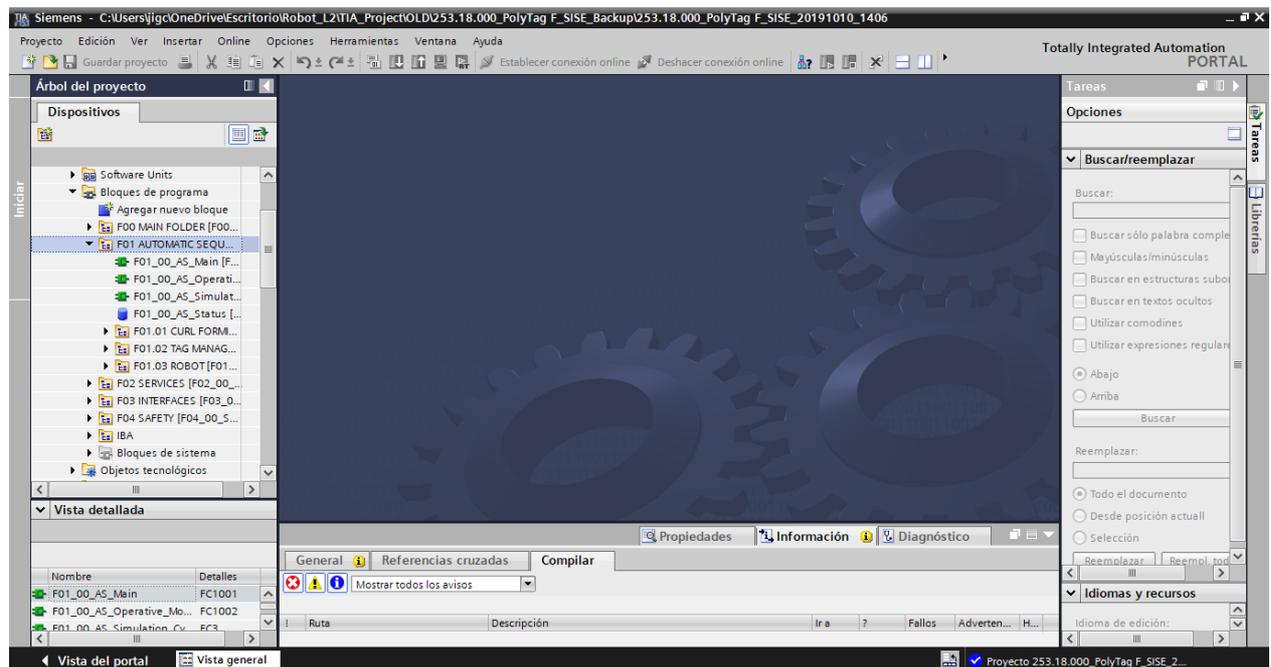


Ilustración 61. Esquema de la programación de las secuencias automáticas de la CPU.

El primero de los tres bloques de funciones que están solos, hace referencia a los bloques funcionales principales de las secuencias automáticas. Éste, está compuesto por 5 segmentos, entre los que se encuentra las secuencias automáticas del robot, los modos operativos o la simulación de ciclos de manera automática.

El siguiente bloque de función, es el programado para los modos operativos a la hora de la realización del ciclo del robot. Una vez que se programa en este bloque de función, se importa en el primero, en el principal, comentado anteriormente. Consta de 17 segmentos entre los que se encuentran, además de la programación de los diferentes modos de operación, las emergencias, los permisos y la seguridad de las actuaciones de los diferentes modos de operación.

El último de este trío de bloques de funciones aislados, es el que hace referencia en este caso, a la simulación de ciclos. Como se ha dicho en el anterior, es la programación de un bloque de función para luego importar el bloque en su conjunto en el primero de los mismo, el principal de dicho apartado.

Consta de seis segmentos, en el que evidentemente, se programa el ciclo automático del robot. Para ello, primeramente, se deben de tener una serie de permisos tales como que el PLC ha dado la orden de que se realice.

En cuanto a la carpeta siguiente, la F01.01 contiene la programación desarrollada para la formación del rizo del hilo de soldadura. Contiene seis bloques de función y otros tantos bloques de datos.

El primero de los bloques de funciones consta de trece segmentos y en él se recogen todas las alarmas existentes en dicho proceso.

En el segundo, se encuentran todas aquellas operaciones auxiliares necesarias para que se lleve a cabo el proceso de formación del rizo. Se habla en este caso, por tanto, de algunas condiciones que deben ciertos permisos de seguridad, así como de los encoders, conteniendo un total de 27 segmentos.

El tercero de los bloques de función, contiene 26 segmentos y se dedica a la comunicación del PLC con el HMI.

El cuarto, tiene un total de 15 segmentos y gestiona toda la programación de las salidas del PLC en cuanto a la operación de la formación del hilo para la soldadura. Como se dijo ya, las salidas del PLC todas son filtradas.

El quinto bloque de función contiene, por una parte, el modo de operación en el que se va a llevar a cabo la misma y por otro, una serie de condiciones necesarias para que se lleve con éxito. Todo ello en un total de 30 segmentos.

El sexto y último bloque de función de la operación de formación del hilo para la soldadura, es un bloque puramente de secuencia, es decir, de establecer un orden en las operaciones para que el objetivo de la misma se consiga con éxito.

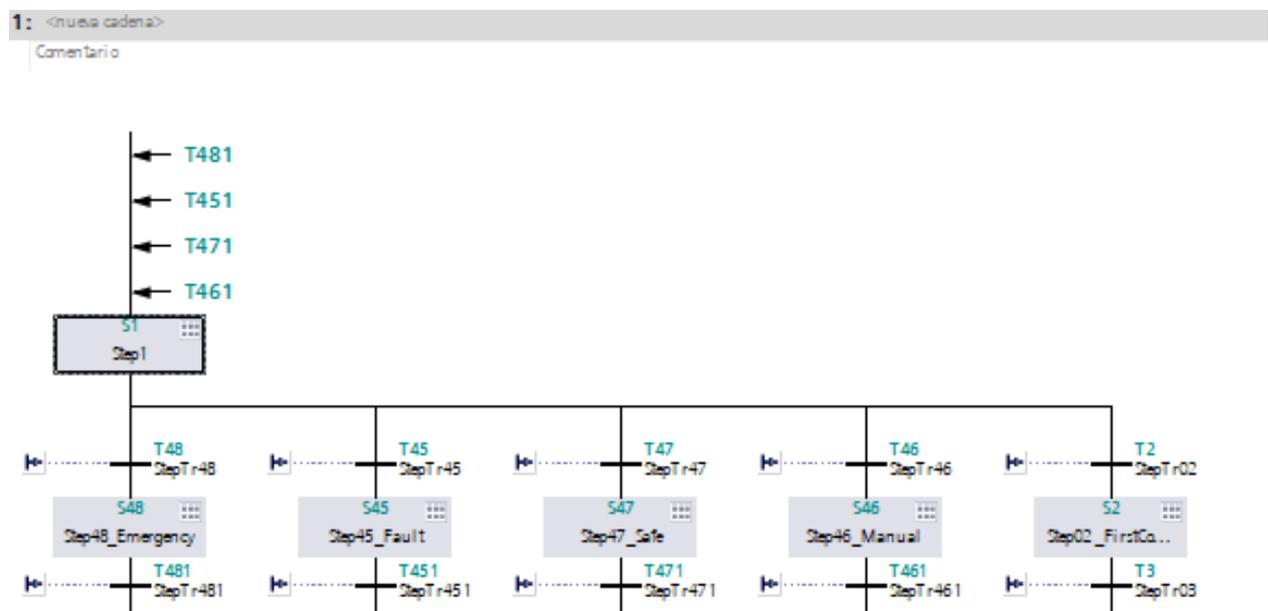


Ilustración 62. Orden de las secuencias automáticas del PLC.

Pasando una vez acabado el proceso de formación del hilo, a la gestión de etiquetas. Para ello, se abre la carpeta F01.02.

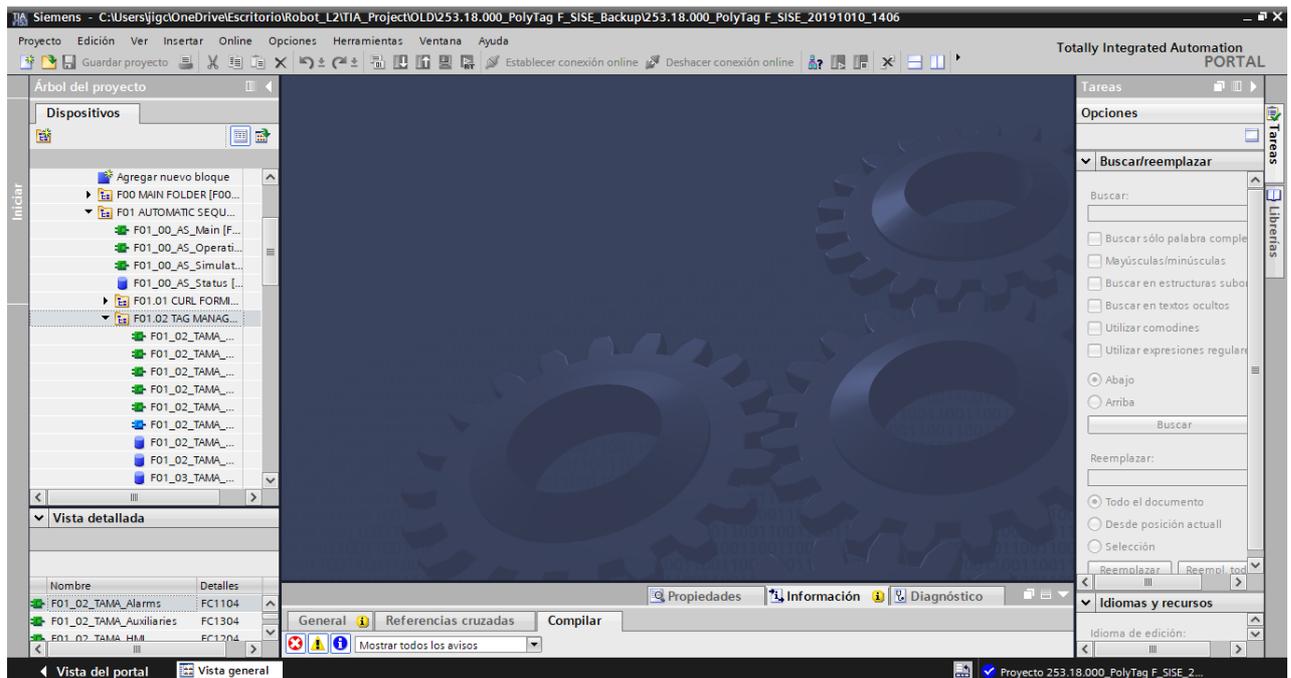


Ilustración 63. Esquema de la programación de la gestión de etiquetas.

En ella, principalmente se va a crear el programa que va a gestionar la salida de etiquetas. Para ello, se han creado seis bloques de función (FB) y tres bloques de datos (DB).

Este, va a seguir el mismo patrón que la formación del hilo para la soldadura, siendo sus bloques de función los mismos. Para no ser redundante y agilizar la redacción del proyecto, solamente se van a enunciar.

- Bloque de función para alarmas.
- Bloque de función para operaciones auxiliares.
- Bloque de función para la comunicación con el HMI.
- Bloque de función para las salidas.
- Bloque de funciones para las transiciones.
- Bloque de funciones para secuenciar el orden de las operaciones.

En cuanto a los bloques de datos se han dividido en tres:

- Variables necesarias para operaciones auxiliares.
- Variables necesarias para datos.
- Variables necesarias para el corte de la etiqueta de la impresora.

La última de las carpetas de la sección de secuencias automáticas, y siguiendo el orden del proceso (formación del hilo de soldadura, impresión de etiqueta y movimiento del robot) es la del robot F01.03.

Esta, como no podía ser de otra forma, sigue el mismo patrón que las anteriores, con seis bloques de funciones (FB) y dos bloques de datos (DB). Como se ha hecho en la operación de gestión de etiquetas y, al ser los mismos bloques de función (FB), solamente se va a proceder a enunciarlos.

- Bloque de función para alarmas.
- Bloque de función para operaciones auxiliares.
- Bloque de función para la comunicación con el HMI.
- Bloque de función para las salidas.
- Bloque de funciones para las transiciones.
- Bloque de funciones para secuenciar el orden de las operaciones.

Mientras que los bloques de datos, se dividen en:

- Variables necesarias para operaciones auxiliares.
- Variables necesarias para datos.

La siguiente carpeta de contenidos, la F02, está dedicada a servicios como tales, conteniendo dentro de ella tres subdivisiones: un bloque de función (FB) principal, además de otras dos carpetas para la soldadura y otra para la gestión de puertas.

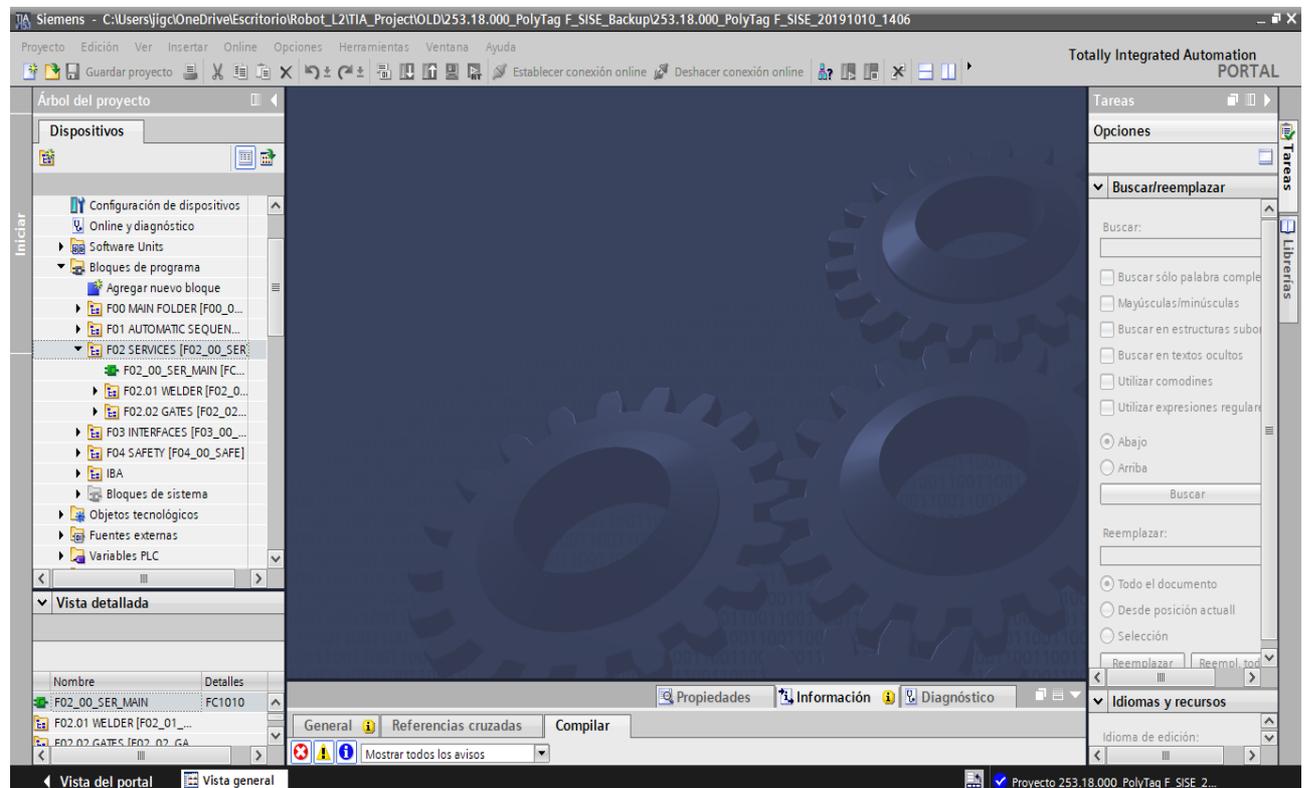


Ilustración 64. Esquema de la programación de operaciones de servicios.

La estructura es la misma, un bloque de función (FB) donde se va a programar todo el bloque de servicios como tal, dedicado este entre otras cosas al desbloqueo o bloqueo de las puertas de acceso al robot o de las salidas o auxiliares que tiene el proceso de soldadura además de la conexión con el HMI. Este bloque de función (FB) contiene seis segmentos.

La carpeta F02.01, dedicada al proceso de soldadura, contiene cuatro bloques de función (FB) y un bloque de datos (DB). Estos bloques de función (FB), son la programación necesaria para que en el bloque de función (FB) principal, solo haya que implementarlo. Por lo tanto, estos bloques de función (FB) son:

- Bloque de función dedicado a las operaciones auxiliares para el proceso de soldadura como puede ser los permisos necesarios para hacer la comprobación magnética.
- Bloque de función dedicado a la relación con el HMI, es decir, la conectividad entre PLC y HMI.
- Bloque de función dedicado a las salidas del proceso de soldadura, como puede ser que la posición del paquete se encuentra en el punto correctamente para realizar la soldadura.
- Bloque de función dedicado al muestreo de datos.

Por otro lado, la última subdivisión existente dentro del grupo de servicios, es la que se dedica a la gestión de las puertas. Ésta, contiene dos bloques de función (FB) y un bloque de datos (DB).

En el primer bloque de función (FB) que consta de tres segmentos, se desarrollan todos los permisos necesarios para acceder a la zona del conformado del hilo, para abrir la puerta del robot o para que el robot realice su ciclo de trabajo.

En el segundo bloque de función (FB), se programan las líneas necesarias para permitir el acceso al interior del habitáculo del robot.

A continuación, y para no romper el orden que se ha llevado hasta este momento, se va a explicar la carpeta F03, dedicada a las interfaces. Sin embargo, esta carpeta se va a explicar con mayor profundidad más adelante en un punto dedicado exclusivamente a la comunicación y conectividad entre las diferentes interfaces. No obstante, se va a comentar.

La carpeta contiene un bloque de función (FB), un bloque de datos (DB) y tres subcarpetas.

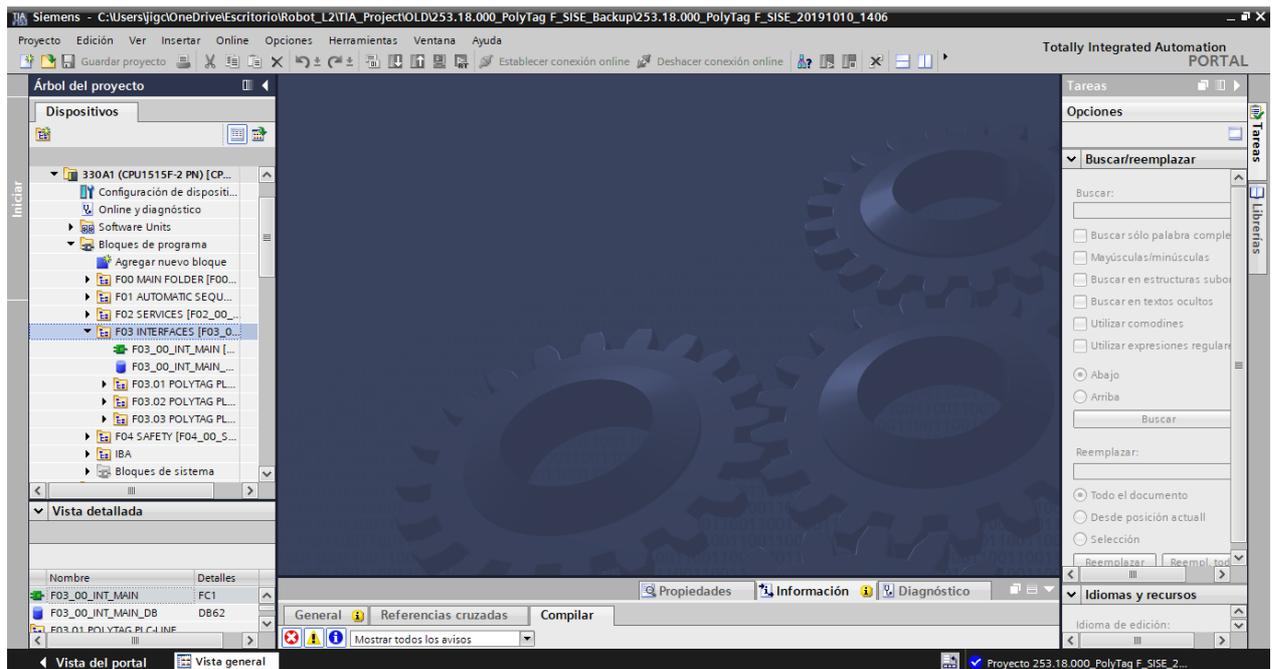


Ilustración 65. Esquema de la programación de las interfaces.

Como se ha venido haciendo hasta ahora, el primer bloque de función (FB) es el principal donde se lleva a cabo toda la programación de las interfaces. Consta de cinco segmentos, donde se lleva a cabo la interacción entre el PLC y el robot y entre el PLC y el programa de visión de la cámara. Para ello, se ha descompuesto en varios segmentos a su vez agrupándose según si son líneas de operaciones como tal o servicios auxiliares.

La carpeta F03.01, contiene un bloque de función (FB) y un bloque de datos (DB). Este bloque de función es el que se implementa en el principal, que contiene todo el intercambio del PLC con el programa de visión de la cámara acerca de todas las operaciones del ciclo del robot, conteniendo un total de 41 segmento.

Las carpetas F03.02 y F03.03, siguen la misma estructura que la explicada, es decir, cada una está contenida de un bloque de función (FB) que es la programación del que se va a implantar en el bloque de función (FB) principal de las interfaces y un bloque de datos (DB) para definir las variables necesarias.

La diferencia está en que mientras que una está centrada en la comunicación e interacción entre el PLC y el robot, la otra se dedica a la interacción entre el PLC y la cámara de visión en cuanto a los servicios necesarios.

La carpeta F04, contiene todo lo relacionado con seguridad que no se ha programado antes. Consta de un bloque de función (FB) y tres bloques de datos (DB).

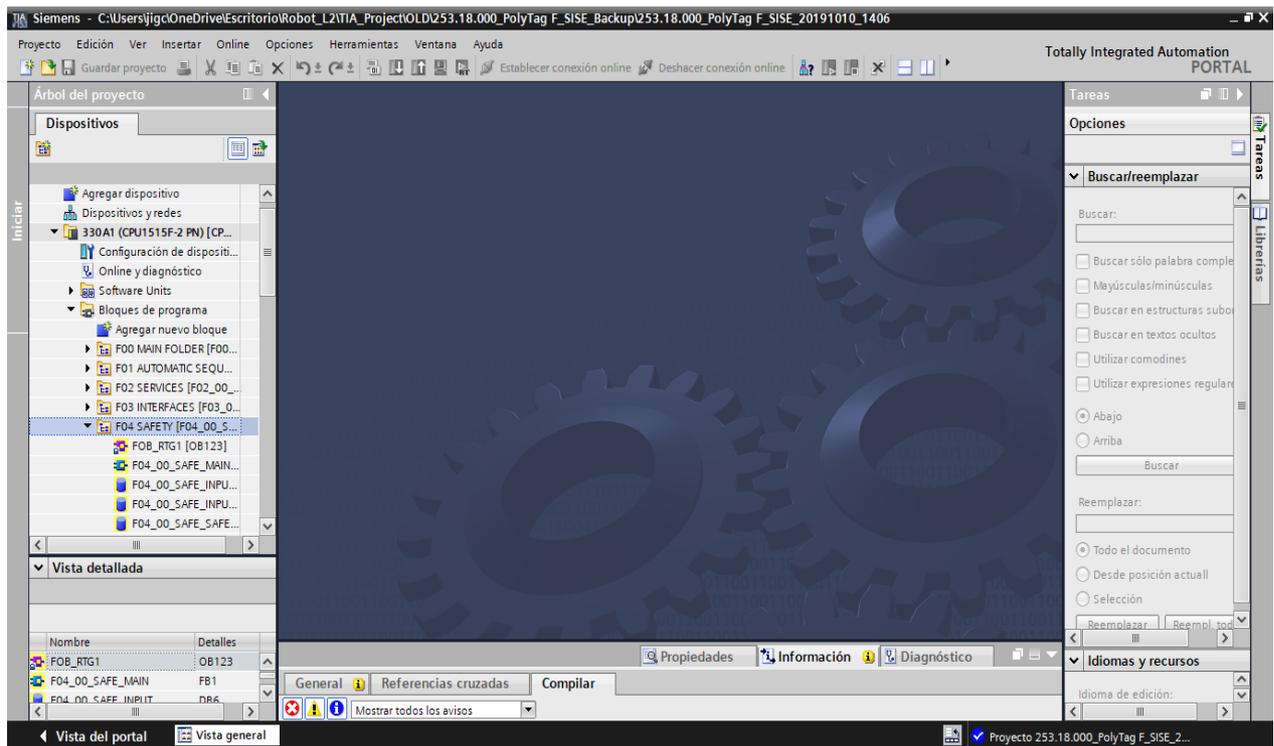


Ilustración 66. Esquema de la programación de las seguridades.

El bloque de función (FB) consta de 23 segmentos y contiene toda la seguridad y todas las emergencias que quedaban por programar, es decir, que no se han definidos en otros momentos, tales como el desbloqueo de llaves para abrir las puertas o el reset general de todas las emergencias.

Por otro lado, los bloques de datos definen las variables que han hecho falta a la hora de programar el bloque de función, dividiéndose en tres de ellos, dos de entradas y uno de salidas.

Por último, y para finalizar los bloques de programa del PLC, hay una última carpeta, la F05, relacionada con el IBA. Como ya se dijo anteriormente, el IBA es una herramienta instalada la cual permite monitorear todas las señales segundo a segundo guardándola durante meses y permitiendo una comparación entre ellas.

Esta carpeta pues, contiene un bloque de función (FB) y dos bloques de datos (DB).

El bloque de función (FB) contiene 78 segmentos, y en él lo único que se hace es intercambiar las señales que se quieren monitorear en la herramienta del IBA.

En cuanto a los bloques de datos (DB), contiene dos donde se definen las variables necesarias para el envío de las señales.

Con esta última carpeta, se da por finalizada los bloques de programa del PLC, la más importante y la más compleja de todos los dispositivos, debido a que es la que gestiona absolutamente todos los movimientos y todos los procesos del ciclo del robot, con un total de 84 bloques de funciones (FB) y 31 bloques de datos (DB).

- HMI

Por otra parte, una vez acabada la programación del PLC, se va a pasar a la configuración y programación del HMI. Para comenzar, se va a definir qué es el HMI.

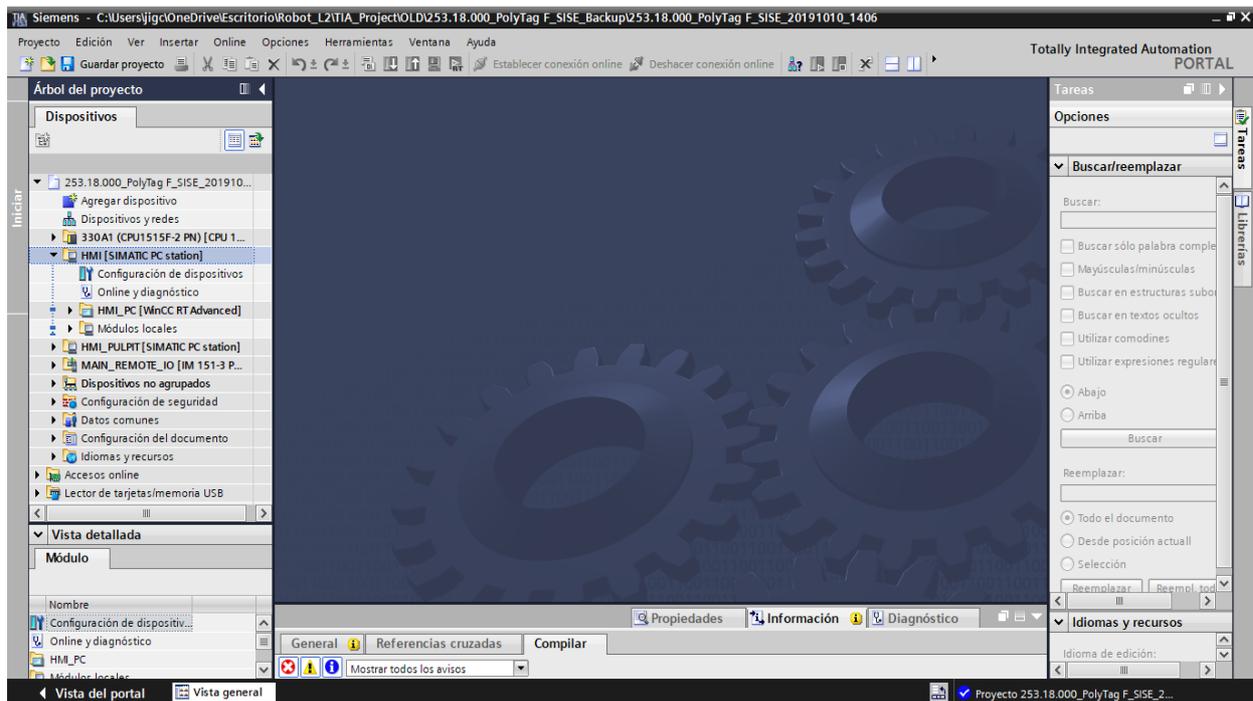


Ilustración 67. Esquema de la programación de la estación de PC.

Las siglas HMI hacen referencia a Human Machine Interface, que traducido al castellano es la interacción entre la máquina y el humano. Básicamente es un instrumento más para el operario. La función principal del HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y permitir controlar y optimizar el proceso mediante la regulación con ciertos parámetros.

En esta parte del proyecto, en el HMI, se va a explicar cada una de las pantallas existente en el HMI.

La finalidad de las pantallas del HMI, como se va a ver a continuación, es la de poder controlar y monitorizar todo el proceso de etiquetado a través de pantallas de interface.

De esta manera, las pantallas se componen por una serie de botones que están vinculadas a variables programadas anteriormente en el software del PLC de manera que se puede realizar el ciclo en automático, semiautomático e incluso en manual a través de los botones programados.

El conjunto de pantallas programadas se muestra en la siguiente ilustración.

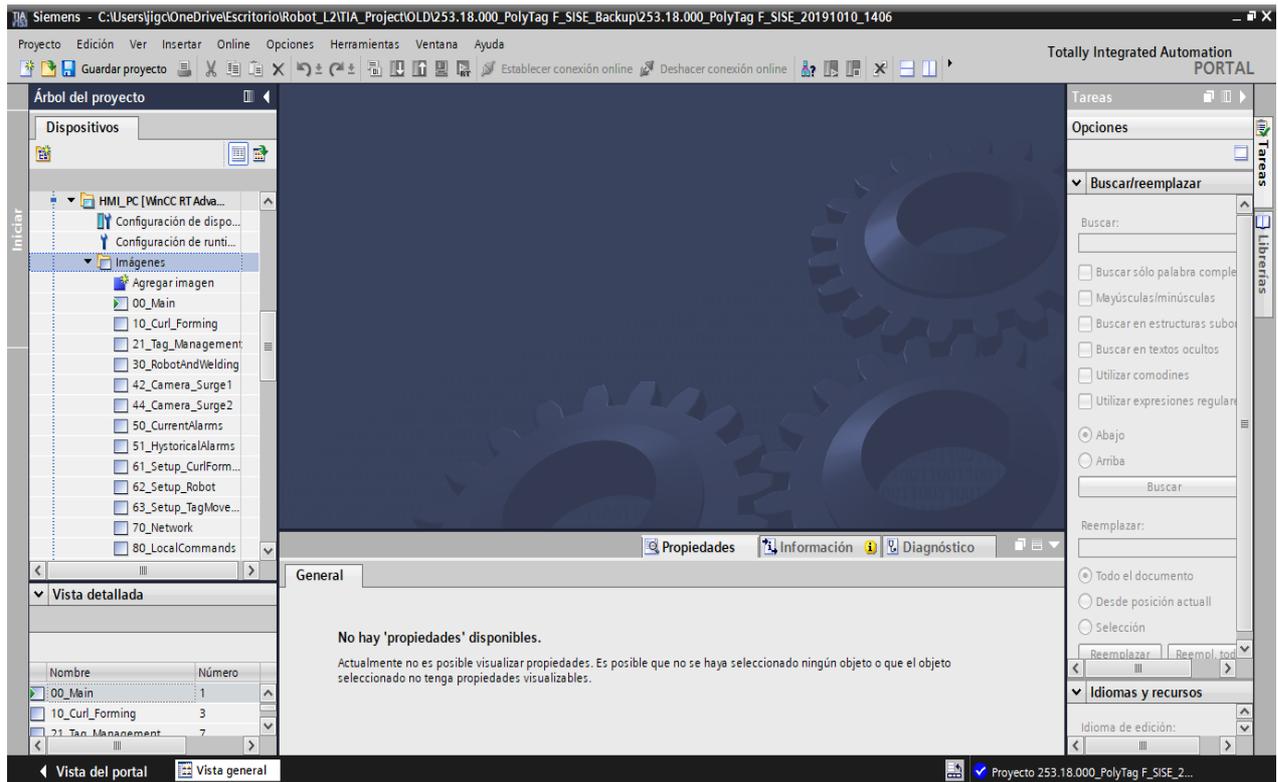


Ilustración 68. Diferentes pantallas programadas.

El HMI consta de 13 pantallas, que se explicarán una a una.

1.- 00_Main: es la pantalla principal del HMI. En ella se puede poner el ciclo en los tres modos operativos: automático, manual o semiautomático, además de hacer reset al ciclo. Por otra parte, indica si alguno de los procesos de formación del rizo o de soldadura tiene una emergencia. También ofrece la opción de ver la foto a la etiqueta o el nivel de energía gastado en la soldadura. Por último, ofrece también una serie de permisos como la gestión de puertas o la opción de que la impresora saque una etiqueta doble.

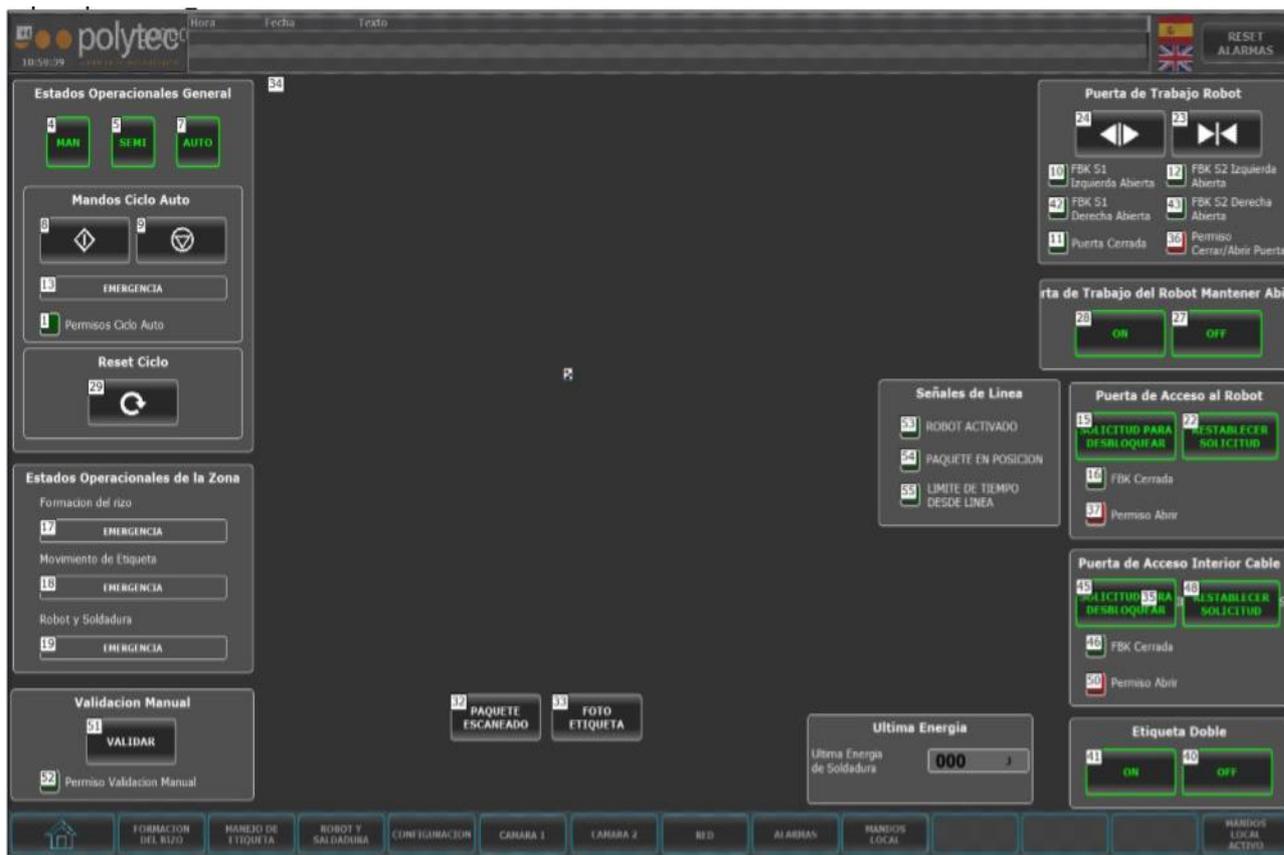


Ilustración 69. Pantalla principal del HMI.

Lo que marcan cada uno de los botones, se recogen en las siguientes tablas.

		<p>El botón Man se utiliza para configurar todas las secciones del robot en modo manual. El color verde significa que el botón está seleccionado.</p>
		<p>El botón Semi se utiliza para configurar el robot en modo semiautomático. En este modo, el robot ejecuta un ciclo completo y se detiene. El color verde intermitente significa que el color semiautomático se selecciona el modo.</p>
		<p>El botón Auto se utiliza para configurar el robot en modo automático. El color verde significa que el botón es seleccionado.</p>
		<p>Este botón se utiliza para configurar el modo robot en AUTO, ya sea semi o completo automático. El color verde significa que el ciclo automático está activo. Los comandos solo están habilitados cuando el LED de permiso general es verde.</p>
		<p>Este botón se utiliza para apagar el modo AUTO, es decir, poner el robot en modo manual. El color rojo significa que el ciclo automático/semiautomático no se puede activar. Los comandos solo se habilitan cuando el LED de permiso general está en verde.</p>
		<p>Este campo muestra el estado de funcionamiento del robot: EMERGENCY SECURITY ERROR MANUAL AUTOMATIC</p>
		<p>Al pulsar el botón RESET CYCLE, el ciclo se interrumpe y el robot vuelve a la posición de inicio.</p>
	<p>Cuando el LED de permiso general es verde, los permisos para establecer el robot en modo AUTO están presentes. Los usuarios pueden ver la lista detallada de todos los permisos individuales (que se acumulan para generar el permiso general) haciendo clic en el LED. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.</p>	

Tabla 10. Estado de las operaciones generales.

		El LED de estado acumulativo es verde si todos los permisos individuales son verdes.
		El permiso de formación de rizos El LED es verde cuando las uñas permiso de la sección de movimiento está bien.
		Las administraciones de etiquetas El LED de permiso es verde cuando la sección de movimiento de etiquetas permiso está bien.
		El LED de permiso del robot es verde cuando la sección robot permiso está bien.

Tabla 11. Permisos generales.

		Este campo muestra el estado de funcionamiento actual de la sección de conformado de rizos. La palabra que significa el estado de funcionamiento se ilumina en gris (ciclo inactivo) o verde (ciclo activo).
		Este campo muestra el estado operativo actual de la sección de administración de etiquetas. La palabra que significa que el estado de funcionamiento se ilumina ya sea gris (ciclo inactivo) o verde (ciclo activo).
		Este campo muestra el estado de funcionamiento actual de la sección de robot y soldadura. La palabra que significa el estado de funcionamiento se ilumina en gris (ciclo inactivo) o verde (ciclo activo).

Tabla 12. Estado de las zonas de operación.

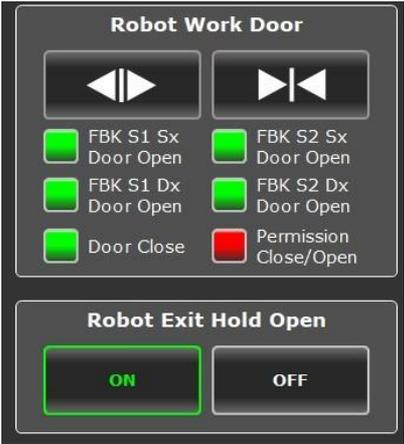
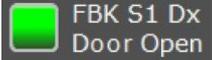
		<p>Si el LED de permiso es verde, este botón permite al usuario abrir la puerta de salida del robot.</p>
		<p>Si el LED de permiso es verde, este botón permite al usuario cerrar la puerta de salida del robot.</p>
		<p>Retroalimentación #1 sensor que indica la puerta de salida del robot Sx está abierto. El verde indica que el sensor se activa.</p>
		<p>Retroalimentación #2 sensor que indica la puerta de salida del robot Sx está abierto. El verde indica que el sensor se activa.</p>
		<p>Retroalimentación #1 sensor que indica la puerta de salida del robot Dx está abierto. El verde indica que el sensor se activa.</p>

Tabla 13. Estado de los sensores de las puertas.

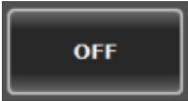
		<p>Retroalimentación #2 sensor que indica la puerta de salida del robot Dx está abierto. El verde indica que el sensor se activa.</p>
		<p>Comentarios del sensor que indica que la puerta de salida del robot está cerrada. El verde indica que el sensor se activa.</p>
		<p>El LED de cierre de permiso indica si el permisos están presentes para cerrar la puerta de salida del robot. Los usuarios pueden ver todos los permisos en detalle haciendo clic en el LED; Una ventana de resumen se abrirá que mostrará la lista de todos los Permisos. Permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.</p>
		<p>El botón ON permite a los usuarios mantener la puerta de salida del robot abierta y evitar que se cierre después de cada ciclo de etiquetado. Con el fin de mantener el recipiente fresco, un temporizador cerrará la puerta después de 5 minutos de inactividad.</p>
		<p>El botón OFF garantiza que la puerta de salida del robot se cierra después de cada ciclo de etiquetado.</p>

Tabla 14. Estado de las puertas del robot.

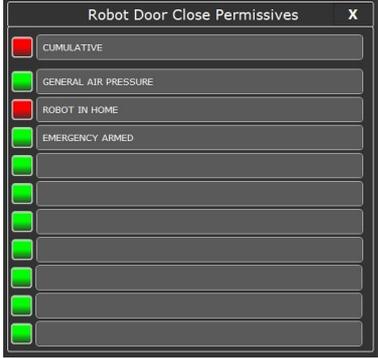
		El LED de estado acumulativo es verde si todo el individuo los permisos son verdes.
		Este LED indica el estado del compresor de aire. El verde indica que el compresor de aire está encendido.
		Este LED es verde cuando el robot está en la posición HOME.
		Este LED es verde si el E-STOP no está activado.

Tabla 15. Permisos de las puertas del robot.

		Los usuarios pueden solicitar acceso a la zona del robot del habitáculo utilizando este botón. El color verde indica que la solicitud es concedida.
--	---	---

		El comando solo se permite cuando el LED de permiso es verde.
		Restablece la solicitud anterior. Los usuarios deben pulsar este botón cuando hayan salido del área del robot del habitáculo.
		Retroalimentación del sensor que indica que la puerta de acceso del robot está cerrada. El verde indica que el sensor está activado.
		Este LED indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos mencionados anteriormente. Los usuarios pueden ver los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen para todos los permisos individuales. Los permisos que están activos tienen un LED verde junto a ellos.

Tabla 16. Permisos para las puertas del habitáculo del robot.

		El LED de estado acumulativo es verde cuando todos los permisos individuales son verdes (lo que indica que el modo automático está habilitado).
		Este LED es verde cuando el robot no está en ciclo automático.
		Este LED es verde cuando el robot está en posición de mantenimiento o hogar.
		Este LED es verde cuando la puerta de salida del robot está cerrada.

Tabla 17. Permisos para las puertas de acceso al robot.

		Los usuarios pueden solicitar acceso a la zona del robot del habitáculo utilizando este botón. El color verde indica que se concede la solicitud. El comando solo se permite cuando el LED de permiso es verde.
		Restablece la solicitud anterior. Los usuarios deben pulsar este botón cuando hayan salido del área del robot del habitáculo.
		Retroalimentación del sensor que indica que la puerta de acceso del robot está cerrada. El verde indica que el sensor está activado.

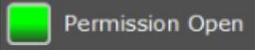
		Este LED indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos mencionados anteriormente. Los usuarios pueden ver los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen para todos los permisos individuales. Los permisos que están activos tienen un LED verde junto a ellos.
--	---	--

Tabla 18. Permisos de la puerta del conformado del hilo.

		<p>El LED de estado acumulativo es verde cuando todos los permisos individuales son verdes (que indica que el modo automático está activado).</p>
		<p>Este LED es verde cuando el robot no está en ciclo automático.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el robot está en posición de mantenimiento o hogar.</p>
		<p>Este LED es verde cuando la puerta de salida del robot está cerrada.</p>

Tabla 19. Permisos para abrir la puerta del contendor.

		<p>Indica el ID de haz del paquete que está en se va a soldar a continuación, el ID de etiqueta que el robot está sosteniendo en su pinza y el último paquete que se soldó.</p>
		<p>Estos LED se iluminan en verde cuando:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El robot está habilitado desde QMOS 2. El paquete está en posición de ser etiquetado 3. El manejo de sobretensiones está en 4.Surge automático donde el paquete está en posición está a 0 velocidad. <p>Estas 4 señales tienen que ser verdes para que el robot pueda ejecutar su ciclo. El robot no saldrá sin estas señales.</p>
		<p>Esta señal se ilumina en verde cuando el robot tarda demasiado tiempo en terminar su ciclo.</p>

Tabla 20. Permisos de trabajo para el robot.

2.- 10_Curl_Forming: es la pantalla de la operación de formación del rizo. Como la anterior, ofrece por un lado la opción de que el ciclo de formación del rizo se haga de manera automática, manual o semiautomática, al igual que permite hacer reset al ciclo de dicha operación. Por otra parte, ofrece los movimientos del ciclo de operación por si se va a hacer manual. Por último, ofrece una opción de simulación del ciclo de formación del rizo.

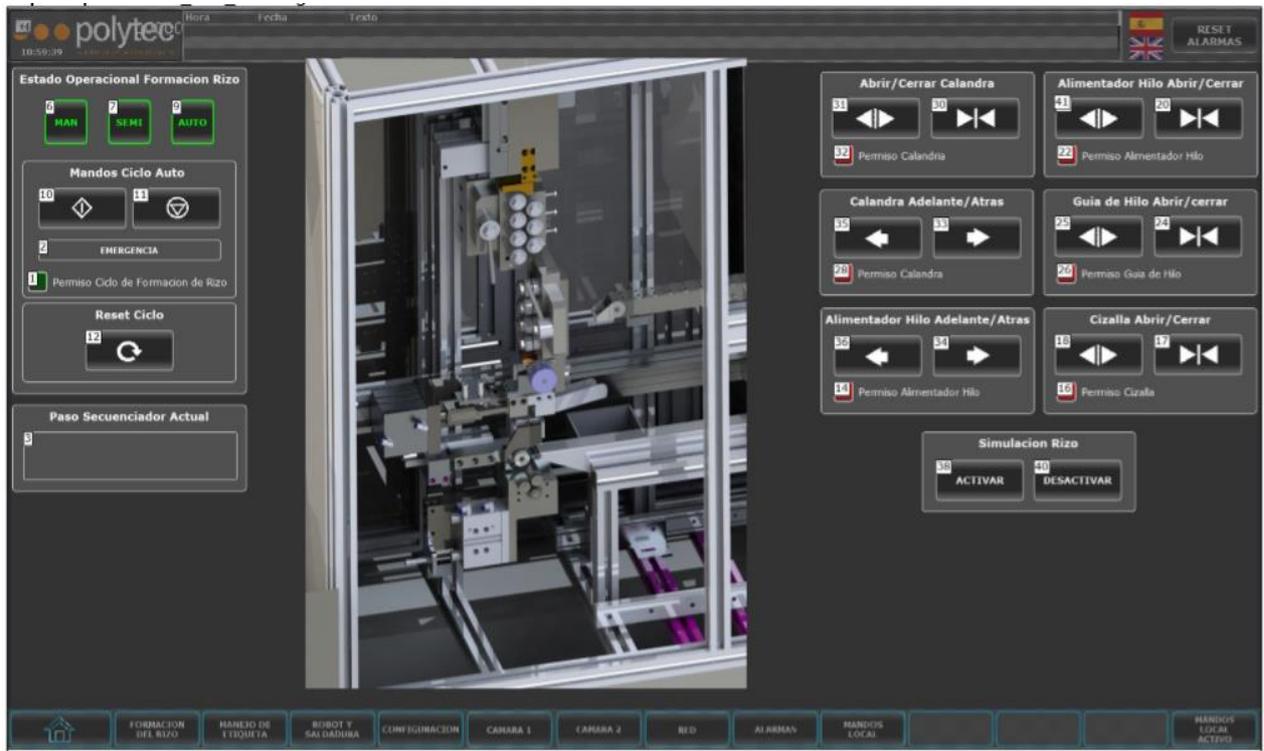


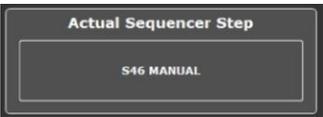
Ilustración 70. Pantalla HMI de la formación del hilo

Lo que marcan cada uno de los botones, se recogen en las siguientes tablas.

		<p>El botón Man se utiliza para establecer la sección Curl Forming en modo manual. Color verde significa que el modo manual se selecciona.</p>
		<p>El botón Semi para establecer el Curl Sección de conformado en semi-modo automático. Semi-automático ejecuta una ciclo completo y paradas. El color verde intermitente significa que semiautomático es Seleccionado.</p>
		<p>El botón Automático para configurar el Curl Sección de formación en automático Modo. El color verde significa que el modo automático es Seleccionado.</p>
		<p>Este botón para configurar el Curl Sección de formación en AUTO. El color verde significa que el el ciclo automático/semiautomático está activo. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón para configurar el Curl Sección de formación en AUTO OFF es decir, el modo manual. Color rojo significa que la auto- el modo automático está inactivo. El comando solo está habilitado cuando</p>

		el LED de permiso es verde
		Este campo muestra la estado de funcionamiento. El valor puede ya sea: Emergencia Seguridad Error Manual Automático
		Este botón restablecerá el ciclo de formación del hilo.
		Cuando el proceso del ciclo del hilo se esté conformando, el LED de permiso es verde, indica que todos los permisos están presentes para establecer el modo AUTO ON. Los usuarios pueden ver todo el individuo permisos haciendo clic en el LED y una ventana de resumen se abrirá mostrando todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tienen un LED verde al lad.

Tabla 21. Botones para la realización del ciclo.

		Este campo muestra el paso actual del secuenciador de formación de rizos.
--	--	---

		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes
		Modo automático seleccionado
		Sin alarmas
		Permiso para mover calender ok
		Permiso para mover Wire Guire ok
		Permisivo para mover pull Wire ok
		Permiso para mover la cizallam ok
		Permiso para mover Calender Motor ok
		Permiso para mover Pull Wire Motor ok

Tabla 22. Permisos para realizar el ciclo de formación del hilo.

		Este botón se utiliza para abrir el calender en modo manual. El color verde significa que el calender está abierto. El comando solo se activa cuando el LED de permiso Verde.
		Este botón para cerrar el calender en modo manual. El color rojo significa que el calender está cerca. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Quando el LED de calendario es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.

Tabla 23. Permisos para abrir o cerrar los rodillos del hilo.

		<p>El LED de estado acumulativo es verde cuando todos los LED individuales son verdes y, por lo tanto, habilitados para que el Calender esté en modo manual.</p>
		<p>El LED es verde cuando el sistema está a presión.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el E-STOP no está activo.</p>
		<p>Este LED es verde cuando las puertas de la máquina están cerradas no está activa.</p>

Tabla 24. Permisos para comenzar el ciclo.

		<p>Este botón se utiliza para abrir el cable de tracción en modo manual. El color verde significa que el cable de tracción está abierto. El comando solo se activa cuando el LED de permiso verde.</p>
		<p>Este botón para cerrar el cable de tracción en modo manual. El color rojo significa que el cable de tracción está cerca. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED pull Wire es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.</p>

Tabla 25. Permisos para tirar del cable.

		<p>Este botón se utiliza para abrir la guía de cables en modo manual. El color verde significa que la guía de alambre está abierta. El comando solo está habilitado cuando el permiso LED es verde.</p>
		<p>Este botón para cerrar la guía de cables en modo manual. El color rojo significa que el cable guía está cerca.</p>

Tabla 26. Botón para abrir o cerrar el hilo.

		El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de la guía del cable es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos antedichos. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.

Tabla 27. Permisos guía del cable.

		Este botón se utiliza para abrir la cizalla en modo manual. El color verde significa que la cizalla está abierta. El comando solo se activa cuando el LED de permiso verde.
		Este botón para cerrar la cizalla en modo manual. El color rojo significa que la cizalla está cerca. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de cizallamiento es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.

Tabla 28. Permisos para abrir puertas.

		Este botón se utiliza para mover hacia atrás el calender en modo manual. El comando solo está habilitado cuando el permiso LED es verde.
		Este botón se utiliza para avanzar el calender en modo manual. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de Calender es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y una ventana de resumen aparecen mostrando todos los permisos.

Tabla 29. Botones para operar de manera manual.

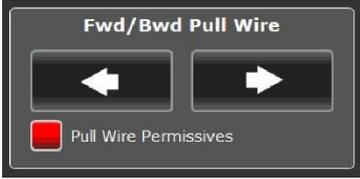
		<p>Este botón se utiliza para mover hacia atrás el cable de tracción en modo manual. El comando es habilitado sólo cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón se utiliza para avanzar el cable de tracción en modo manual. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED pull Wire es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Los permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.</p>

Tabla 30. Botones para operar con la tracción del hilo

3.- 21_Tag_Management: es la pantalla dedicada a la gestión de etiquetas. Como las anteriores, tiene la opción de realizar dicha operación a través de los tres modos operativos: manual, automático y semiautomático, además de poder hacer el reset al ciclo. En la parte de la derecha, se tienen las opciones y los controles para realizar el ciclo de modo manual.

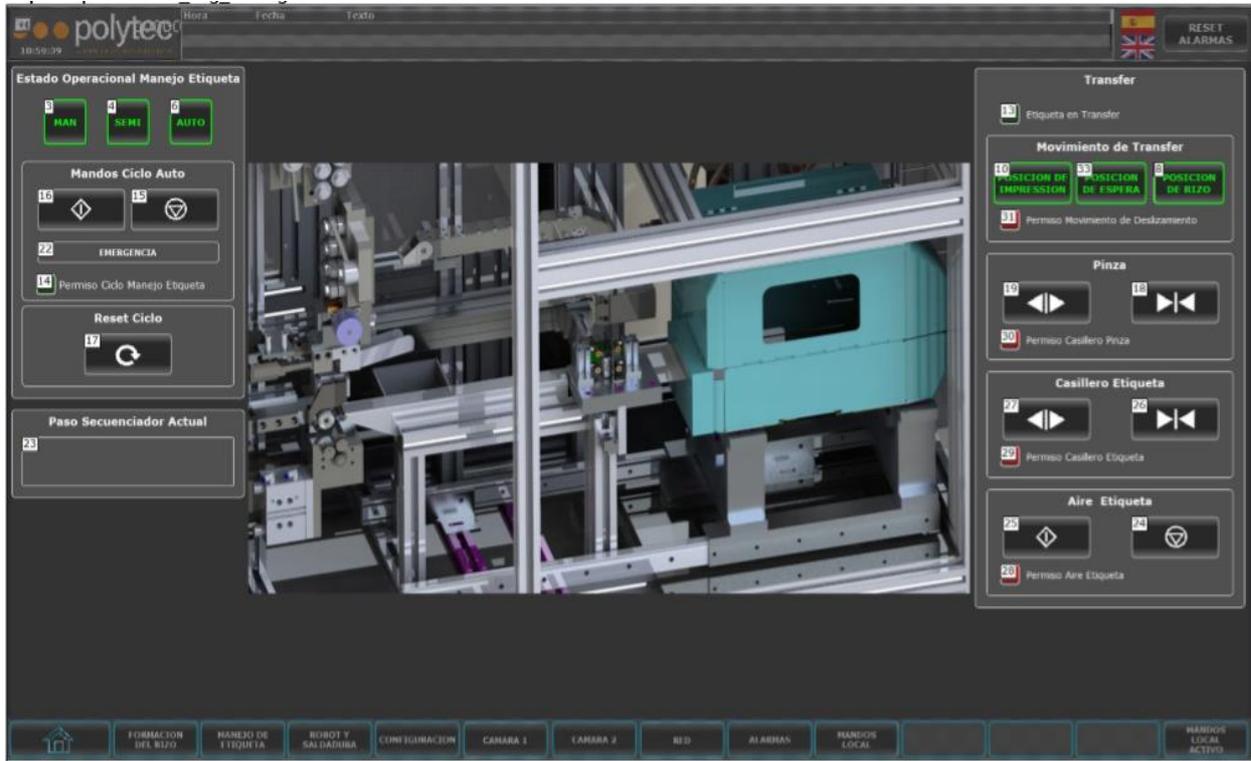


Ilustración 71. Pantalla principal de la gestión de etiquetas.

Lo que marcan cada uno de los botones, se recogen en las siguientes tablas.

		<p>El botón de Man para establecer el</p> <p>Sección de administración de etiquetas en</p> <p>Manual. Color verde</p> <p>significa que el modo manual se selecciona.</p>
		<p>El botón Semi para establecer el</p> <p>Sección de administración de etiquetas en</p> <p>semiautomático. Semi-automático ejecuta un ciclo completo y paradas.</p> <p>Color verde intermitente</p> <p>significa que la semi-se selecciona el modo automático.</p>
		<p>El botón Automático para configurar el</p> <p>Sección de administración de etiquetas en</p> <p>Automático. Color verde</p> <p>significa que la se selecciona el modo.</p>
		<p>Este botón se utiliza para configurar la Gestión de Etiquetas en Automático. El color verde significa que el auto/semi-auto ciclo está activo.</p> <p>El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es Verde.</p>
		<p>Este botón se utiliza para configurar la gestión de etiquetas sección en AUTO OFF, es decir.</p>

		<p>modo manual. Color rojo significa que la auto-ciclo automático está inactivo. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es Verde.</p>
		<p>Este campo muestra la estado de funcionamiento. El valor puede ser uno de los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Emergencia Seguridad Error Manual Automático
		<p>Al pulsar este botón, el secuenciador de gestión de etiquetas se restablece.</p>
		<p>Cuando la etiqueta ManagementPermission LED es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar lo anterior Comandos. Los usuarios pueden ver todo el individuo permisos haciendo clic en el LED y un resumen ventana aparecerá mostrando todo lo necesario Permisos. Permisos que están activos tendrán un LED verde junto a ellos.</p>

Tabla 31. Bontones para el modo de operación.

		Este campo muestra el paso actual del secuenciador de suministro de etiquetas.

Tabla 32. Secuencia manual.

		<p>El botón Posición de curva para mover la diapositiva en la posición de impresión manualmente (posición para crear curvatura). El color verde significa que la diapositiva está en esta posición.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED PERM Move Tag Slide es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen, mostrando todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED verde junto a él.</p>

Tabla 33. Permisos para la secuencia automática de la gestión de etiquetas.

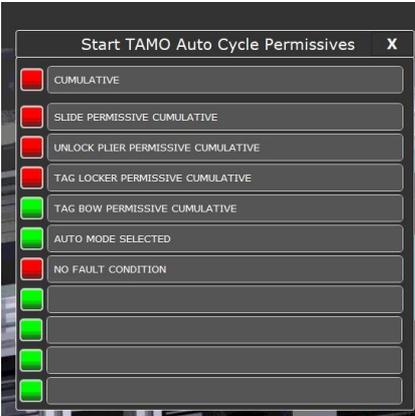
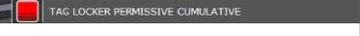
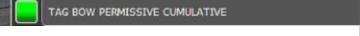
		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y, por lo tanto, habilitados para el modo automático.
		Este LED es verde cuando el permiso de diapositiva está activo.
		Este LED es verde cuando el permiso del alicate está bien.
		El LED es verde cuando el permiso del casillero de etiquetas es OK.
		El LED es verde cuando el permiso de soplado está bien. Esta funcionalidad permite al usuario soplar la etiqueta de la etiqueta
		dispositivo de suministro mediante la HMI.
		Este LED es verde cuando se activa el ciclo automático

Tabla 34. Movimiento de la etiqueta.

		<p>Los botones permiten al usuario desbloquear el posicionamiento de la etiqueta en la diapositiva 1 o la diapositiva 2.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Los botones permiten al usuario bloquear el posicionamiento de la etiqueta en la diapositiva 1 o la diapositiva 2.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED PERM Fwd/Rev es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos antedichos. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen, mostrando todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED verde al lado de él.</p>

Tabla 35. Permisos para bloquear/desbloquear el doblado de etiquetas.

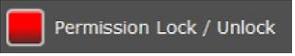
		<p>Este botón permite al usuario desbloquear la elevación de etiquetas en la diapositiva 1 o la diapositiva 2.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón permite al usuario desbloquear la elevación de etiquetas en la diapositiva 1 o la diapositiva 2.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED PERM Fwd/Rev es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos antedichos. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen, mostrando todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED verde junto a él.</p>

Tabla 36. Permisos para bloquear/desbloquear la elevación de etiquetas.

		<p>Este botón permite al usuario iniciar el soplado de aire de la etiqueta en la diapositiva 1 o la diapositiva 2. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón permite al usuario detener el soplado de aire de la etiqueta en la diapositiva 1 o la diapositiva 2. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>

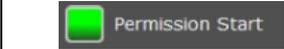
		<p>Cuando el LED de inicio de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen, mostrando todos los permisos necesarios. Si el</p>
---	---	--

Tabla 37. Manejo del soplado de aire.

4.- 30_RobotAndWelding: es la pantalla dedicada al proceso de soldadura del robot y del escaneo del paquete. Para ello, contiene nuevamente las tres opciones de modos: manual, automático y semiautomático, además de un botón para resetar el ciclo. Por otra parte, también tiene todos los mandos necesarios para realizar las operaciones en modo manual. También contiene un contador de intentos de reinicio, así como dos pulsadores para pedir hacer mantenimiento (parar al robot) y finalizar dicho mantenimiento. Por último, tiene cuatro medidores: tensión de la soldadura, corriente de la soldadura, compresión de la pinza y energía de soldadura, los cuales nos indican sendos valores alcanzados en las operaciones.

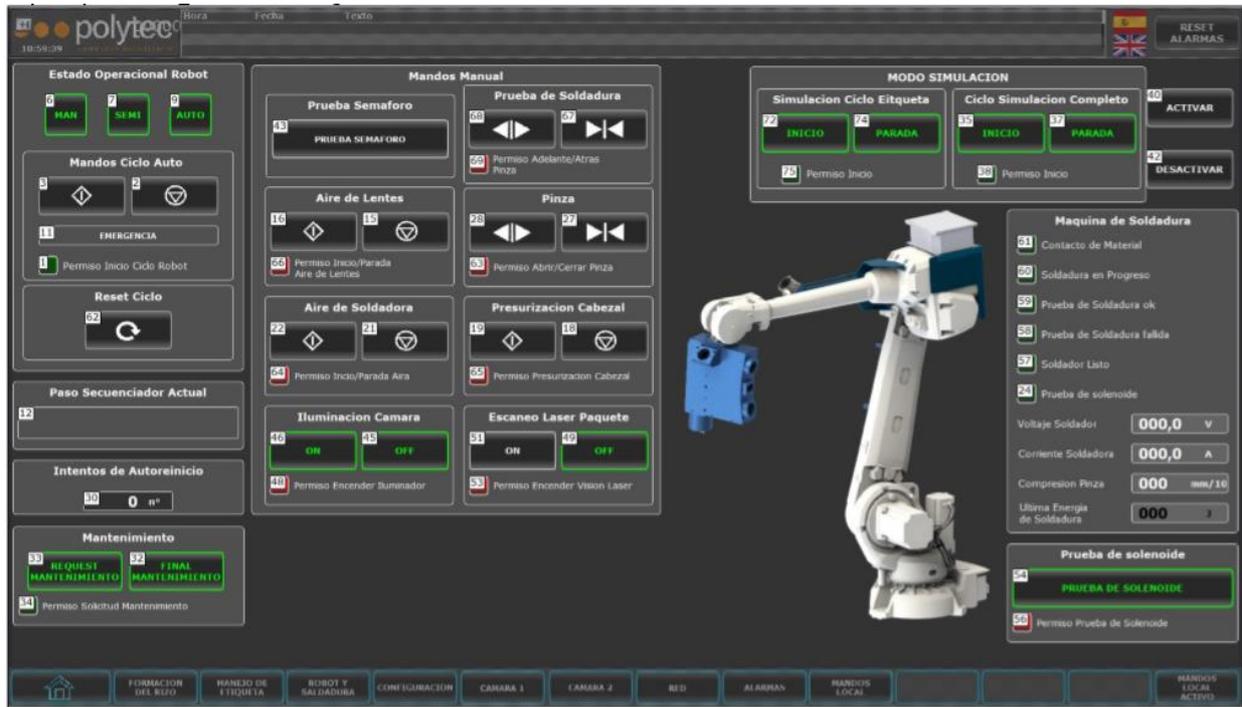


Ilustración 72. Pantalla principal del proceso de soldadura.

Lo que marcan cada uno de los botones, se recogen en las siguientes tablas.

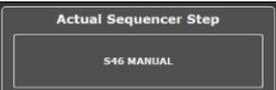
 <p>The screenshot shows a control panel with the following sections:</p> <ul style="list-style-type: none"> Robot Operating State: Three buttons labeled MAN, SEMI, and AUTO. The AUTO button is highlighted with a green border. Command Auto Cycle: Two buttons with diamond and inverted triangle symbols. The diamond button is highlighted with a green border. Permissives Start Robot Cycle: A green square indicator. Reset Cycle Command: A circular arrow button. Actual Sequencer Step: A box containing the text "S6 STARTING CONDITIONS". 		<p>El botón Man se utiliza para ajustar el robot en manual. El color verde significa que el modo manual está seleccionado.</p>
		<p>El botón Semi para ajustar el robot en semiautomático. Semiautomático ejecuta un ciclo completo y se detiene. El color verde parpadeante significa que el modo semiautomático está seleccionado.</p>
		<p>El botón Automático para ajustar el robot en automático. El color verde significa que el modo automático está seleccionado.</p>
		<p>El botón se utiliza para configurar el robot en AUTO... El color verde significa que el ciclo automático/semiautomático está activo.</p>
		<p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>El botón se utiliza para configurar el robot en AUTO OFF, es decir, el modo manual. El color rojo significa que el ciclo automático/semiautomático no está activo.</p>
		<p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este campo muestra el estado de funcionamiento actual. El valor puede ser uno de los siguientes:</p>
	<p>Manual de errores de seguridad de emergencias.</p>	

Tabla 38. Modos de operación del ciclo.

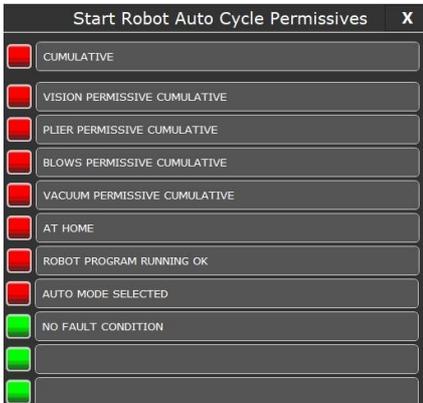
		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y, por lo tanto,
		el movimiento de la etiqueta para estar en modo automático.
		Este LED es verde cuando el
		permiso de visión está presente.
		Este LED es verde cuando el permiso del alicate está presente.
		Este LED es verde cuando el permiso de soplado está presente.
		Este LED es verde cuando el permiso de vacío está presente.
		Este LED es verde cuando el
		robot está en la posición de inicio.

Tabla 39. Permisos para el ciclo automático del robot.

		Este botón permite al usuario solicitar la "posición de mantenimiento" del robot. Esta posición permite al personal de mantenimiento acceder fácilmente a las abrazaderas, ventosas, etc. en la cabeza del robot. El color verde significa que el ciclo de mantenimiento está habilitado. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando se completa el mantenimiento, el usuario debe pulsar este botón para que el robot pueda volver a su posición HOME (el ciclo automático no se iniciará hasta que el usuario presione este botón después de tareas de mantenimiento).
		Cuando el LED de inicio/parada de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tienen un LED verde al lado.

Tabla 40. Mantenimiento.

		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema es,
		por lo tanto, habilitado.
		Este LED es verde cuando el robot está en la posición HOME.
		Este LED es verde cuando el programa robot se está ejecutando.
		Este LED es verde cuando el secuenciador del robot está en EL PASO 6 - INICIO - CONDICIONES.
		Este LED es verde cuando el robot no está en ciclo automático. El usuario puede iniciar el mantenimiento solo cuando se desactiva el ciclo automático.
		Este LED es verde cuando no hay fallas.

Tabla 41. Permisos para el mantenimiento.

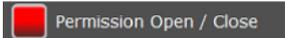
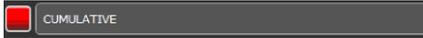
		Este botón permite al usuario desbloquear la abrazadera que sujeta el perno. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Este botón permite al usuario desbloquear la abrazadera. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de bloqueo/desbloqueo de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED y aparecerá una ventana de resumen, mostrando todos los permisos necesarios. Si el permiso es presente, tendrá un LED verde al lado.

Tabla 42. Permisos para abrir/cerrar la abrazadera.

		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema está, por tanto, habilitado para que la abrazadera esté en modo manual.
--	--	---

			Este LED es verde cuando el compresor de aire está en ON.
			El LED es verde cuando la comunicación entre el robot PLC y el robot está activa.
			Este LED es verde cuando la comunicación con el dispositivo DEVICENET (controlador robot) está activa.
			Este LED es verde cuando el E-STOP no está activo.

Tabla 43. Permisos para la realización del ciclo.

		Este botón permite al usuario iniciar el golpe de soldadura. El color verde significa que el vacío está activado solo cuando el LED de permiso es verde.
		Este botón permite al usuario detener el golpe de soldadura. El color rojo significa que el vacío está desactivado. Comando está habilitado sólo cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de inicio/parada de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente,

Tabla 44. Permisos para iniciar/para el ciclo.

			Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema, por lo tanto, está habilitado para que la abrazadera esté en modo manual.
			Este LED es verde cuando el compresor de aire está encendido.
			El LED es verde cuando la comunicación entre el robot PLC y el robot está activa.
			Este LED es verde cuando la comunicación con el dispositivo DEVICENET (controlador robot) está activo.

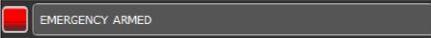
		Este LED es verde cuando el E-STOP no es Activo.

Tabla 45. Aviso de emergencia

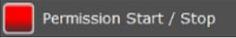
		Este botón permite al usuario iniciar la presurización del cabezal de soplado. El color verde significa que el golpe está encendido. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Este botón permite al usuario iniciar la presurización del cabezal de soplado. El color verde significa que el golpe está encendido. El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.
		Cuando el LED de inicio/parada de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tienen un LED verde al lado.

Tabla 46. Presurización del cabezal de soplado.

		Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema, por lo tanto, está habilitado para que la abrazadera esté en modo manual.
		Este LED es verde cuando el compresor de aire está encendido.
		El LED es verde cuando la comunicación entre el robot PLC y el robot está activa.
		Este LED es verde cuando la comunicación con el dispositivo DEVICENET (controlador robot) está activo.
		Este LED es verde cuando el E-STOP no está activo.

Tabla 47. Alarmas y emergencias.

		<p>Este botón permite al usuario iniciar el soplado de aire de la lente de la cámara. El color verde significa que el vacío está encendido.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón permite al usuario detener el soplado de aire de la lente de la cámara. El color rojo significa que el vacío está apagado.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED de inicio/parada de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tienen un LED verde al lado.</p>

Tabla 48. Soplado de aire.

		<p>Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema es, por lo tanto, habilitada para que la abrazadera esté en modo manual.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el compresor de aire está encendido.</p>
		<p>El LED es verde cuando la comunicación entre el robot PLC y el robot está activa.</p>
		<p>Este LED es verde cuando la comunicación con el dispositivo DEVICENET (controlador robot) está activo.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el E-STOP no es Activo.</p>

Tabla 49. Alarmas de la presurización del aire.

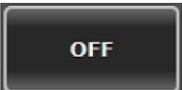
		<p>Este botón permite al usuario encender el iluminador. El color verde indica que el iluminador está activado.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
--	---	---

		<p>Este botón permite al usuario apagar el iluminador. El color verde indica que el iluminador está desactivado.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED del iluminador de habilitación PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED verde al lado.</p>

Tabla 50. Iluminación de la cámara.

		<p>Este LED es verde cuando todos los LED individuales son verdes y el sistema, por lo tanto, está habilitado para que la abrazadera estar en modo manual.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el compresor de aire está encendido.</p>
		<p>El LED es verde cuando la comunicación entre el robot PLC y el robot está activo.</p>
		<p>Este LED es verde cuando la comunicación con el dispositivo DEVICENET (controlador robot) es Activo.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el E-STOP no es Activo.</p>

Tabla 51. LEDS para realizar el ciclo.

		<p>Este botón permite al usuario encender el láser de escaneo. El color verde indica que el láser de escaneo está activado. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón permite al usuario desactivar el escaneo láser. El color verde indica que el láser de escaneo está desactivado. El comando solo está habilitado cuando el LED de permiso es</p>

		verde.
		<p>Cuando el LED del iluminador de encendido PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED junto a él.</p>

Tabla 52. Láser de escaneo.

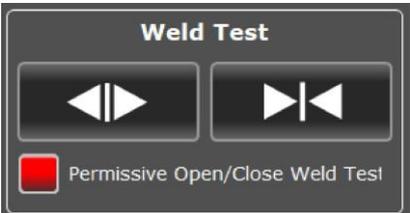
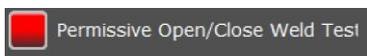
		<p>Este botón permite al usuario iniciar el golpe de soldadura. El color verde significa que el vacío está encendido</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Este botón permite al usuario detener el golpe de soldadura. El color rojo significa que el vacío está desactivado Comando está habilitado sólo cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED de inicio/parada de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tienen un LED verde al lado</p>

Tabla 53. Iniciar/Parar la soldadura.

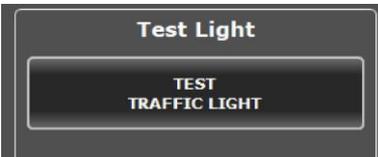
		<p>Este botón permite al usuario probar los semáforos situados en la parte superior del habitáculo.</p> <p>El comando solo se activa cuando el LED de permiso es verde.</p>
---	---	---

Tabla 54. Probar los semáforos.

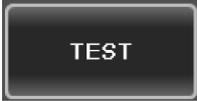
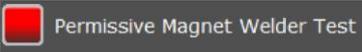
		<p>Este botón permite al usuario probar el imán. El color verde indica que el imán está encendido. Los comandos solo están habilitados cuando el LED de permiso es verde.</p>
		<p>Cuando el LED de prueba de imán PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tienen un LED verde al lado.</p>

Tabla 55. Probar imán.

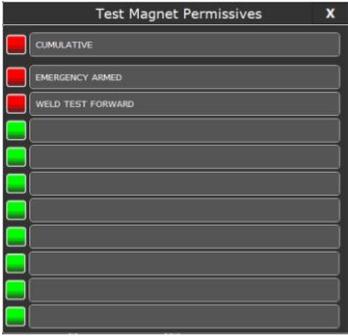
		<p>Este LED es verde cuando todos los LEDs individuales sean verde.</p>
		<p>Este LED es verde cuando el E-STOP no está activo.</p>
		<p>Prueba de soldadura hacia adelante</p>

Tabla 56. Permisos para la gestión de etiquetas.

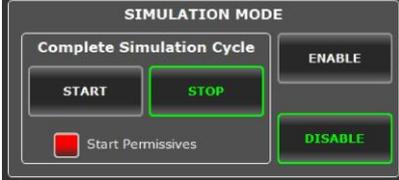
		<p>Este botón permite al usuario habilitar el ciclo de simulación. El color verde indica que el ciclo está habilitado.</p>
		<p>Este botón permite al usuario deshabilitar el ciclo de simulación. El color verde indica que el ciclo está deshabilitado.</p>

Tabla 57. Habilitar ciclo de simulación

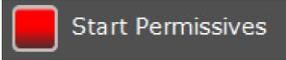
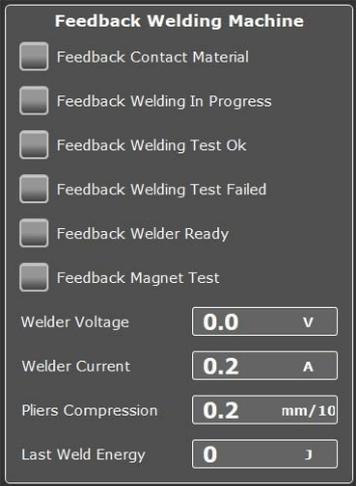
		Este botón permite al usuario iniciar el ciclo de simulación. El color verde indica que el ciclo está activado.
		Este botón permite al usuario detener el ciclo de simulación. El color verde indica que el ciclo está desactivado.
		Cuando el LED de inicio de PERM es verde, indica que los permisos están presentes para utilizar los comandos anteriores. Los usuarios pueden ver todos los permisos individuales haciendo clic en el LED; aparecerá una ventana de resumen que muestra todos los permisos necesarios. Si el permiso está presente, tendrá un LED verde al lado de él.

Tabla 58. Iniciar el ciclo de simulación.

		Retroalimentación de la máquina de soldadura que indica que hay contacto con el paquete. El verde indica que se hizo el contacto.
		Este LED de retroalimentación de la máquina de soldadura es verde cuando la soldadura está en curso.
		Este LED de retroalimentación de la máquina de soldadura es verde cuando la soldadura está bien.
		Este LED de retroalimentación de la máquina de soldadura se vuelve rojo para indicar que la soldadura falló.
		Retroalimentación de la máquina de soldadura que indica que la máquina está lista para soldar. El verde indica que la máquina está lista.
		Este LED de retroalimentación de la máquina de soldadura es verde cuando se está produciendo la prueba del imán.
		Valor de tensión
		Valor actual
		Posición de la pinza

	Last Weld Energy <input type="text" value="0"/>	Energía de última soldadura
--	---	-----------------------------

Tabla 59. Datos de la soldadura.

Auto Restart Attempts After Controlled Alarms <input type="text" value="n"/>		El usuario puede insertar el número de intentos de reiniciar el ciclo automático después de una alarma/advertencia.
--	--	---

Tabla 60. Contador de intentos para el reinicio del ciclo.

5.- 42_Camera_Surge1: esta es una cámara interna del robot, para el visionado del mismo.



Ilustración 73. Cámara de visionador interior de la isla robotizada (I).

6.- 44_Camera_Surge2: igual que la anterior. Una cámara interna del robot para el visionado del mismo.

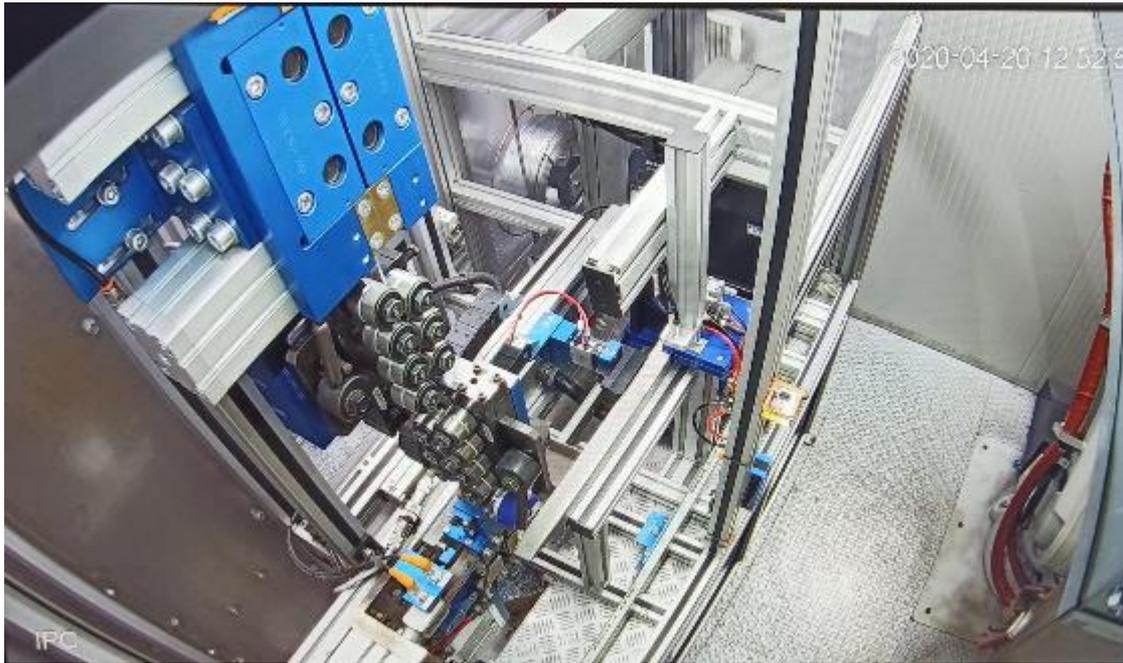


Ilustración 74. Cámara de visionador interior de la isla robotizada (II).

7.- 50_CurrentAlarms: es una pantalla en la cual aparecen todas las alarmas actuales que han ido surgiendo. La información que se tiene de las alarmas es hora, fecha y descripción de la misma. Así mismo, existe un botón para resetar las alarmas, al igual que uno para ver el histórico de las misma

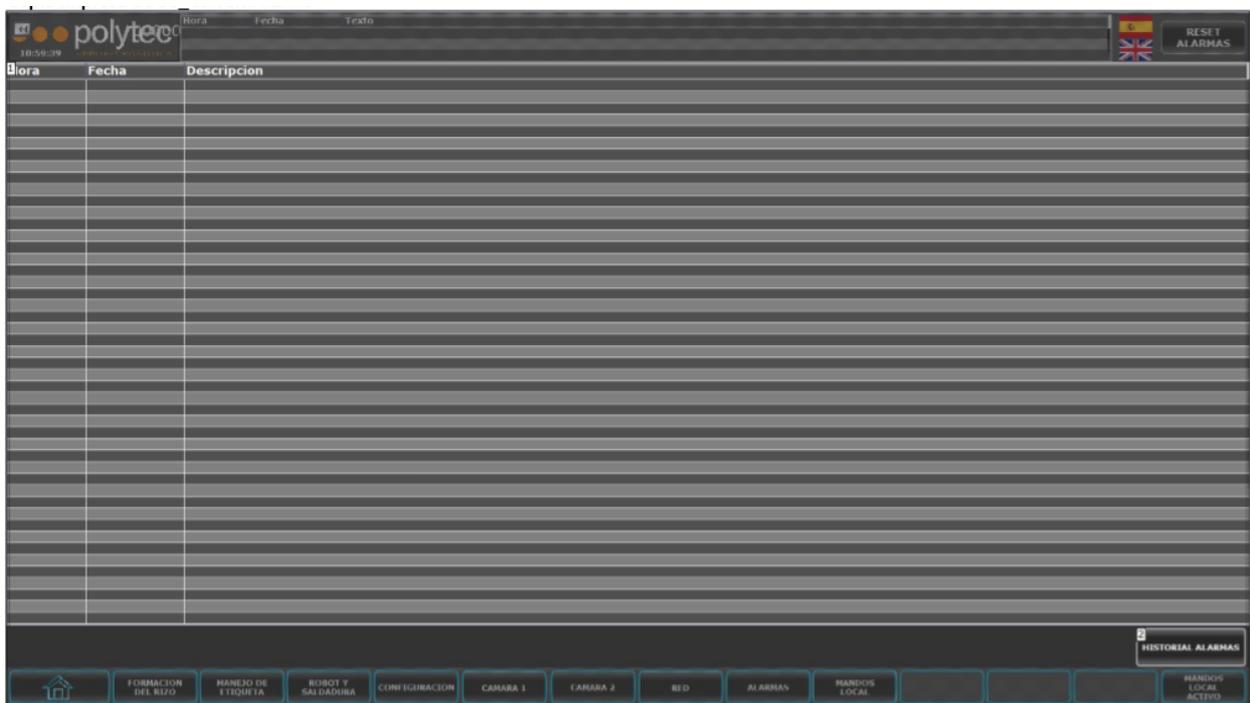


Ilustración 75. Pantalla de alarmas.

Hay tres categorías diferentes de alarmas, cada una identificada por un color:

- Rojo: alarmas graves. Si se produce esta alarma, el secuenciador del robot se detiene y el robot entra en

modo de falla.

- Naranja: alarmas controladas. Si se produce esta alarma, el secuenciador del robot se reinicia. El secuenciador intentará reiniciar tantas veces como el número establecido en la página "Robot – General". Si los reinicios intentados superan el número establecido en la página Robot – General, el secuenciador se detiene y el robot entra en modo de error.
- Amarillo – Advertencias. El robot no entrará en modo de falla.

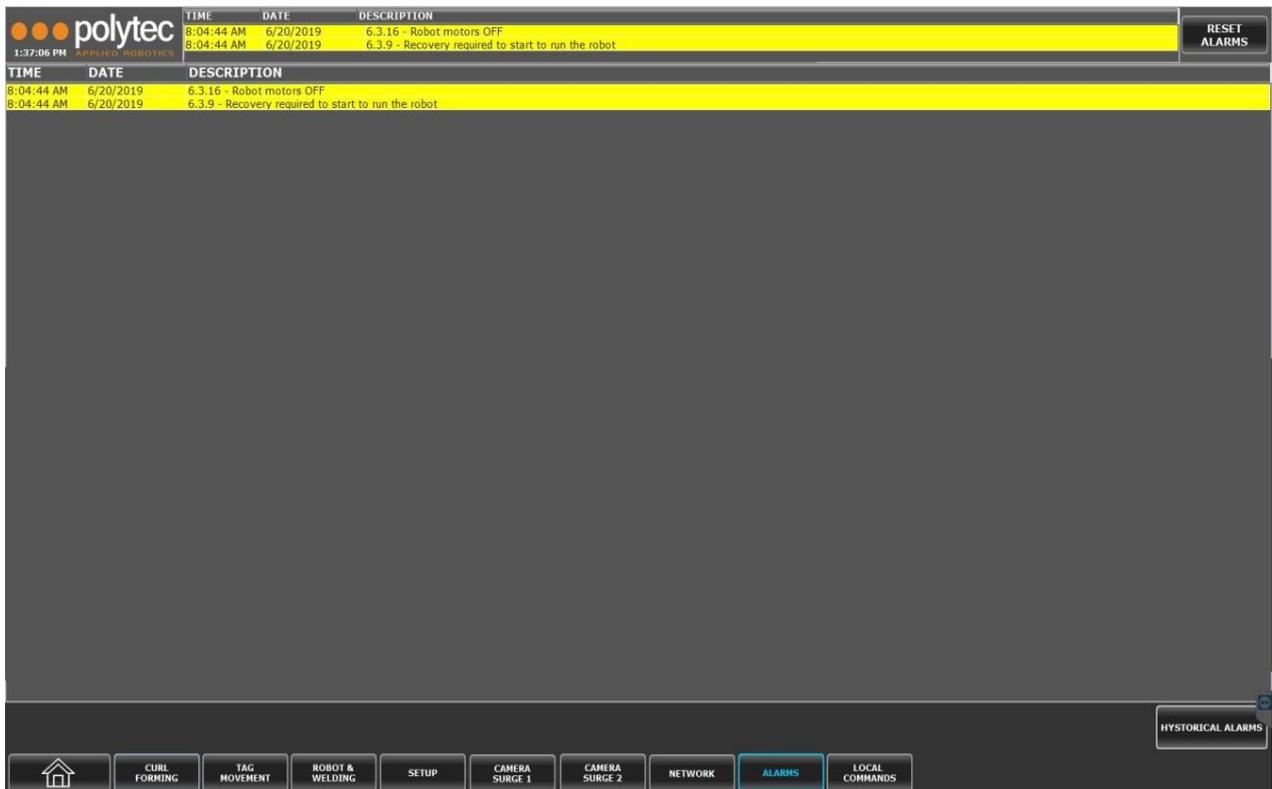


Ilustración 76. Pantalla de alarmas.

8.- 51_HistoricalAlarms: es la pantalla a la que se accede de pulsar el botón de historial de alarmas. Es exactamente igual que la anterior con la salvedad que el botón de historial alarmas es sustituido por el de alarmas, por lo que, al pulsar este, se volvería a la pantalla de alarmas.

-

TIME	DATE	DESCRIPTION
8:04:44 AM	6/20/2019	6.3.16 - Robot motors OFF
8:04:44 AM	6/20/2019	6.3.9 - Recovery required to start to run the robot
12:19:15 PM	6/20/2019	1.3.2 - Stop for request Change wire by Clothed Counter (TAB_DIS)
10:31:45 AM	6/20/2019	6.2.2 - Welder not ready to work (TEP_RF) (27U1)%11.0
10:31:40 AM	6/20/2019	1.3.03 - Thermal Protection Dryer (TEP_RF) (30Q1) (%0.0)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.08 - Error Safety Digital Input module (TEP_RF) (330A3)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.07 - Thermal Protection 400V Magnet (TEP_RF) (25Q1/25Q2) (%0.0)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.12 - Error Safety Digital Output module (TAB_DIS) (330A6)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.11 - Error Safety Digital Input module (TAB_DIS) (330A4)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.10 - Error Safety Digital Output module (TEP_RF) (330A9)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.09 - Error Safety Digital Input module (TEP_RF) (330A7)
10:31:40 AM	6/20/2019	1.1.8 - Pul Wire sensor (TAB_DIS) (%13.5)
10:31:40 AM	6/20/2019	5.2.10 - Communication lost between Polytag and service printer section
10:31:40 AM	6/20/2019	5.3.5 - Printer task not running, verify on dedicate service
10:31:40 AM	6/20/2019	6.2.6 - Lost communication between Polytag PLC and Gerdaou PLC (Watchdog)
10:31:40 AM	6/20/2019	6.2.3 - Lost communication between Polytag PLC and ROBOT (Watchdog)
10:31:40 AM	6/20/2019	6.2.2 - Welder not ready to work (TEP_RF) (27U1)%11.0
10:31:40 AM	6/20/2019	6.2.1 - Communication lost between Polytag and service vision section
10:31:40 AM	6/20/2019	6.2.52 - Vision task not running, verify on dedicate service
10:31:40 AM	6/20/2019	6.1.1 - Problem problem diagnosed on mode ROBOT
10:31:40 AM	6/20/2019	6.1.16 - Error of communication with remote device
10:31:40 AM	6/20/2019	6.1.13 - Timeout restart program, recovery robot
8:04:58 AM	6/20/2019	6.3.18 - Vision task not running, verify on dedicate service
8:04:57 AM	6/20/2019	1.3.15 - Logs task not running, verify on dedicate service
8:04:56 AM	6/20/2019	1.3.11 - Communication lost between Polytag and service logs section
8:04:54 AM	6/20/2019	1.3.16 - Welder task not running, verify on dedicate service
8:04:54 AM	6/20/2019	1.3.12 - Communication lost between Polytag and service welder section
8:04:52 AM	6/20/2019	5.3.5 - Printer task not running, verify on dedicate service
8:04:44 AM	6/20/2019	1.3.03 - Thermal Protection Dryer (TEP_RF) (30Q1) (%0.0)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.3.16 - Welder task not running, verify on dedicate service
8:04:44 AM	6/20/2019	1.3.15 - Logs task not running, verify on dedicate service
8:04:44 AM	6/20/2019	1.3.12 - Communication lost between Polytag and service welder section
8:04:44 AM	6/20/2019	1.3.11 - Communication lost between Polytag and service logs section
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.07 - Thermal Protection 400V Magnet (TEP_RF) (25Q1/25Q2) (%0.0)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.05 - External emergency from line PLC (EX_MAIN_FC) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.04 - General air pressure missing (TAB_DIS) (330B6) %0.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.03 - Emergency button pressed on robot cabinet (TEP_RF) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.01 - Emergency button pressed on main cabinet (TEP_RF) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.12 - Error Safety Digital Output module (TAB_DIS) (330A6)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.11 - Error Safety Digital Input module (TAB_DIS) (330A4)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.10 - Error Safety Digital Output module (TEP_RF) (330A9)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.09 - Error Safety Digital Input module (TEP_RF) (330A7)
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.11 - Door key activated (TEP_RF) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.30 - Wire Storage door open (TAB_DIS) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.26 - Emergency button pressed on PLC1 (TAB_DIS) %0000.0
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.6 - Pul Wire sensor not present (TAB_DIS) (330A1) %13.5
8:04:44 AM	6/20/2019	1.1.3 - Fail Wire Drive (TAB_DIS) (330A1) %110.0

Ilustración 77. Pantalla de histórico de alarmas.

9.- 61_Setup_CurlForm: es la pantalla para la configuración de la operación de formación del rizo. En ella, se puede meter tanto la dimensión de la bobina de hilo, como la dimensión del propio rizo.

Hora	Fecha	Texto
10:59:39		
5000000		Dimension de la Bobina
500		Dimension del Rizo
5,000		lbl_2
5,000		lbl_3
5,000		lbl_4
5,000		lbl_5
5,000		lbl_6
5,000		lbl_7
5,000		lbl_8
5,000		lbl_9
5,000		lbl_10
5,000		lbl_11
5,000		lbl_12
5,000		lbl_13
5,000		lbl_14
5,000		lbl_15
5,000		lbl_16
5,000		lbl_17
5,000		lbl_18
5,000		lbl_19

Ilustración 78. Pantalla de configuración de datos para la formación del rizo.

10.- 62_Setup_Robot: es la pantalla que configura todos los valores necesarios para el proceso de coger la etiqueta (compresión de la pinza) y soldar. Para ello se han definido una serie de valores tales como el área de soldadura en el paquete o la compresión de la pinza

11.- 63_Setup_TagMove: es la pantalla encargada de configurar la gestión de etiquetas. En este caso, no ha habido que configurar ninguno de los valores.

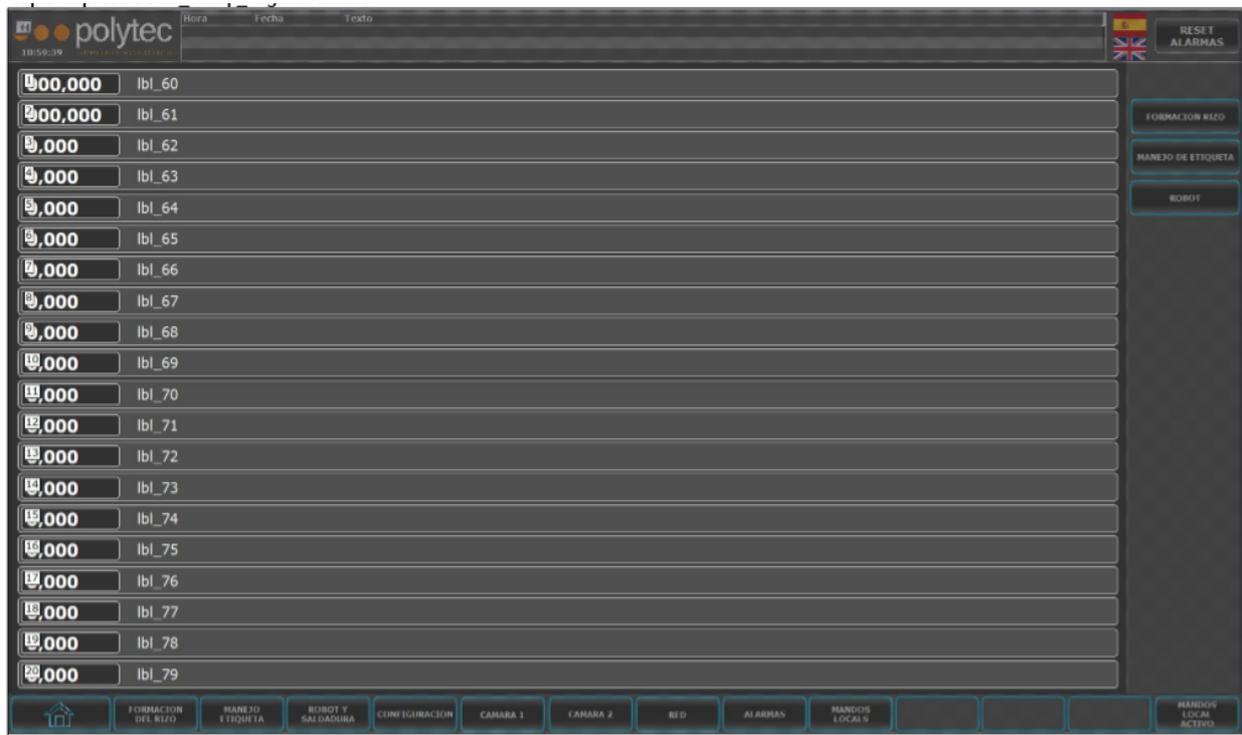


Ilustración 790. Pantalla de configuración de datos para los movimientos del robot.

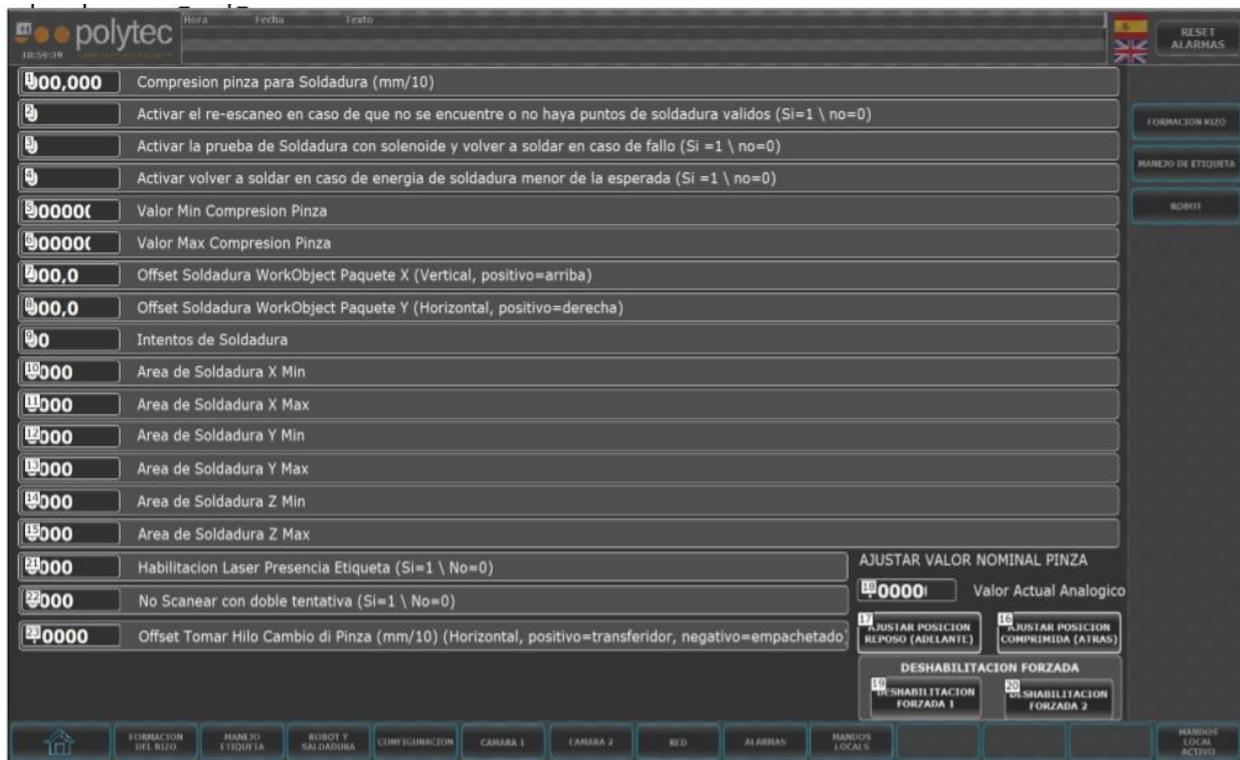


Ilustración 81. Pantalla de configuración de datos para los movimientos del robot.

12.- 70_Network: En la página de red, los usuarios pueden supervisar el estado de la red y las utilidades. Cuando se pierde la comunicación con una utilidad, aparecerá una X roja en la utilidad. La impresora, los informes y los servicios de redundancia están en el servidor. El servicio de soldadura (un servicio es una aplicación que envía alarmas o mensajes de error a la pantalla HMI) está en el PC HMI del robot. El servicio de visión está en un PC dedicado. El cliente robot y el cliente de visión no pueden ser ni el maestro ni la redundancia de gestión.

13.- 80_LocalCommands: es la pantalla que da la opción de poner la configuración en mandos locales para realizar las operaciones en modo manual o no.

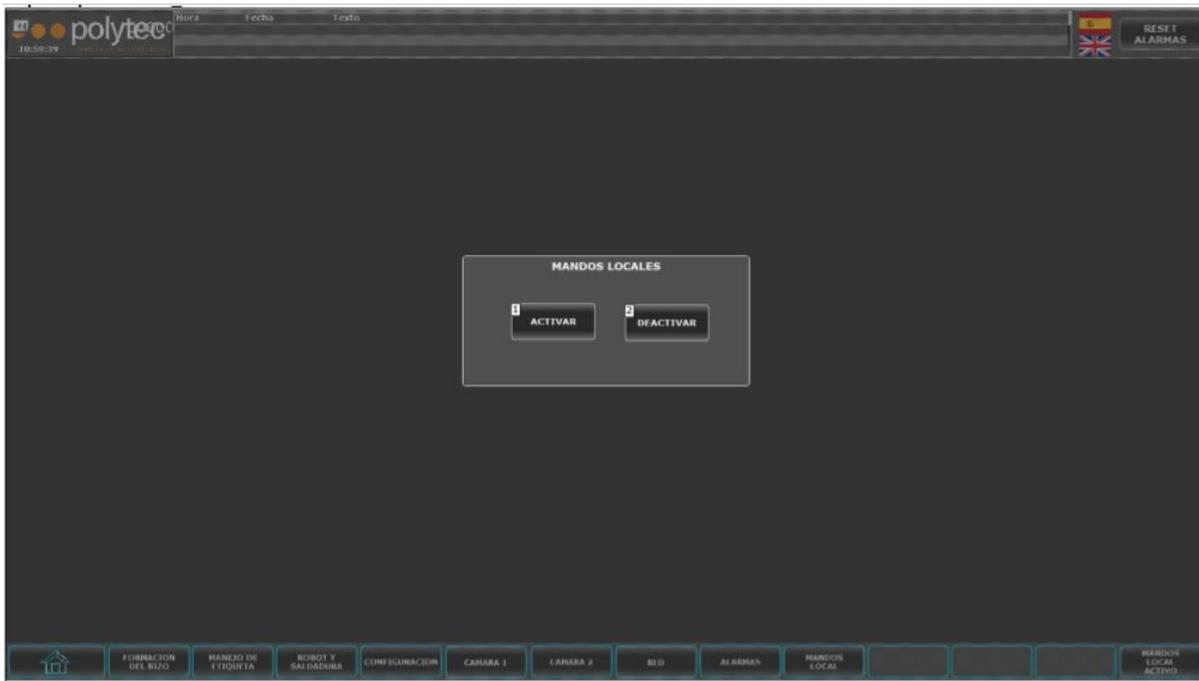


Ilustración 80. Pantalla para poner los mandos en local.

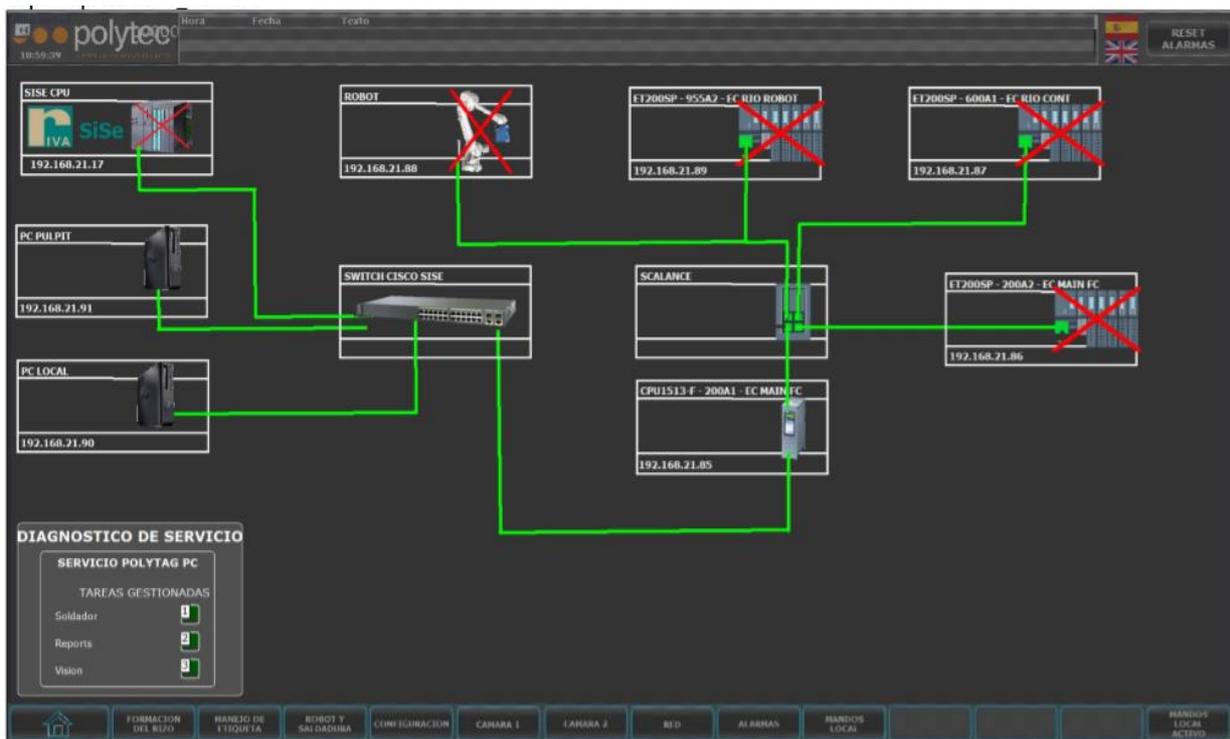


Ilustración 81. Vista de red de los dispositivos

Como se puede ver, en todas las pantallas, en la parte inferior, existe la opción de ir a cualquier pantalla. Una especie de menú que agiliza todo el proceso de cambio de pantallas.

Igualmente, en la parte superior, se tiene tanto la opción de poder cambiar el idioma de español a inglés y viceversa, como una pequeña ventana de las alarmas que van apareciendo durante el transcurso del trabajo del robot, como el reset de alarma. De esta manera, si sale una alarma, la inmediatez de detección es instantánea ya que ese recuadro superior siempre va a ser visible en cualquiera de las pantallas. De la misma forma que, una vez solucionada la alarma, existe también el botón de reset en todas las pantallas.

Una vez acabado el HMI del robot, el HMI del pupitre es exactamente igual, con lo que se tienen dos opciones. Una de ellas, y la más compleja, es realizar todos los pasos uno a uno como se ha explicado antes. La otra y la más rápida, es copiar toda la estación de PC y copiarla, copiando exactamente lo mismo que ya se ha creado, debiendo cambiar solamente el nombre de la estación.

Una vez finalizadas las estaciones de PC y el HMI, se pasaría con las ET200 S. La primera que aparece es la ET200 S del PLC.

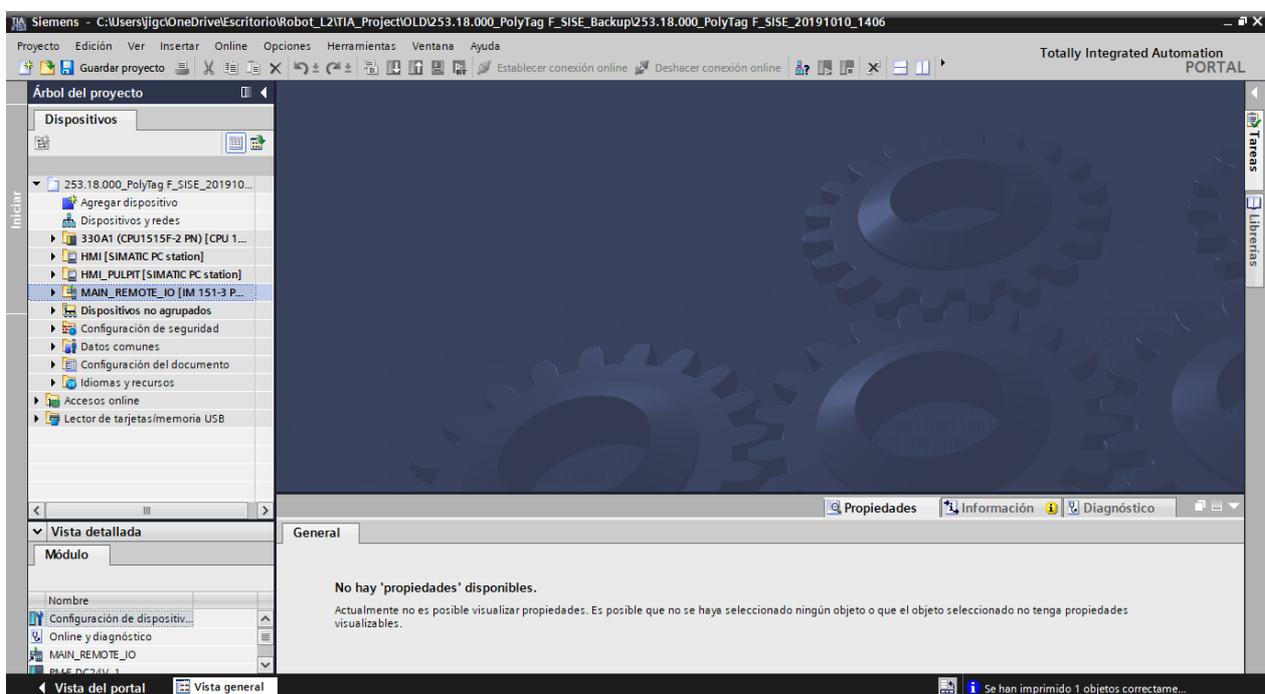


Ilustración 82. Pantalla principal de TIA Portal.

Si se abre la carpeta, va a aparecer los dispositivos que configuramos anteriormente, es decir, la ET200 S y sus correspondientes tarjetas.

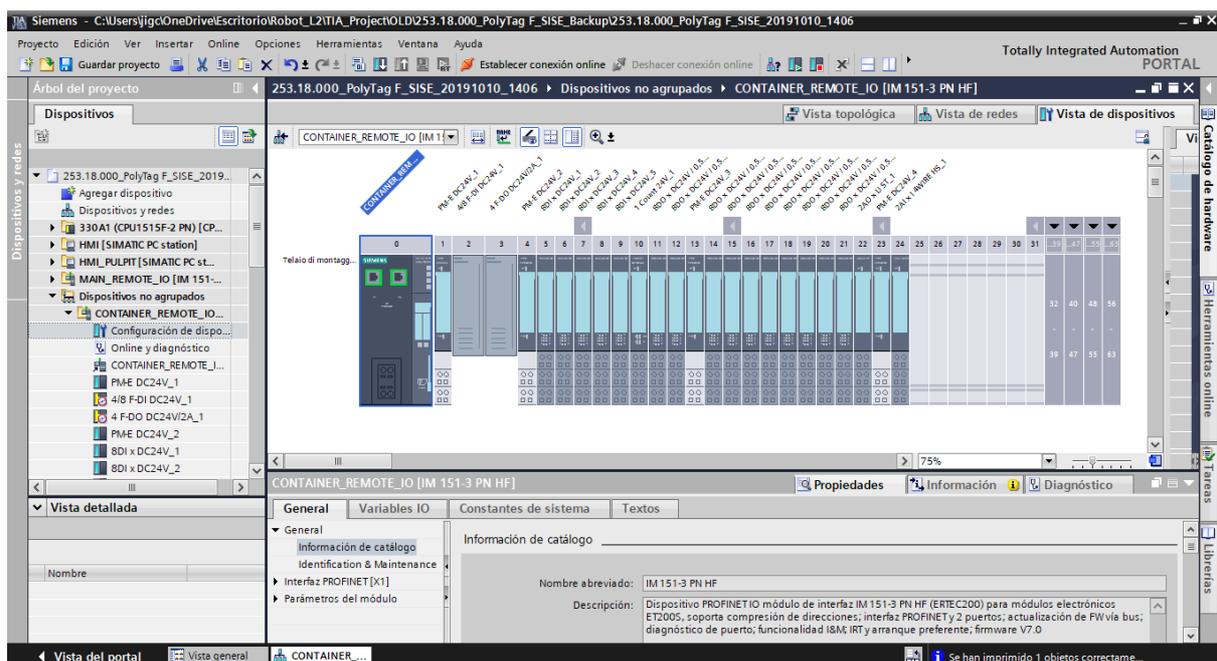


Ilustración 83. Vista de la ET200 S del robot.

Por lo tanto, no existe nada de programación, por lo que se pasaría a la siguiente de las carpetas, que es el contenedor del robot.

En esta, pasa exactamente lo mismo. Es una ET200 S con sus tarjetas conectadas y no existe nada de programación.

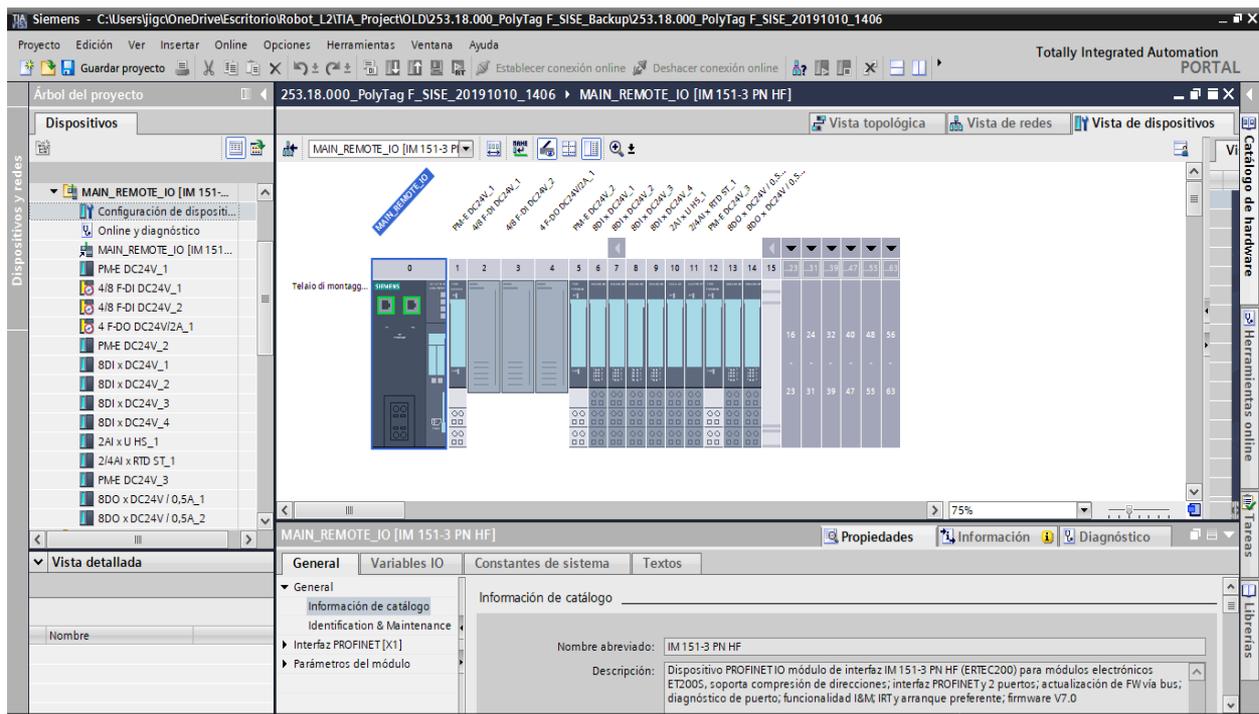


Ilustración 84. Vista de la ET200 S del robot

Por último, quedaría el robot. Como no podía ser de otra manera, esta carpeta del robot es única y exclusivamente para añadir los dispositivos y configurarlos y de esta manera poder comunicarse a través de PROFINET IO entre el PLC y el robot.

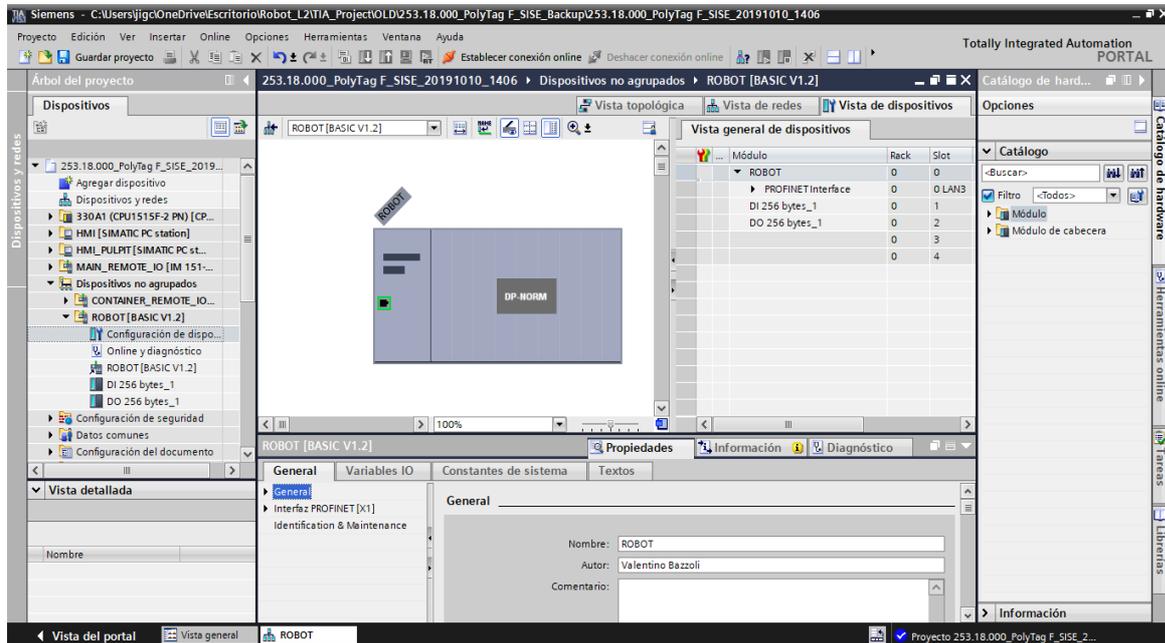


Ilustración 85. Vista del dispositivo del robot en TIA Portal.

Como se ve en la figura, es un módulo Basic V1.2, el cual maneja las entradas y salidas del robot a través de comunicación Profinet. Como se observa en la siguiente figura, toda la relación existente del robot con el resto de elementos del proyecto, se realiza a través de Profinet.

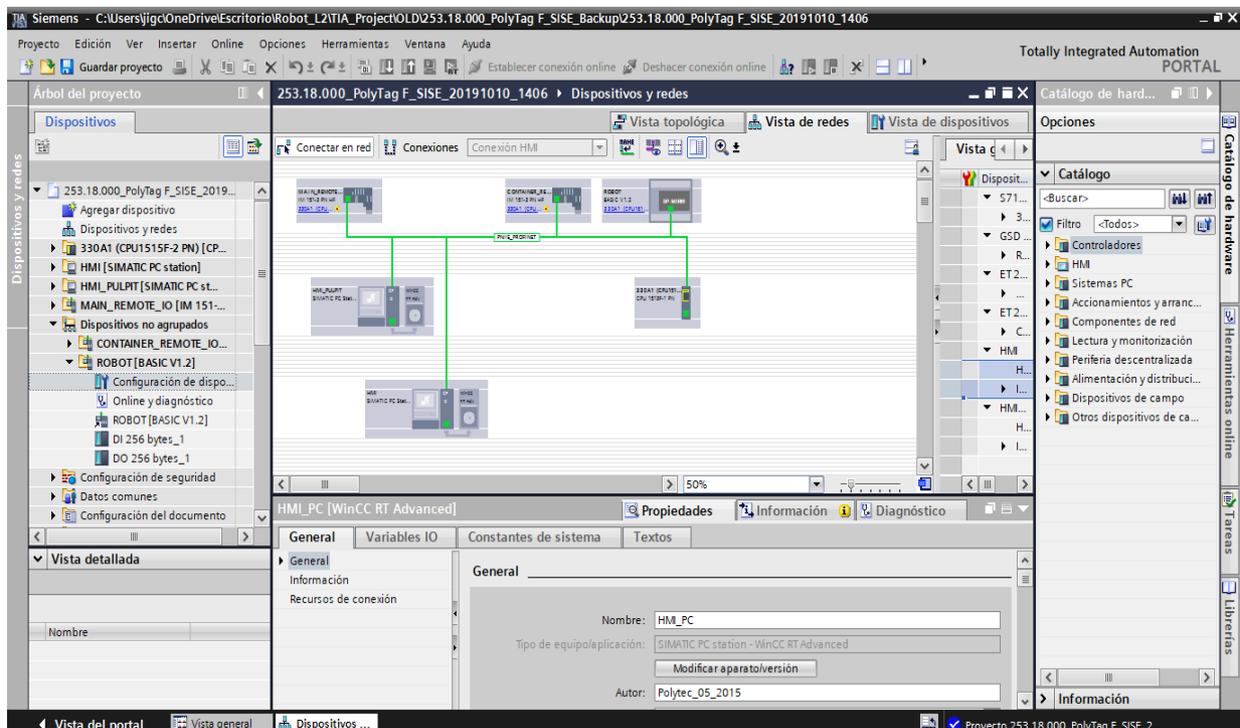


Ilustración 86. Vista de redes en TIA Portal.

Teniendo 254 Bytes de entrada y 256 Bytes de salida, todas de tipo booleana y con una dirección cada una.

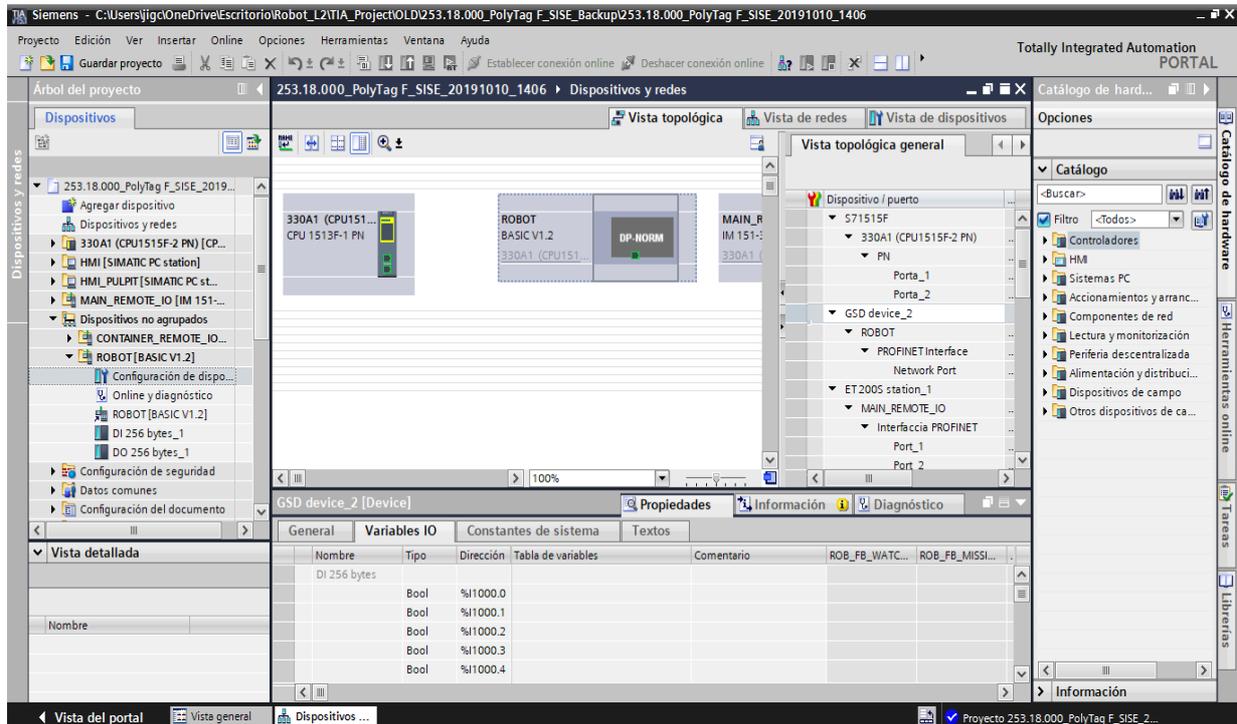


Ilustración 87. Vista topológica en TIA Portal

De esta manera, se concluye toda la parte del PLC, tanto de hardware como de software, centrándose esta al 100% en el programa de TIA Portal.

3.3. OTROS ELEMENTOS.

3.2.3. Cámara de visión.

Para comenzar con el último de los componentes del proyecto, se va a hablar de la cámara de visión. Debido a que el software de esta parte se le encargó a una empresa externa, de procedencia italiana y, por ende, es propiedad suya y en ningún momento ha accedido a prestarlo, ni siendo esto un fin académico, se va a proceder a explicar el hardware de la cámara junto a algunas de sus funciones e intentar, de la mejor manera posible, entender el máximo posible del funcionamiento de la misma.

Ésta, va a ir situada sobre el robot, en una especie de complemento de la muñeca.

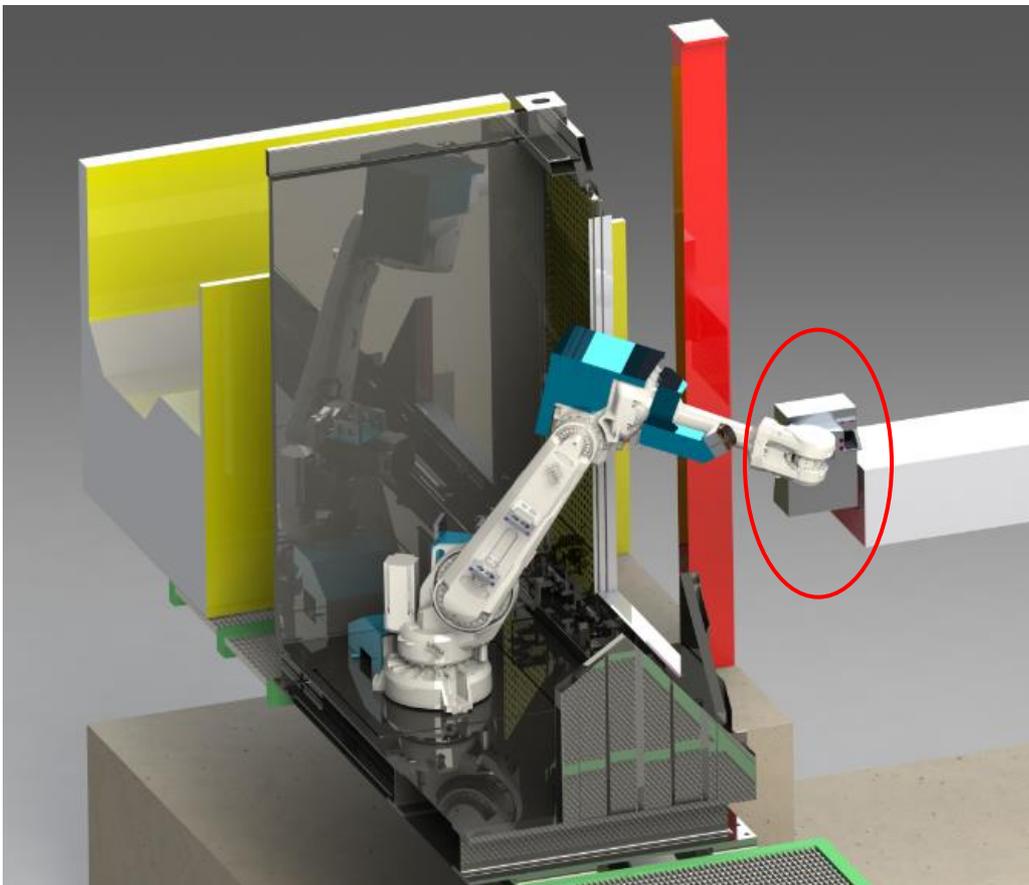


Ilustración 88. Señalización de la cámara.

Siendo la cámara real utilizada la siguiente.



Ilustración 89. Cámara C5-4090

Siendo la instalación real la que se muestra a continuación.



Ilustración 90. Cámara de visión.

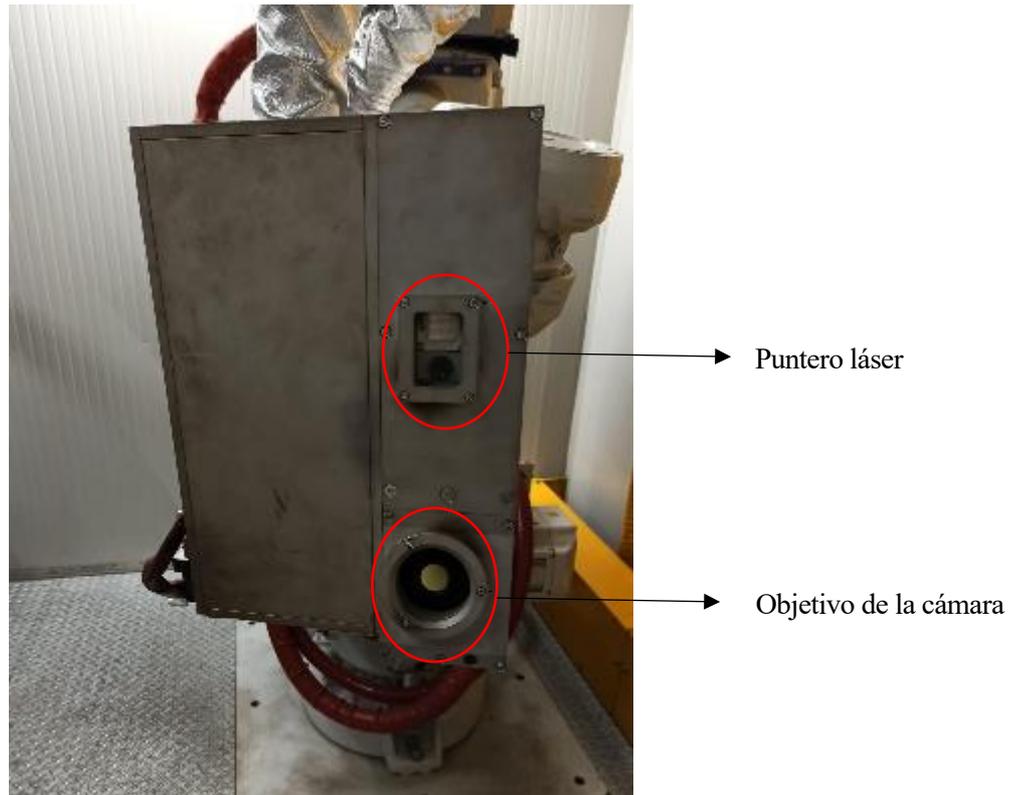


Ilustración 91. Cámara de visión (I)

Como se ve en las imágenes, el proyector láser el cual hace el escaneo del perfil del paquete va acoplado en el mismo cuerpo de la cámara formando un único conjunto, el cual se acopla a la muñeca del robot. De esta manera, es el propio robot el que realiza el movimiento de abajo hacia arriba recorriendo toda la cara del paquete para su escaneo por el proyector láser y, a través de la triangulación láser, se obtiene el perfil 3D del paquete, como se explicará más adelante.

La imagen que se obtiene del escaneo del paquete por la cámara para el posterior análisis por el PLC, es la siguiente.



Ilustración 92. Imagen del paquete escaneado.

Pero primero, definir que la cámara usada ha sido de la marca Automation Technology (AT), la serie C5 y, dentro de este tipo, más específicamente, la 4090-GigE.

La serie C5 de esta marca se caracteriza por estar compuesta por sensores 3D de resoluciones de hasta 12 Megapíxeles, capturando información 3D con velocidades de hasta 200000 perfiles por segundo, según el modelo elegido con una resolución de hasta 4096 píxeles por perfil, entiendo por perfil como la imagen 3D que la cámara va a medir mediante triangulación láser como se explicará más adelante.

Además, las cámaras de esta serie están equipadas con carcasas industriales con grado de protección IP67.

Dentro de la serie C5, existen 4 tipos de tipos.

- C5-1280-GigE.
- C5-2040(-4M*)-GigE.
- C5-3360-GigE.
- C5-4090-GigE.

Las especificaciones generales de las cámaras de la serie C5 son las siguientes:

- Entradas digitales: 2 entradas digitales de 24 V. DC
- Salidas digitales: 2 salidas digitales de 24 V. DC
- Encoder: Interfaz de resolución con señales AA, B, /B, Z, /Z de alta velocidad, Triple RS-422 / RS-485 Receptor máx. Voltaje de entrada TTL (HTL opcional a 24 V CC)
- Salidas analógicas: rango de 0-5 V.
- Interfaz de datos: GigE visión con protocolo GenICam.
- Tensión de alimentación: 10-24 V. DC.
- Montura de la lente: C-Mount / M42 con adaptador F-Mount.
- Dimensiones de la cámara: 55 x 55 x 55 mm.
- Peso: 200 g.
- Temperatura de operación: -30 °C a 70°C
- Requerimientos del PC: Gigabit Ethernet NIC.
- Sistema operativo: Windows 10/8/7/XP, Vista, Linux.

- Entorno de software: Herramienta de configuración CX-Explorer, GenICam API, Compatible con cualquier biblioteca de procesamiento de imágenes compatible con GigE Vision, por ejemplo, CVB, NI-IMAQ, HALCON, MIL, VisionPro, EyeVision, GOM.

Entre los diferentes tipos que contiene la serie C5 de cámaras de Automation Technology, la usada es la C5-4090-GigE, la cual tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Resolución de los sensores: 4096x3072
- Tamaño del píxel: 5.5 x 5.5 micras.
- Rango dinámico: 90 dB.
- Digitalización: 10 Bit.
- Sensibilidad: 4.64 V/luxs
- Algoritmo del sensor: MAX, TRSH, COG, FIR-PEAK.
- Longitud del perfil en 3D: 4096 píxeles por perfil.
- Velocidad máxima de fotograma: 32 fps.

Por lo tanto, y, una vez que se ha definido las características específicas del tipo C5-4090-GigE, y de las generales de la serie C5, se van a comentar algunas características y propiedades de ésta.

Uno de los principales motivos por la que se ha escogido esta serie para la cámara del robot es, sin ninguna duda, el proceso optimizado para la medición del perfil 3D mediante la técnica de triangulación láser.

La extracción de perfiles 3D se realiza en la cámara mediante procesadores Field Programmable Gate Array de alto rendimiento. Al mismo tiempo, los datos del perfil 3D se envían a los dos PCs a través de una interfaz Gigabit Ethernet (GigE). Este alto rendimiento obtenido hace que aumente la velocidad de medición sin afectar en ningún momento el rendimiento de la unidad de procesamiento de imágenes conectadas.

Sin embargo, uno de los pequeños problemas que presenta las cámaras de la serie C5 es la disipación de calor ya que, dependiendo de las condiciones ambientales, la carcasa del sensor puede no proporcionar una superficie de refrigeración suficiente para disipar la pérdida de energía térmica, generada por la electrónica central y el chip del sensor.

Todas las cámaras 3D de la serie C5 cuentan con chips de sensor CMOS de alta velocidad. Una propiedad típica de estos sensores es que proporciona la mejor calidad de imagen por bajas temperaturas. Por lo tanto, habría que eliminar las altas temperaturas, las cuales conducirán a una reducción de la relación señal-ruido (SNR). Para eliminar estos efectos, es suficiente a menudo montar el sensor C5 en un material conductor de calor, como puede ser una superficie metálica.

Por otra parte, y entrando en la comparación de los tipos de cámaras que contiene la serie C5, se muestra una gráfica comparativa sobre la respuesta espectral de los sensores de la misma, dibujando la eficiencia cuántica en tanto por ciento de los mismos frente a la longitud de onda en nanómetro.

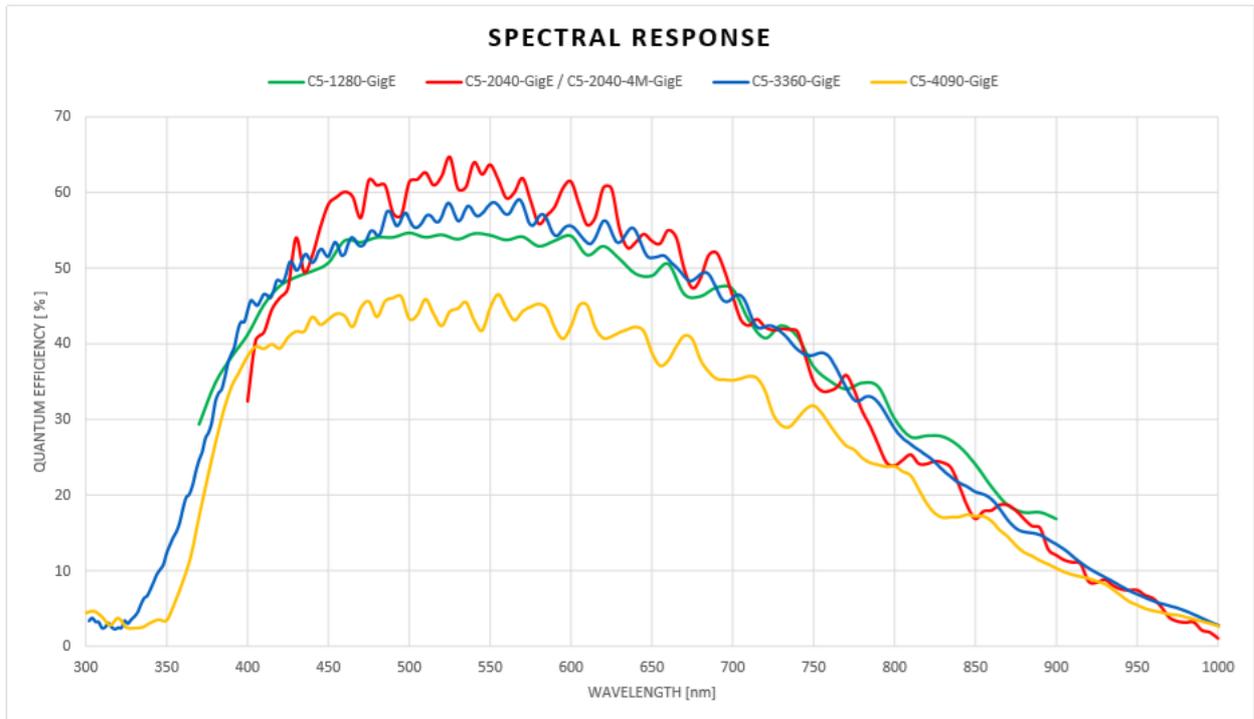


Ilustración 93. Gráfica de la eficiencia cuántica.

Definiendo eficiencia cuántica como el porcentaje de fotones que chocan con la superficie fotorreactiva que producirá un par electrón-hueco.

Analizando la gráfica, se observa como aquella cuyo pico de eficiencia cuántica es mayor es la serie C5-2040-GigE, para una longitud de onda de aproximadamente unos 500-550 nanómetros, alcanzando un 65% de eficiencia cuántica.

Por el contrario, aquella que tiene menor longitud de onda, es la serie C5-4090-GigE, la cual para la misma longitud de onda que la anterior, su eficiencia cuántica es alrededor del 45%

Sin embargo, para una longitud de onda de 850 nanómetro, la eficiencia cuántica se iguala en los 4 tipos.

Otro de los problemas que presentan dicha serie de cámaras es la limitación del subpíxel. Entendiendo por subpíxel como cada uno de los tres colores RGB de los que está compuesto un píxel. El subpíxel, se usa para aumentar más aún la resolución de la pantalla.

Los valores de rango de las cámaras 3D está limitado a 16 bits, lo que resulta en valores posibles entre 0 y 65535. Ajustando el valor del subpíxel en 6 corresponde a un factor de $2^6 = 64$. Si realizamos un cociente entre los valores del rango de la cámara y el factor de ajuste del valor del subpíxel, se obtiene un valor de 1023. Por lo tanto, si la línea láser aparece en una fila del sensor superior a 1023 (con 6 subpíxel) dará lugar a un desbordamiento de bits.

Por lo tanto, va a ser necesario utilizar un valor de subpíxel más bajo, para evitar un desbordamiento de bits, teniendo que ajustar el valor del subpíxel al quinto bit decimal.

A medida que se quiere una mayor resolución de subpíxel, se debe de disminuir progresivamente el número de filas. Por ejemplo, para el octavo bit decimal, la línea láser solo podría aparecer hasta un valor de fila de 255, produciéndose un desbordamiento de bits de manera muy fácil, al igual que con el séptimo bit decimal, siendo en este caso el valor límite de filas de 512.

En definitiva, lo que se pretende hacer es aumentar la resolución en la medida 3D reduciendo la altura del sensor, realizando por tanto un muestreo del barrido más exacto, lo que conlleva que a la hora de traducir las diferentes superficies del perfil que componen el paquete captadas por el láser en términos de profundidad, al ser éstas más

exactos, la resolución 3D aumenta.

Por lo tanto, a medida que se quiere una resolución mayor en la medida, se debe de reducir más aún la altura del sensor. No obstante, la limitación vendrá impuesta por el número de filas o subfilas a codificar, siendo ésta siempre de 16 bits, pudiéndose producir el desbordamiento de bits.

A continuación, se muestra una tabla que compara el valor máximo de subpíxel con el número utilizado de filas.

Subpixel Rows	0	1	2	3	4	5	6
1023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2047	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
3072	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗

Ilustración 94. Valor máximo de subpíxel.

- **Referencias operacionales.**

Por otra parte, y, entrando en el modo de operación de la cámara, se va a analizar y comentar algunas características para comprender y entender mejor el funcionamiento de la misma.

Primeramente, se va a explicar que el escaneo, como se ha mostrado en fotos anteriores, no es solo una línea láser sobre el paquete, sino que se le hace un barrido completo a la cara de perfil del paquete a escanear, desplazándose la cámara, la cual va adjunta a la muñeca del robot, de arriba abajo barriendo todo el perfil del paquete.

El sensor C5 adquiere perfiles de altura e imágenes de altura basados en el principio de triangulación láser, es decir, se proyecta una línea láser sobre el objeto desde una dirección.

La triangulación láser 3D se basa en una proyección de una línea láser, con un ángulo específico sobre un objeto de tal forma que gracias a la captura de la variación del perfil es posible calcular la altura entre ambos puntos, reconstruyendo la imagen en 3D.

Esta metodología no se limita a una única unidad uniforme del objeto, sino que distingue cada una de las partes del mismo con una visión con precisión micrométrica, aumentando un mejor control sobre cada una de las partes del mismo.

Profundizando un poco más en la técnica, se emite una luz láser la cual será reflejada por el objeto y recogida por un sensor de la cámara, obteniendo una nube de puntos a partir de la cual a través de cálculos trigonométricos es capaz de formar la imagen en 3D.

En función de la distancia entre el láser y el objeto, el punto aparece siempre en un lugar diferente en el campo de visión de la cámara, formando un triángulo. De este triángulo es conocida la distancia entre el emisor láser y el objeto, así como la distancia entre el sensor de la cámara y el objeto. También se conoce, por tanto, el ángulo formado estas dos distancias.

Con estos tres datos y, a través de cálculos trigonométricos, la cámara recoge una nube de puntos a través de la cual analiza y obtiene el perfil del objeto en 3D.

Al escanear la línea láser sobre el objeto, se puede adquirir una imagen de altura completa.

El sensor C5 utiliza la siguiente notación para la aproximación de la resolución de altura.

- ΔX : resolución X a lo largo de la línea láser (lateral)
- ΔY : resolución Y perpendicular a la línea láser (longitudinal en la dirección del movimiento).

- ΔZ : resolución de altura de Z.

En el uso de la cámara de este proyecto, ésta proyecta la línea láser de manera perpendicular al paquete, el cual se para justo en la ventana enfrente del robot. Por lo tanto, se tendría una situación como la expuesta a continuación.

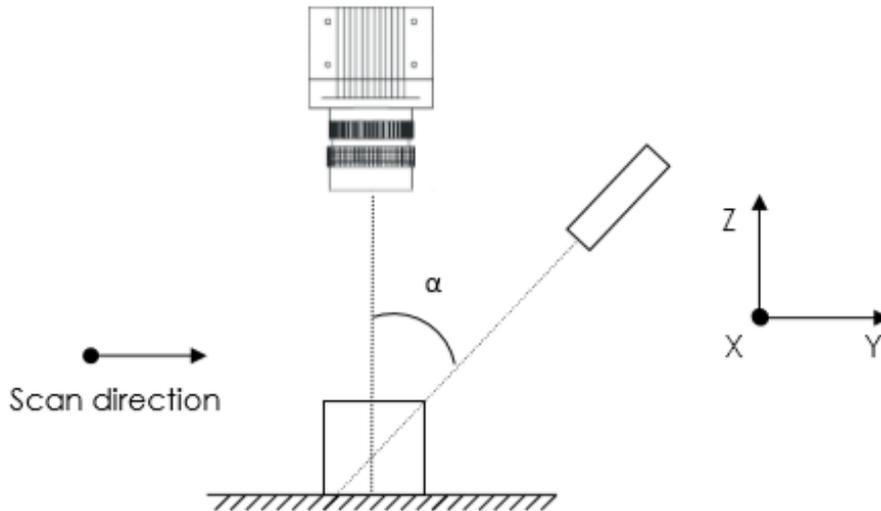


Ilustración 95. Disposición de la cámara al paquete.

La cámara ve el objeto perpendicularmente a su superficie, mientras que la línea, en este caso, está en la misma perpendicular al objeto, pero desplazado hacia arriba, proyectando así el ángulo de triangulación.

La resolución de profundidad puede ser aproximada de la siguiente manera.

- $\Delta Z \approx \Delta X / \tan(\alpha)$.

- **Algoritmo del Sensor C5.**

Una de las especificaciones técnicas del modelo de cámara C5-4090-GigE, es el modo de trabajo del sensor, pudiendo usar este tipo hasta 4 tipos de algoritmo.

1. Modo de Perfil de Intensidad Máxima (MAX): en este modo, se calcula la posición de la intensidad máxima del perfil de haz láser. El resultado incluye el valor de posición del máximo (P_{MAX}) así como el valor de la intensidad máxima (I_{MAX}).

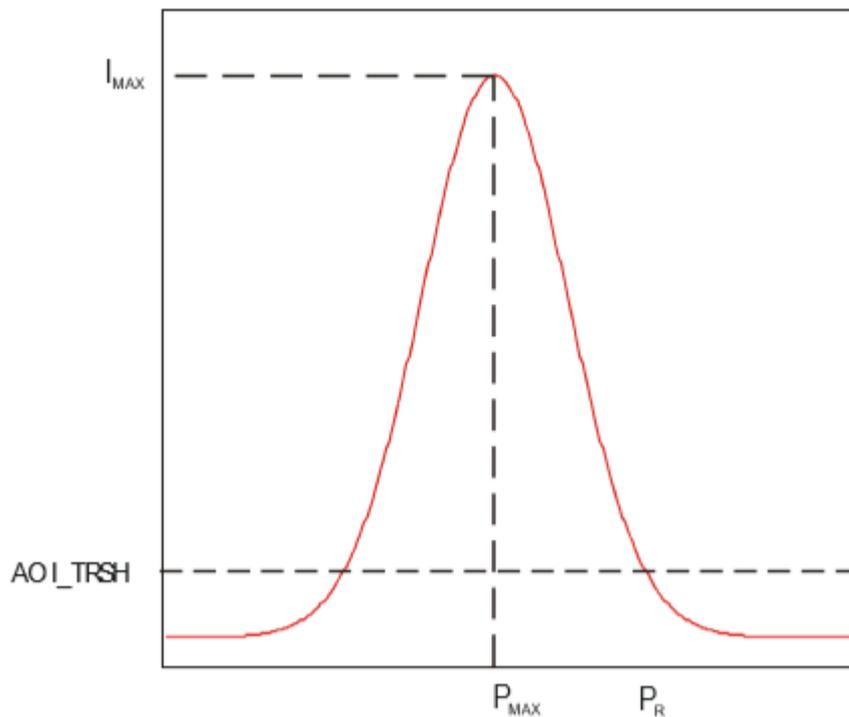


Ilustración 96. Gráfica del modelo MAX.

Representando el eje horizontal de la gráfica la dirección Y del sensor, el cálculo del valor de la posición, se realiza con una precisión de píxel simple, es decir, la evaluación de 2048 filas ofrece un rango de posición de 0 a 1087 píxeles, es decir, 11 bits. En el caso de que exista más de un máximo local, se emite la posición del primer máximo detectado.

Para evitar la saturación de intensidad, se recomienda activar el Modo de Pendiente Múltiple de la cámara. La detección de la posición de intensidad máxima se puede mejorar habilitando el modo suavizado del filtro FIR de la cámara, que se verá más adelante.

2. El modo umbral (TRSH): en este modo, la posición del borde izquierdo (PL) del perfil del haz láser se detecta para un valor umbral determinado de intensidad AOI_TRSH.

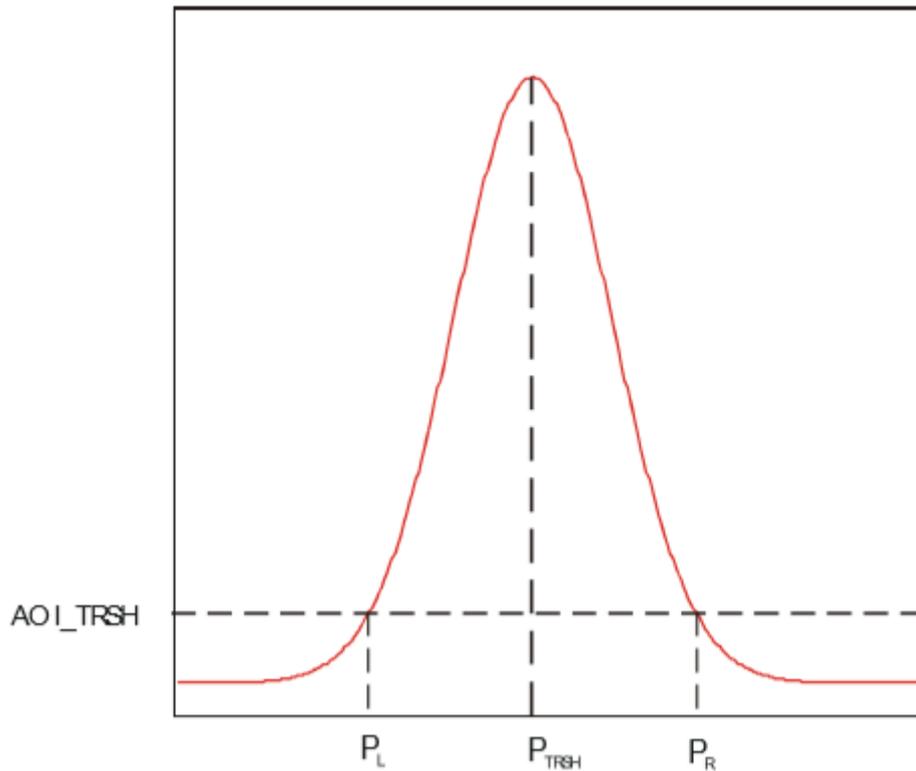


Ilustración 97. Gráfica del modelo TRSH.

El valor de la posición de la línea láser se aproxima de la siguiente manera:

$$PTRSH = (PL + PR) / 2.$$

Para simplificar la representación digital, la división sobre 2 no se realiza y, por tanto, se realiza una representación entera con un subpíxel. La evaluación de 1088 filas ofrece un rango de posición de 0 a 2174 píxeles (11 bits). En el modo umbral, la cámara puede emitir la posición de umbral izquierda y derecha por separado o la posición del subpíxel $(PL + PR)$ y el ancho de línea $(PR - PL)$.

Además, el valor de la intensidad máxima se puede generar opcionalmente. La precisión del cálculo de la posición se puede mejorar habilitando el modo suavizado del filtro FIR de la cámara.

3. Modo de Centro de la Gravedad (COG): en este modo, se calcula el centro de gravedad del perfil de rayo láser. Para ello, se calculan los siguientes parámetros:

- Valor de la posición del borde izquierdo del perfil de haz láser para un valor de umbral de intensidad determinado PL.
- Suma del valor de intensidad. $I_s = \sum I_p$
- Suma del momento de primer orden. $M_s = \sum I_p * P$

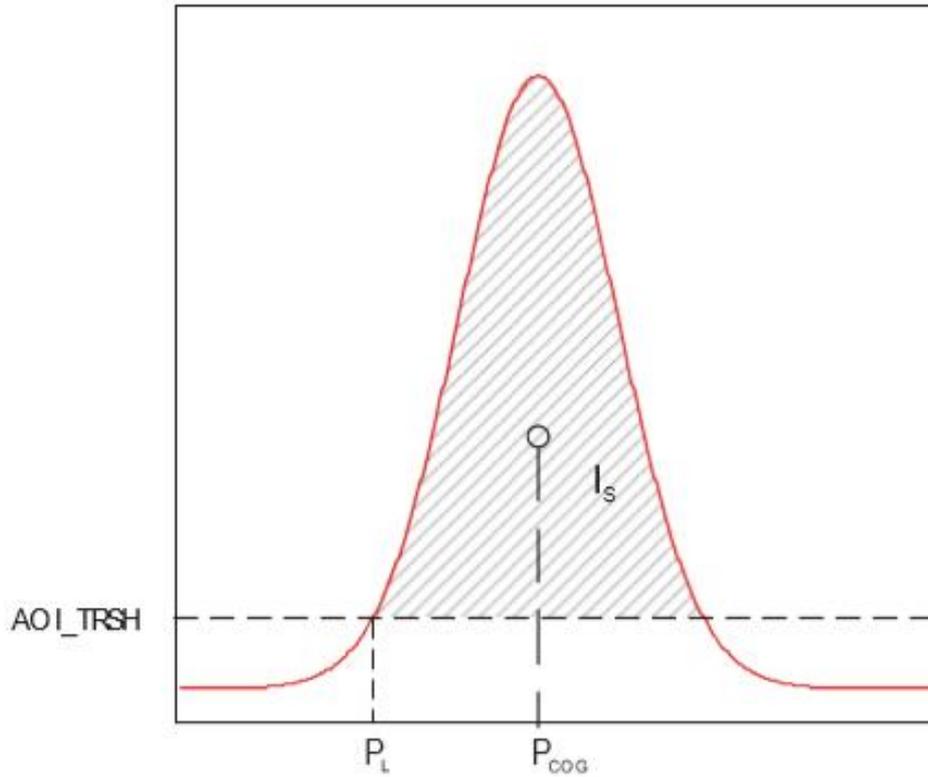


Ilustración 98. Gráfica del modelo COG.

A continuación, se obtiene el valor de posición de la línea láser (centro de gravedad del perfil de haz). $PCOG = PL + Ms / Is$

De hecho, el ancho de la línea láser se puede entregar a través del canal de datos DC1. La intensidad media del perfil de iluminación se puede calcular normalizando la suma del valor de intensidad con el ancho de línea. La precisión del cálculo del COG se puede mejorar habilitando el modo de suavizado del filtro FIR de la cámara.

4. El modo de pico FIR (FIR PEAK): en este modo, se calcula la primera derivada de la curva Gauss de intensidad del perfil de haz láser.

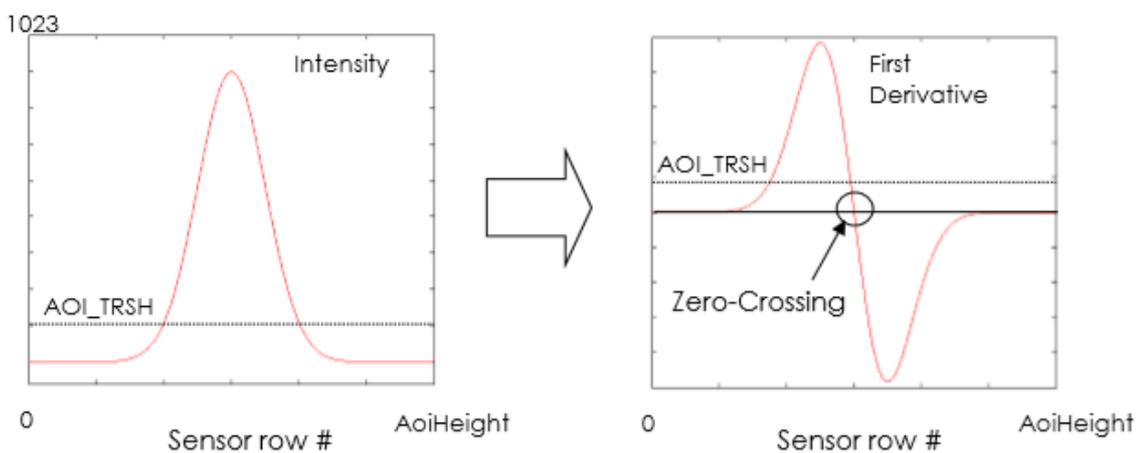


Ilustración 99. Gráfica del modelo FIR PEAK.

En este modo, se detecta la posición de cruce cero de la primera derivada y se emite con precisión de subpíxeles (hasta 6). En este caso, el umbral AOI_TRSH se utiliza para detectar el primer borde ascendente de la señal de intensidad derivada. Los valores válidos de AOI_TRSH oscilan entre 513 y 1023.

- **La función del filtro FIR.**

El filtro FIR es una función de procesamiento de señal con el objetivo de aumentar la precisión de la detección de línea láser en la imagen del sensor. Realmente, consiste en un filtro digital Finite Impulse Response (FIR) y se puede operar en un modo de suavizado o diferenciación.

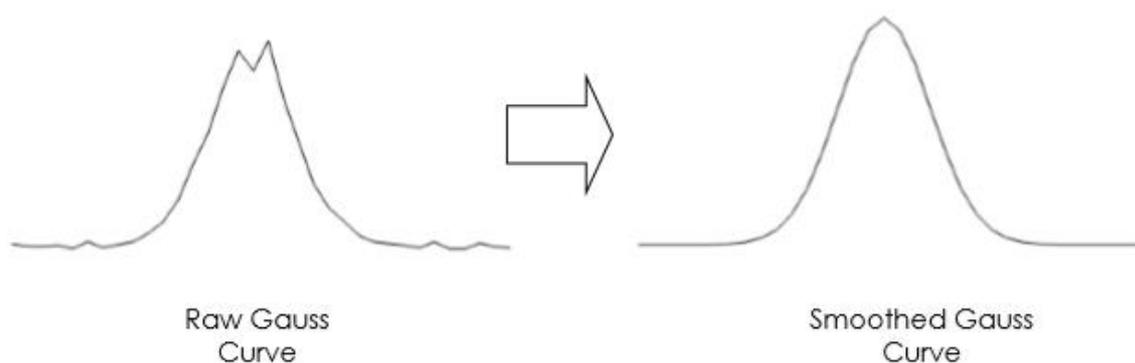


Ilustración 100. Filtro FIR.

- **Función 3D de alto rango dinámico.**

Una de las características más potentes de la serie C5, es la funcionalidad HDR-3D (Alto Rango Dinámico), que permite escanear materiales y superficies con propiedades de reflexión no homogéneas. Usando HDR-3D, el rango dinámico de intensidad de la imagen se extiende hasta 90 dB, evitando así la saturación de intensidad. El HDR-3D consta principalmente de dos funciones de sensor independientes:

- 1.- Función de Pendiente Múltiple.

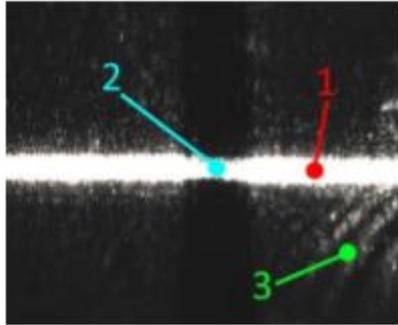
El objetivo de la función Pendiente múltiple es evitar la saturación de píxeles durante la exposición del chip del sensor. Este alto rango dinámico óptico se logra mediante el uso de una respuesta lineal.

La intensidad de los píxeles iluminados, que alcanzan un cierto nivel, se recorta, mientras que los píxeles más oscuros permanecen intactos. El nivel de recorte se puede ajustar 2 veces dentro de un tiempo de exposición para lograr un máximo de 3 pendientes en la curva de respuesta. Los puntos de la curva, donde cambia la pendiente, se denominan "puntos de rodilla". Estos últimos se definen mediante el ajuste de los niveles de recorte para la intensidad (umbrales) y los puntos de tiempo dentro del tiempo de exposición.

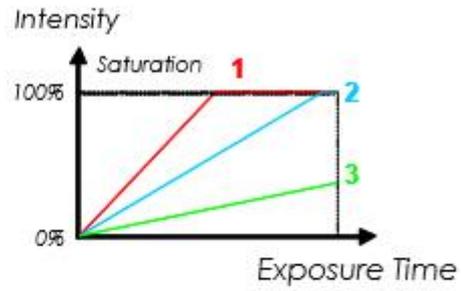
Estos parámetros se pueden ajustar utilizando los registros GenICam Límite de exposición de pendiente múltiple y Umbral de saturación de pendiente múltiple del Control de adquisición. Un tiempo de punto de rodilla se define como el porcentaje del tiempo de exposición general. Un nivel de recorte se define como porcentaje de la intensidad máxima del sensor (saturación).

A continuación, se muestran tres ejemplos diferentes de este modo de pendiente múltiple.

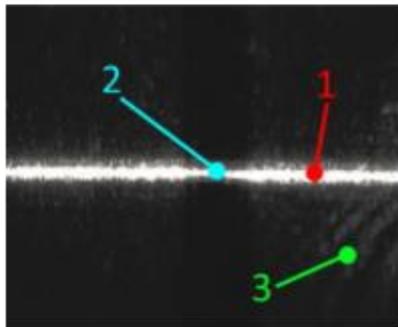
Single Slope Mode (Default Mode)



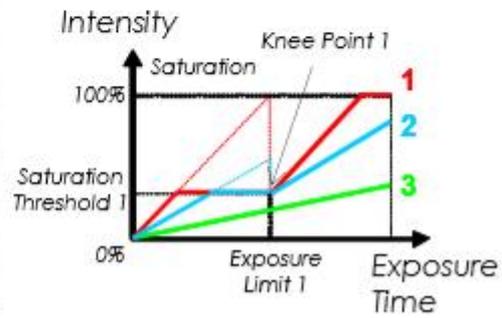
Weld Seam



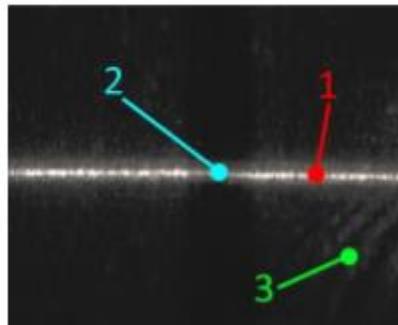
Dual Slope Mode (1 Knee Point)



Weld Seam



Triple Slope Mode (2 Knee Points)



Weld Seam

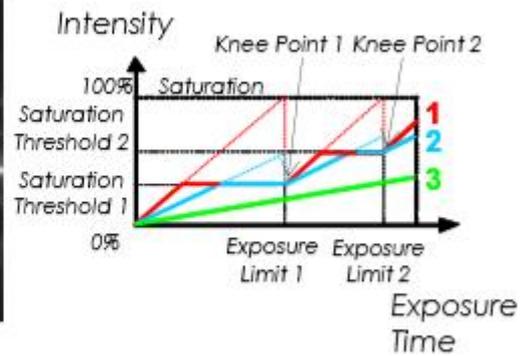


Ilustración 101. Ejemplo de aplicación de la función de pendiente múltiple.

También se puede observar, en esta aplicación, como varía la gráfica al aplicar la función de pendientes múltiples sobre una misma superficie, con diferentes Knee Points.

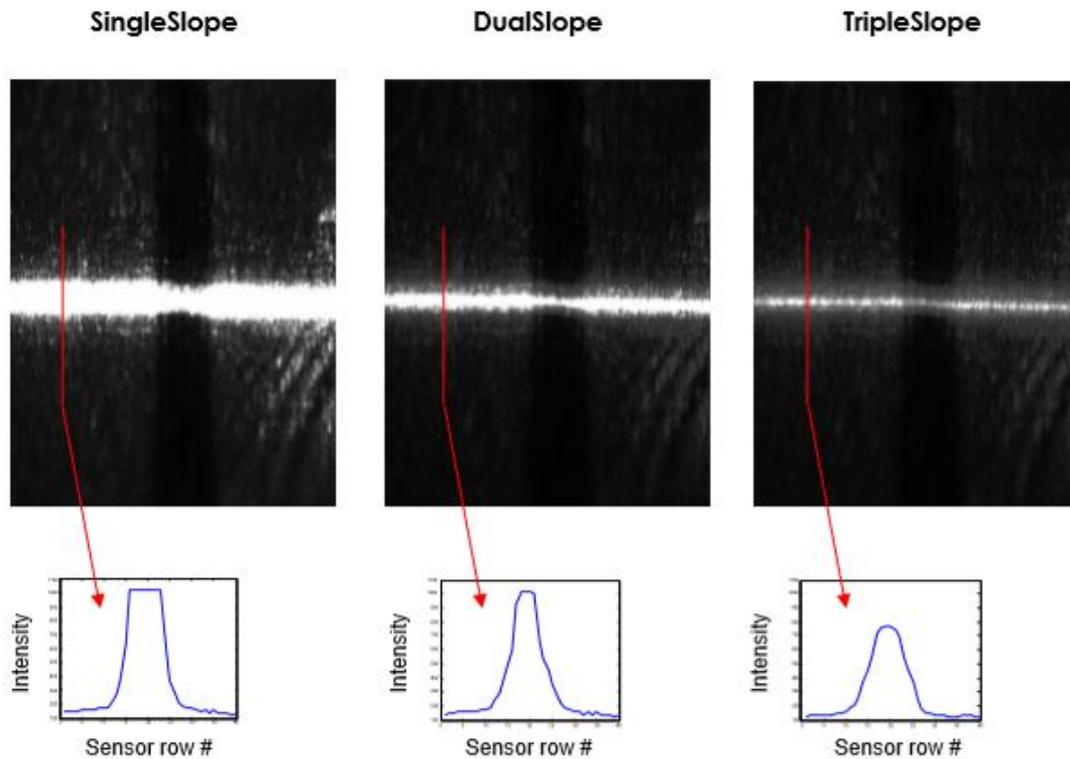


Ilustración 102. Diferentes Knee Points.

2.- Modo de lectura multi fotograma (NDR).

Con el modo de lectura no destructiva (NDR) es posible leer hasta 4 imágenes en diferentes momentos de exposición. Permite la combinación de datos de perfil de diferentes niveles de integración y garantiza datos de perfil precisos incluso para superficies difíciles con fuertes cambios en la reflectancia.

A continuación, se muestra una comparativa entre una cámara tradicional y una secuencia NDR.

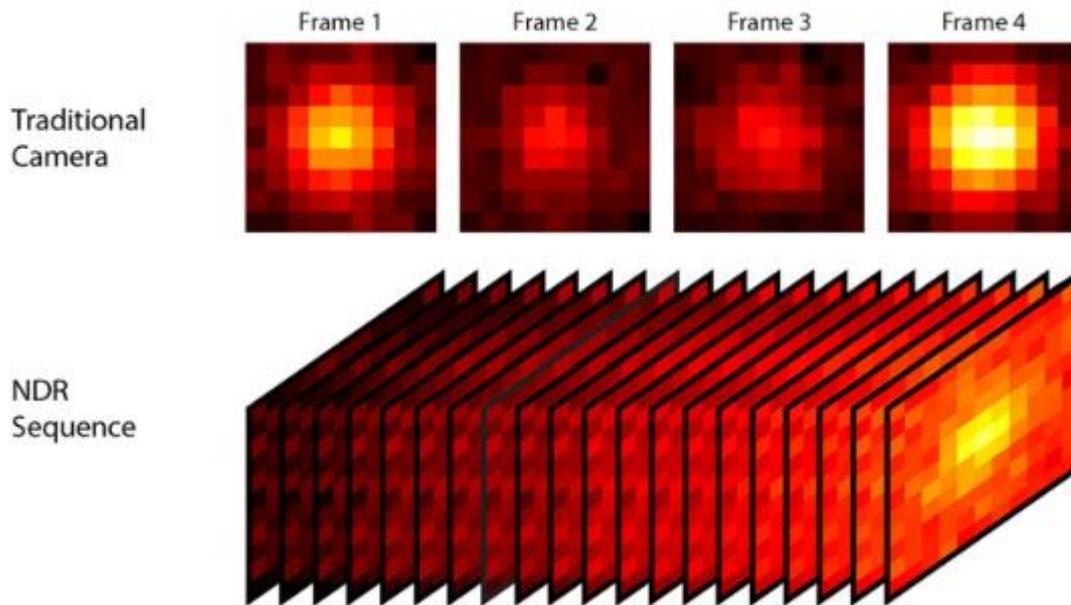


Ilustración 103. Comparativa cámara tradicional y NDR.

En un sistema tradicional, cada cuadro es independiente de los cuadros colindantes. Sin embargo, en una secuencia NDR la cantidad de carga en cada píxel se mide continuamente, obteniendo resultados como los que se muestran a continuación, en los que se ve como con la técnica de NDR se obtiene una imagen de más alta resolución.

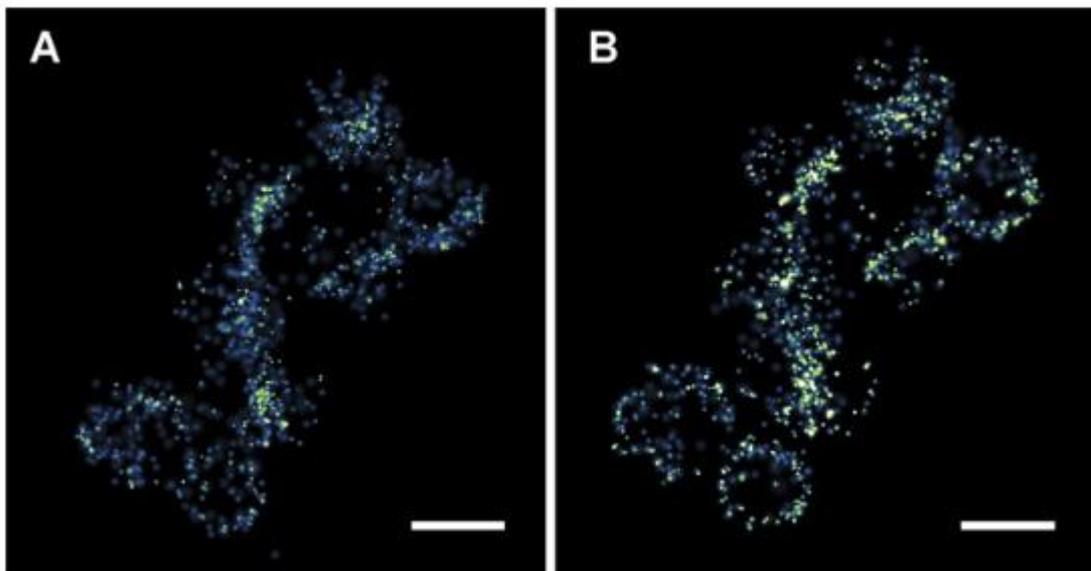


Ilustración 104. Cámara tradicional VS NDR.

El siguiente diagrama de sincronización muestra la función de NDR con 2 fotogramas, cuando se adquieren imágenes de sensor posteriores. Los tiempos de exposición para los fotogramas 1 y 2 de NDR se representan con It_1 e It_2 respectivamente. Hay que tener en cuenta que la lectura del segundo fotograma R2 no puede comenzar a menos que se haya leído el primer fotograma R1. Lo mismo se aplica entre dos imágenes de sensores siguientes, es decir, el primer fotograma NDR de la imagen 2 del sensor no se puede leer a menos que se haya leído el último fotograma NDR de la imagen 1 del sensor.

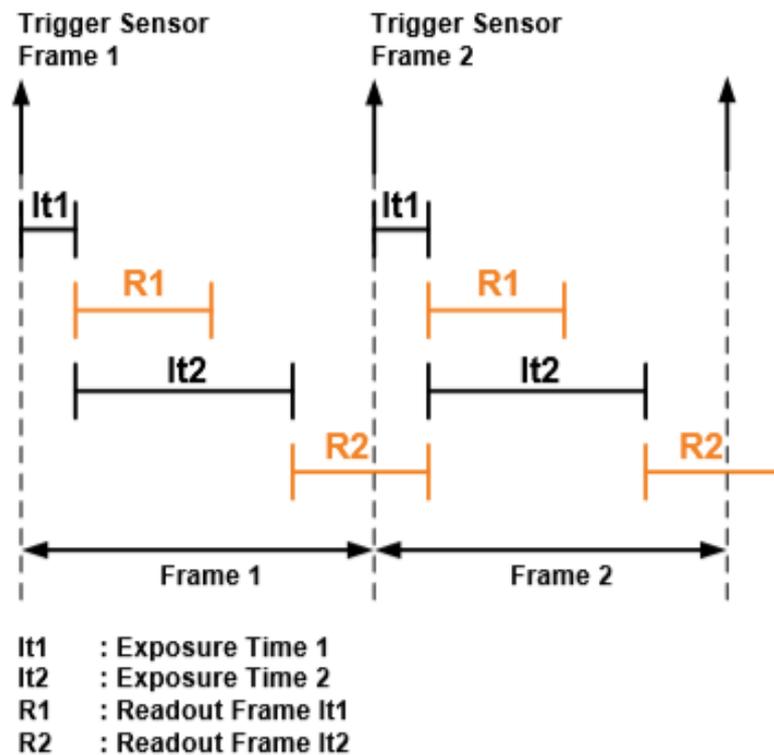


Ilustración 105. Aplicación de la función NDR.

- **Funciones Avanzadas.**

En cuanto a las funciones avanzadas, la serie C5 cuenta con un sensor CMOS de área, cuya velocidad de fotogramas depende del número de píxeles a leer. Al definir un área de interés del sensor (AOI), la velocidad de fotogramas y, por lo tanto, la velocidad del perfil se verá incrementada significativamente debido al menor número de píxeles a leer.

En algunos casos, la posición de AOI puede no ser constante y debe seguir la imagen de la línea láser en el sensor de la cámara. La serie C5 cuenta con funciones para realizar un posicionamiento AOI automático (AOI-Búsqueda) así como seguimiento de líneas (AOI-Seguimiento)

1.- AOI-Búsqueda.

Este modo, se puede utilizar tanto en 2D como en 3D y tiene la ventaja de ajustar el AOI al inicio de la adquisición a la posición óptima de la línea láser. En ese caso, la línea láser se centra automáticamente en el AOI.

El usuario, solo debe definir la altura AOI mínima requerida para la línea láser esperada y después, la cámara ajustará el valor vertical AOI-Offset a la mejor posición.

2.- AOI-Seguimiento.

El seguimiento automático de AOI es la versión dinámica del modo estático AOI-Búsqueda. Mientras que éste solo funciona al principio de cada adquisición 3D, el modo AOI-Búsqueda funciona continuamente durante la adquisición de imágenes 3D.

Por lo tanto, la adquisición de perfiles 3D con AOI-Seguimiento, es capaz de cubrir el tamaño completo de la imagen/sensor, aunque el tamaño de AOI definido podría ser mucho menor.

Para finalizar, en el apartado de referencias se adjunta el manual de la cámara de visión.

3.2.4. Impresora.

El último de los componentes que constituyen todo lo que es el proyecto para el etiquetado automático es la impresora. La función principal de la impresora es la de imprimir las etiquetas que se sueldan al paquete. Dichas etiquetas suelen hacer referencia al tipo de perfil del paquete, las dimensiones del mismo, así como de uno de los perfiles, el tanto por ciento de carbono que lleva, el número de colada, así como las diferentes distinciones de medio ambiente y calidad que ostenta la empresa.

La impresora, por tanto, está situada justo en el interior del recinto del robot, de manera que una vez impresa la etiqueta, el robot alcance a cogerla. La impresora que se ha usado este caso es de la marca Sato, y el tipo de entre todas las disponibles es la CL4NX.

Una vez explicada tanto la función como la ubicación y el tipo de la impresora utilizada, se va a ver el hardware de la misma, procediendo al despiece.

- Vista frontal:

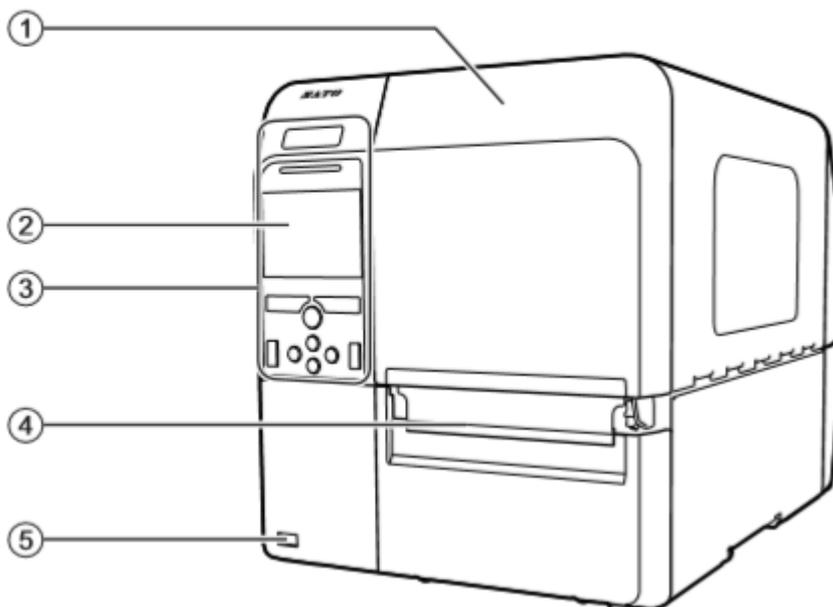


Ilustración 106. Vista frontal de la impresora.

Siendo:

- 1.- Cubierta superior.
- 2.- Pantalla LCD.
- 3.- Panel de operación.
- 4.- Salida de etiquetas.
- 5.- Puerto USB.

- Vista lateral:

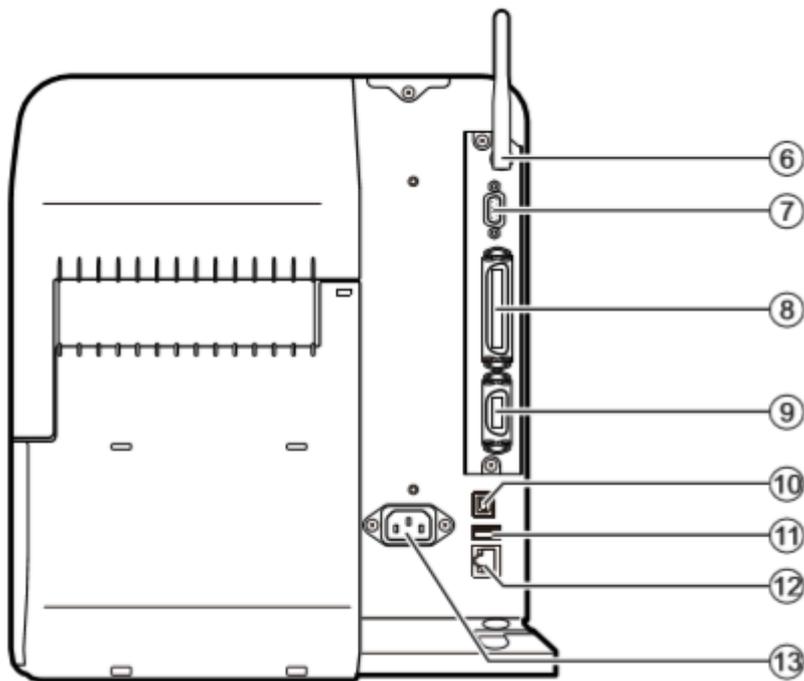


Ilustración 107. Vista lateral de la impresora.

Siendo:

- 6.- Antena LAN inalámbrica.
- 7.- Conector RS-232C.
- 8.- Conector IEEE1284.
- 9.- Conector de señal externa.
- 10.- Conector USB.
- 11.- Conector USB.
- 12.- Conector LAN.

13.- Terminal de entrada de corriente alterna.

- Vista interior:

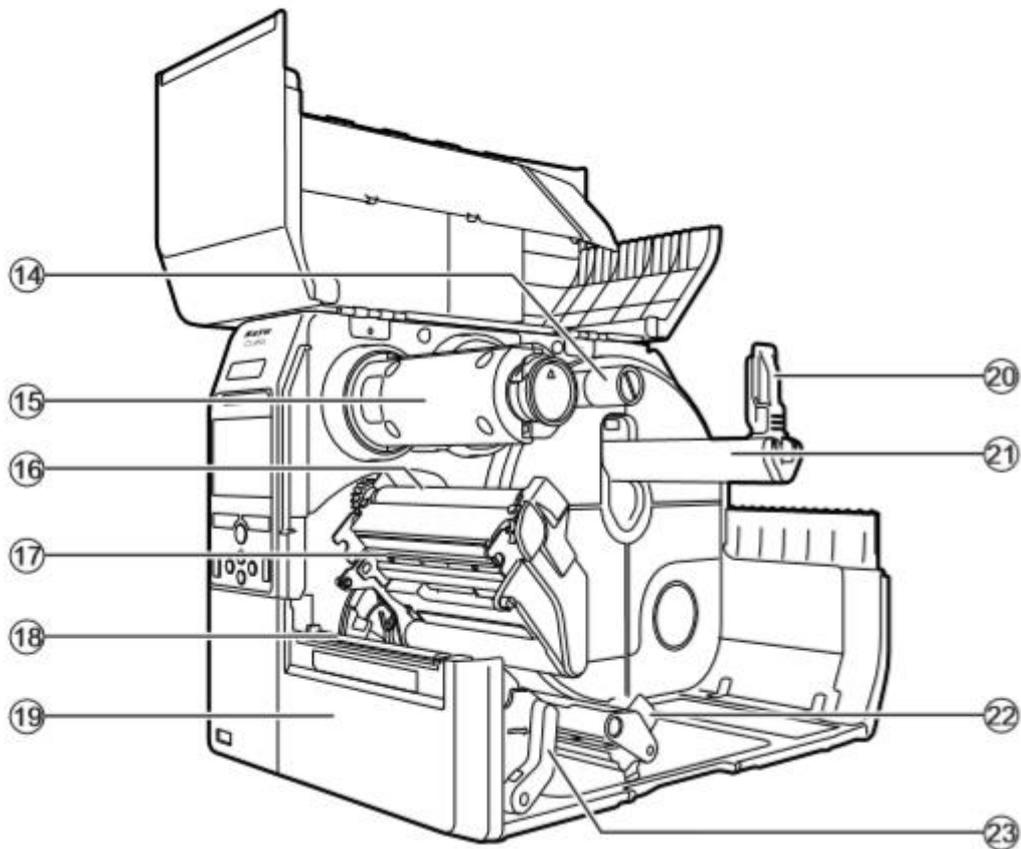


Ilustración 108. Vista interior de la impresora.

Siendo:

- 14.- Rodillo de suministro de etiquetas.
- 15.- Rodillo de rebobinado de etiquetas.
- 16.- Rodillo de etiquetas.
- 17.- Cabezal de impresión.
- 18.- Rodillo de platina.
- 19.- Cubierta frontal.
- 20.- Guía.
- 21.- Soporte de rollos.
- 22.- Guía.
- 23.- Palanca de bloque de cabeza.

- Panel operador:

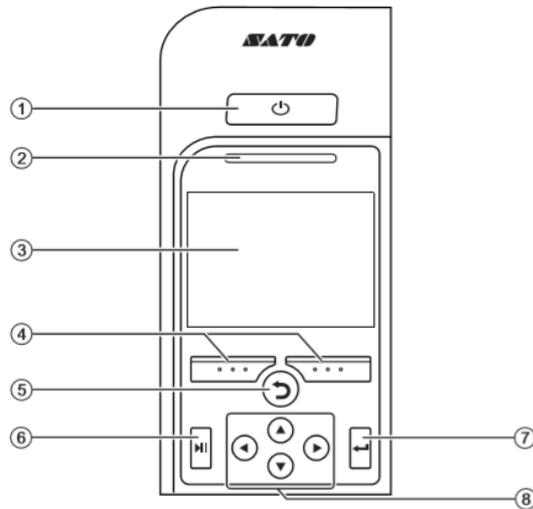


Ilustración 109. Panel del operador de la impresora.

Siendo:

- 1.- Botón de encendido.
- 2.- Indicador LED.
- 3.- Pantalla LCD.
- 4.- Botones.
- 5.- Botón de retroceso.
- 6.- Botón de línea.
- 7.- Botón de entrar.
- 8.- Botones de flechas.

Mostrando a continuación, una imagen de la impresora montada físicamente.

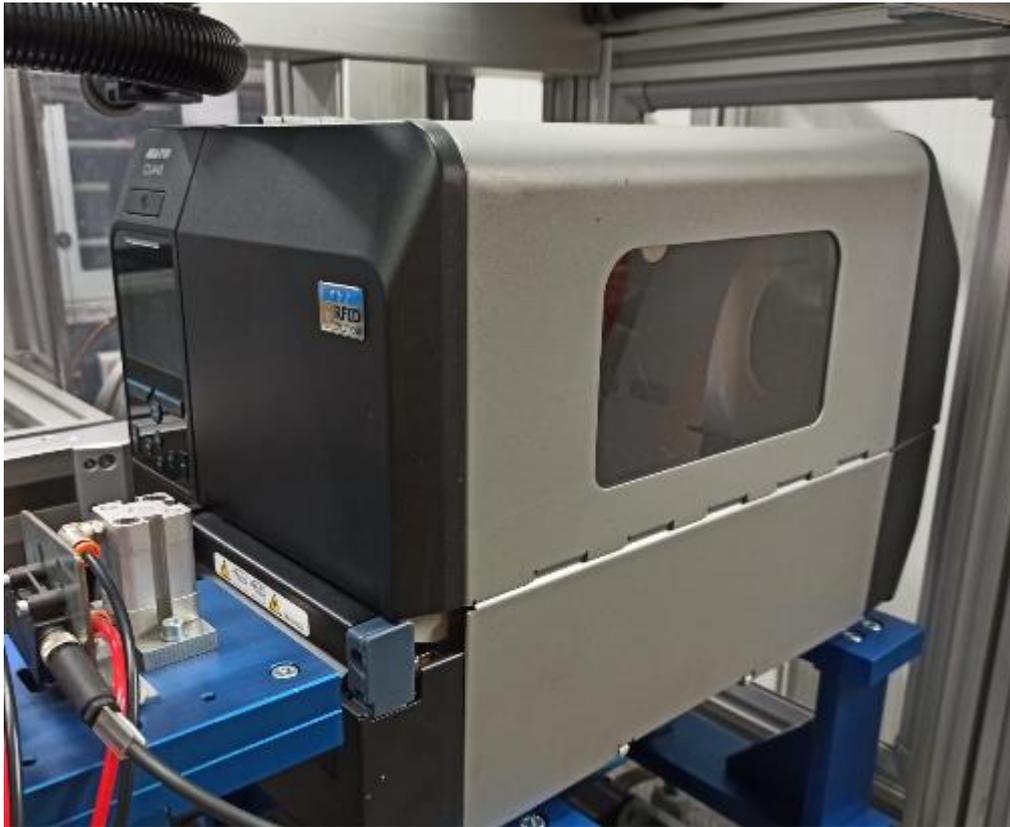


Ilustración 110 Impresora.

En cuanto a los indicadores LED, se adjunta una tabla en la cual se muestra lo que significa según el color.

LED Indicator	Color	Description
	Blue	Online mode
	(Light off)	Power off or offline mode
	Red	Printer error (For example, when the ribbon runs out)
 Flashes at intervals of two seconds.	Blue	Sleep mode

Tabla 61. LEDS de la impresora

Por otra parte, la etiqueta está conectada al PC vía wifi. De tal manera, que es el operador el que, según el perfil que se esté tirando, el encargado de introducir la receta en el PC para que la impresora imprima en la etiqueta aquellos datos que deben de aparecer. Una vez que se tiene la etiqueta, la impresora expulsa la etiqueta cortándola a medida para continuar a la siguiente etapa.

Finalmente, en el apartado de referencias se adjunta el manual del operador de la impresora.

3.2.5. Proceso de soldadura.

Por último, aunque no es un elemento como tal, se va a comentar el proceso de la soldadura suponiendo que el equipo que lo realiza es la soldadora. Se afirma esto debido a que, por el tipo de soldadura que se hace, no hace falta soldadora, como se verá a continuación.

La última de las etapas del proceso de etiquetado es, como no podía ser otra, es soldar la etiqueta identificativa al paquete. Dicha soldadura, de entre todos los tipos existente, se realiza mediante soldadura por descarga o también conocida como electrosoldadura.

Este tipo de soldadura, es un proceso termoeléctrico en el que se genera una energía en forma de calor, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de las piezas, en la zona de unión de las partes que se quieran unir durante un tiempo controlado con precisión y bajo una presión controlada.

De esta manera, ambas partes se unen sin necesidad de ningún material de aporte como algún electrodo, es decir, por la mera aplicación de presión y corriente eléctrica sobre las áreas a soldar.

Por lo tanto, una vez que el robot coge con la pinza el hilo metálico al cual está enrollado la etiqueta y, se encuentra en la posición de soldar, se realiza un paso de corriente a través del hilo metálico. El robot en este momento acerca el hilo de manera muy próxima al paquete, separándolo de él escasos milímetros, de manera que se forma un arco eléctrico, fundiendo el metal del hilo y procediendo entonces a soldarlo al paquete.

Como se ve, la principal ventaja de estos tipos de soldadura es la sencillez del proceso, ya que, además, no requiere preparación especial de los elementos a unir. Otra de las ventajas es la alta velocidad del proceso, con tiempos de soldadura muy cortos.

Otro de los aspectos a comentar en este apartado, y una de las mejoras en la implantación de este robot, consiste en la comprobación de una correcta soldadura. Para ello, se utilizan tanto un método comparativo en programación como la comprobación física.

El primero de ellos está metido en programa y tiene que ver con la energía que se utiliza para realizar la soldadura. Para ello, en la pantalla principal del PC, como se vio anteriormente, se tiene un recuadro el cual indica la energía de la soldadura que se ha utilizado.



Ilustración 111. Energía de la soldadura.

De esta manera, el PLC recoge la energía que se ha usado en la soldadura, comparándola con un umbral inferior, el cual de ser mayor que la energía utilizada por la soldadura, ésta sería dada por mala. Este límite está fijado, tras varias correcciones en 190 Julios.

Por otra parte, límite superior no existe debido a que, a mayor energía, la soldadura será más fuerte. El único inconveniente sería el gasto inútil de energía, pero no es lo habitual, por lo tanto, no existe límite superior.

El otro método utilizado es la propia comprobación que realiza físicamente el robot. Este proceso consiste en, una vez realizada la soldadura, el robot vuelve a cerrar la pinza con menor fuerza, y tira de ella. De esta forma, si la soldadura no es fuerte, la etiqueta cae.

3.4. INTERACCIÓN DE LOS COMPONENTES.

Una de las partes más compleja del proyecto, consiste en hacer trabajar todas y cada una de las diferentes partes del proceso de etiquetado de manera que estén perfectamente coordinadas.

Esto es aún más complejo si, además, como se ha visto a lo largo del proyecto, se usan diferentes softwares, aumentando un grado más su complejidad.

El proyecto, se puede diferenciar en tres grandes bloques: Robot, Cámara de visión y PLC.

Como se ha comentado ya, el PLC es el encargado de gestionar y dirigir todos y cada uno de las operaciones.

En cuanto a las operaciones, la división de éstas sí es más amplia, diferenciando entre las siguientes:

- Escritura de etiqueta.
- Impresión de etiqueta.
- Formación del hilo de soldadura.
- Coger etiqueta.
- Soldar etiqueta.

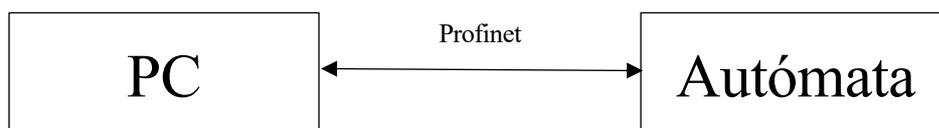
Y todas estas operaciones, gestionadas como ya se ha comentado, por el PLC.

La comunicación entre los diferentes componentes se va a subdividir en dos partes:

- 1.- Comunicación PC – Autómata.
- 2.- Comunicación Autómata – Robot.

3.2.6. Comunicación PC – Autómata.

La finalidad de este punto es establecer una comunicación básica entre la parte del PLC y el PC.



En el PC, a través de la herramienta software WinCC, se activarán bits o bytes del autómata además de poder consultar el valor de las posiciones de memoria de éste. De la misma manera, desde el autómata, se podrá efectuar, manualmente, la activación de un bit, que será leído por el PC, produciéndose así un intercambio bidireccional.

El módulo WinCC (Windows Control Center), que ya se vio también en la parte del software del PLC, se trata de un software para la aplicación SCADA para manejar los controles a través de los HMI.

El paquete de software WinCC constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los SCADA para visualización y control de procesos industriales. Entre sus características más importantes, están las siguientes.

- Arquitectura de desarrollo abierta.

- Soporte de tecnologías Active X.
- Comunicación con otras aplicaciones vía OPC.
- Comunicación sencilla mediante drivers implementados.
- Programación online.

Como se ha dicho, WinCC es un software HMI que incluye todos los elementos necesarios para poder controlar y supervisar procesos industriales. Las operaciones principales que se pueden desarrollar en WinCC son:

- Edición gráfica de las pantallas.
- Gestión de archivos y bases de datos.
- Generación de informes en base a datos obtenidos.
- Administración de la información.

En cuanto a la arquitectura a implementar, sería:

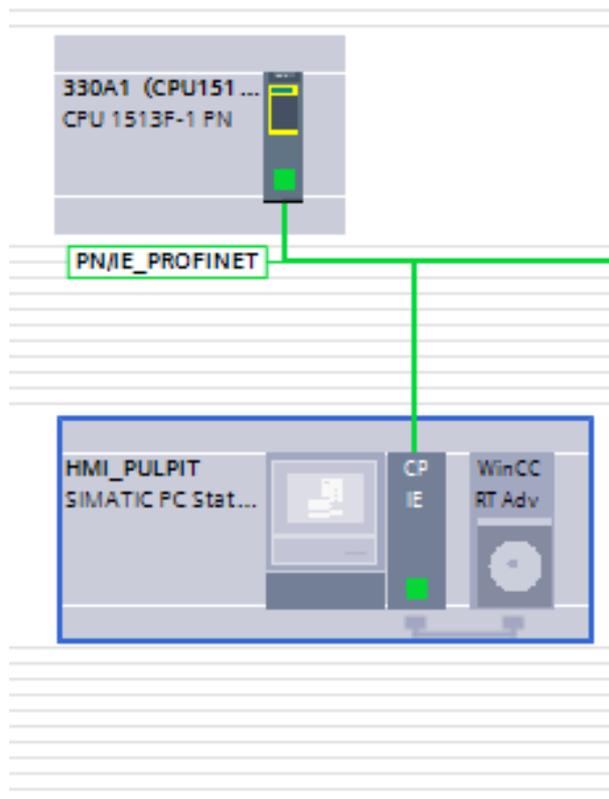


Ilustración 112. Conexión Autómata – PC.

Para tener una imagen más clarividente del funcionamiento de este subapartado, el diagrama de flujo para la comunicación entre PC y autómata sería el siguiente:

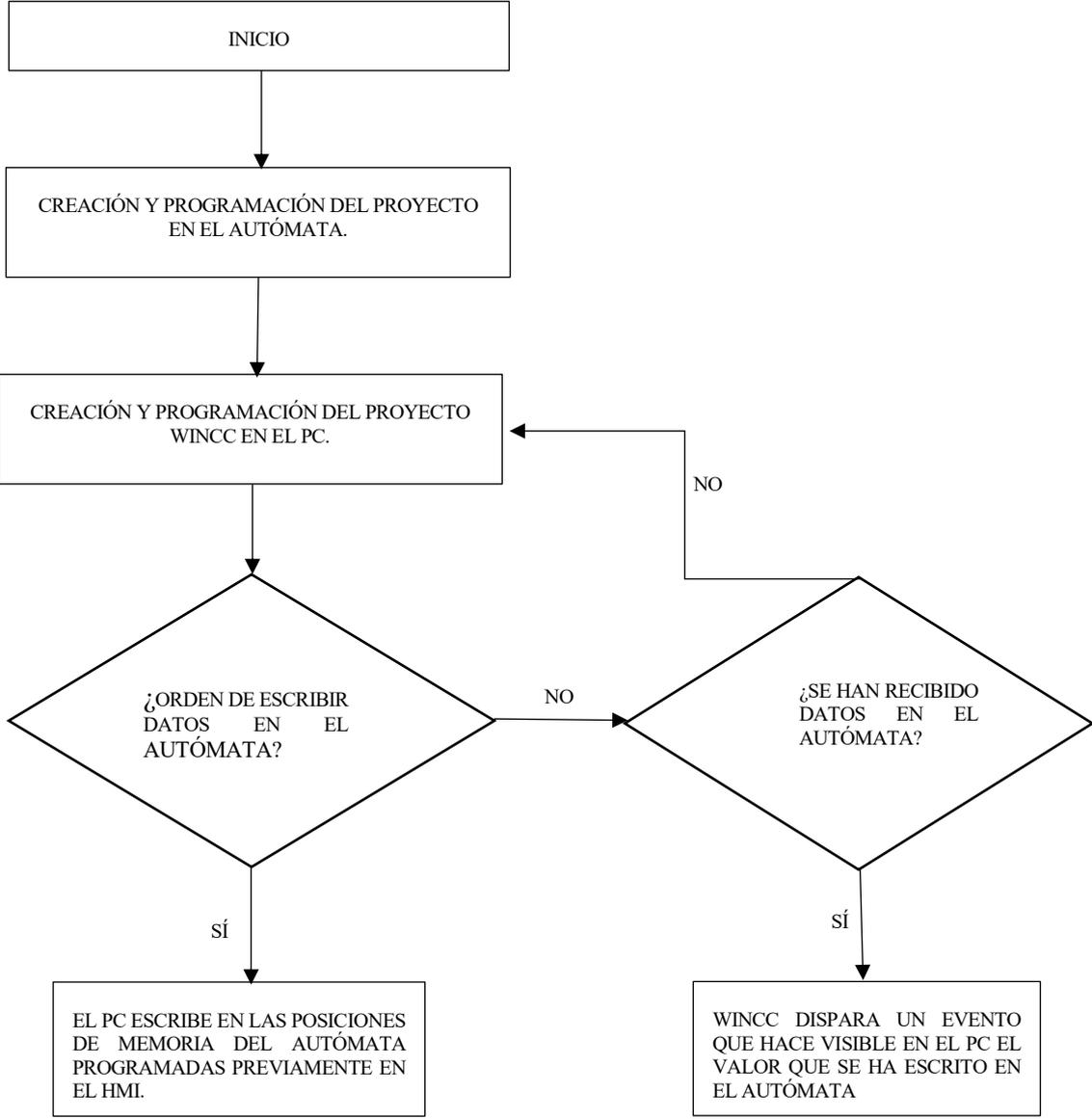


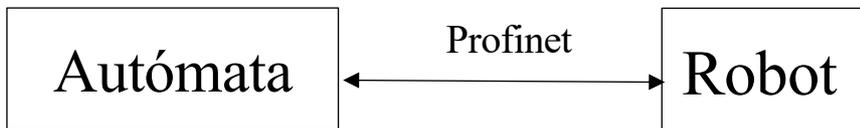
Ilustración 113. Diagrama de flujo comunicación Autómata - PC

Como se dijo en anteriores puntos, una vez creado en el software de Siemens TIA Portal la estación de PC, al conectarle el módulo de WinCC se pueden desarrollar una serie de pantallas SCADA para el envío de datos con solo pulsar el botón de las mismas. El proceso de programar los botones de las diferentes pantallas, así como la función de las mismas, están explicadas ya en el punto 3.2.2. en el desarrollo del software del PLC.

De esta manera, la estación de PC y el autómata, se relacionan entre ambas a través del mismo software, TIA Portal.

3.2.7. Comunicación Autómata – Robot.

La segunda parte de la comunicación del proyecto es entre el autómata y el robot. Como se ve, el autómata es el centro de toda esta comunicación, es la que recibe datos y la que envía, haciendo de gestora del proceso entero.



La comunicación entre el autómata y el robot se va a realizar a través de la red de comunicación de PROFINET. El modo de funcionamiento de esta comunicación se describe a continuación.

Se crean todas y cada una de las variables necesarias para el intercambio de información entre el autómata y el robot. Para ello, se van a crear exactamente las mismas variables, aunque no necesariamente con el mismo nombre, tanto en el software del autómata como en el del robot.

Para ello, se explicó anteriormente el bloque de función del software del autómata, en la carpeta F03.02 en el cual se escriben todas las variables que se van a intercambiar, identificando si son entradas o salidas. Es importante recalcar aquí que se tiene como referencia el autómata, es decir, entradas o salidas respecto al autómata.

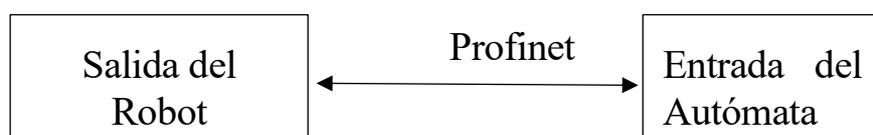
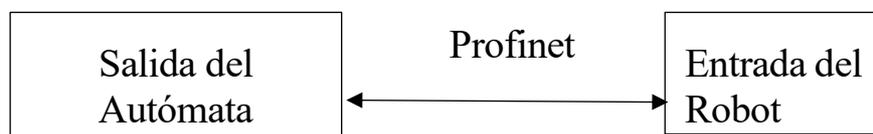
Por otra parte, en el software del Robot, se hace exactamente lo mismo, en la tarea 3, definiendo las mismas variables según entradas o salidas, pero esta vez, teniendo como referencia esta vez el robot.

De esta manera, la variable que es una salida en el autómata va a ser una entrada para el robot y viceversa, asignándole a cada una de estas variables una dirección diferente.

Una vez que se han declarado todas las variables necesarias, la comunicación entre uno y otro se va a realizar a través del estándar de PROFINET.

Una vez que el autómata o el Robot envía una señal, la red PROFINET es la encargada de dirigirla a través de su bus de campo a la dirección asignada a esa variable en el receptor. Cuando el receptor recibe la señal, ya actúa según esté realizada la programación.

Un esquema estructural de la siguiente actuación sería el siguiente:



4. Mejoras respecto al antiguo Robot

La idea de la implementación de este trabajo no es otra que la mejora y la optimización del robot de etiquetado en el proceso de laminación. De esta manera, este proyecto surge no como una nueva implementación sino como una sustitución mejorada del robot ya existente.

A continuación, se muestra el robot de la línea 1, aún en funcionamiento, que es la versión antigua del mismo.



Ilustración 114. Robot antiguo.



Ilustración 115. Impresora antigua.

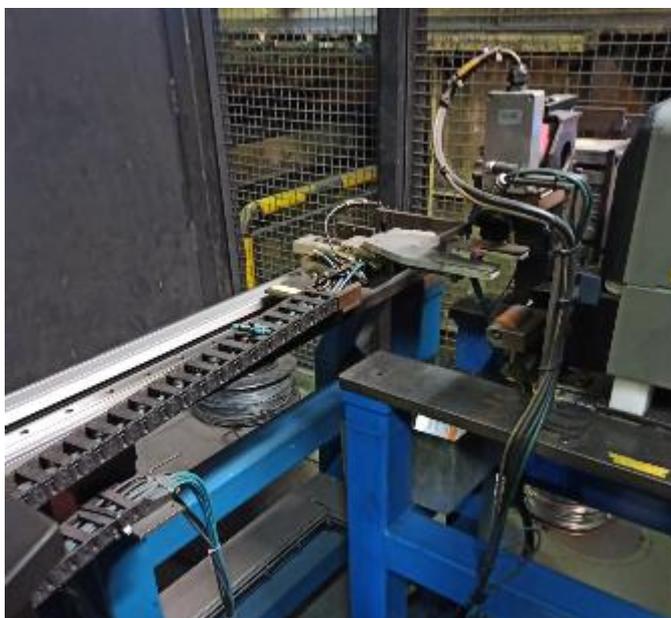


Ilustración 116. Arrastrador de etiquetas antiguo.



Ilustración 117. Conformado de hilo antiguo.

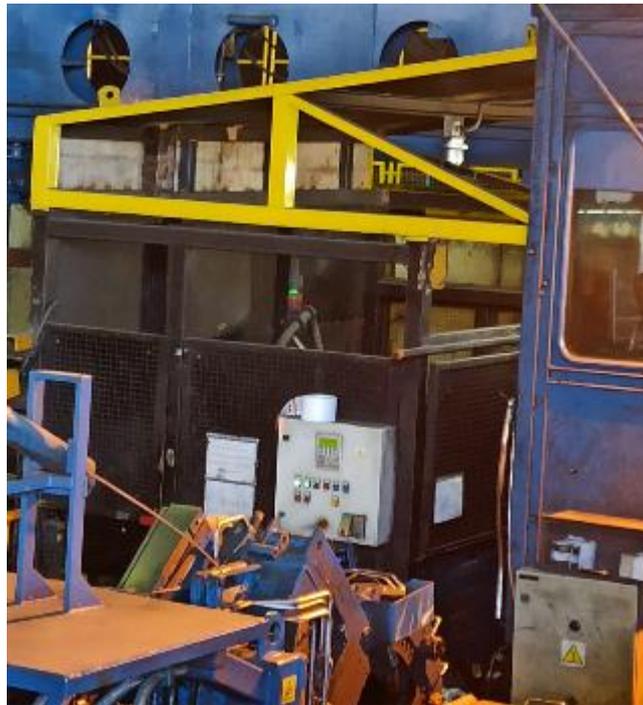


Ilustración 118. Isla del robot antiguo.



Ilustración 119. Isla del robot nuevo.

El nuevo sistema aporta mejoras significativas en el ciclo de producción del trabajo, estableciendo las siguientes mejoras:

- Evitar el acceso continuo del operador a áreas peligrosas.
- Control de par de los ejes del robot para identificar la efectividad de la soldadura, mediante un sensor de fuerza par en el extremo de la muñeca.
- Cierre de la anilla para evitar que se salga la etiqueta.
- Monitoreo continuo de sistemas de control y almacenes.
- Ciclos de trabajo con tiempos y modos repetitivos y, por lo tanto, más seguros, estableciendo un tiempo de ciclo de 22 segundos.
- Mantener la etiqueta alejada del paquete para evitar el deterioro, siendo esta distancia ajustable.
- Refrigeración interna del habitáculo del robot, mediante dos aires acondicionados, evitando así sobrecalentamientos especialmente en épocas más calurosas
- Ventana de cierre automático que se abre solo y exclusivamente para soldar la etiqueta en el paquete, evitando en grandes cantidades la deposición de partículas de polvos en el interior de la isla robotizada, así como la pérdida de refrigeración.

De esta manera se consigue que, por cada ciclo de etiquetado, se ahorre tiempo y, consecuentemente, se produzca más lo que lleva a un incremento de ingresos.

Realizando una estimación semanal, debido a que no todos los días se producen las mismas horas, encontrando principalmente las diferencias en los fines de semana, se tendría que, cada turno productivo de 8 horas, se producen una media de 400 paquetes/turno.

De lunes a viernes, lo normal es producir 16 horas, dejando 8 horas para el mantenimiento y el cambio de ajuste tales como gabbias, guías, canaletas, etc. debido a los diferentes cambios de perfiles a laminar.

Por el contrario, el fin de semana se producen las 24 horas.

Por tanto, una ligera estimación del número de paquetes semanales que se etiquetan sería:

$400 \text{ paquetes} * (16 \text{ horas/día} * 5 \text{ días} + 24 \text{ horas/día} * 2 \text{ días}) = 51200 \text{ paquetes/semana}$

Al tener dos líneas de producción, dividiendo esa cantidad por la mitad, quedarían un total de 25600 paquetes/semana

Al aumentar la rapidez en 0,3 segundos por paquete respecto al robot viejo, suponiendo que el ciclo de etiquetado lo hacen de manera perfecta, a lo largo de la semana, se gana 7680 segundos, que en total son unas dos horas aproximadamente que se gana en tiempo, pudiendo producir dos horas más siendo esto un total de 100 paquetes.

Por otro lado, y, se está viviendo actualmente debido a que el robot de etiquetado de la línea 1 es aún el antiguo, la cantidad de errores y averías que se produce en este último y que, con la modernización del robot, se han suprimido como los continuos fallos de soldadura o la pérdida de visión del paquete.

Por lo tanto, la amortización sale rentable a pesar del elevado precio del proyecto. De hecho, y a modo de curiosidad, para el verano de 2021 se va a realizar la modernización del robot de la línea 1, pasando a ser completamente igual que este descrito debido a sus buenos resultados.

Para finalizar, a modo de objeción y por dar una cantidad presupuestaria del costo del proyecto a groso modo, el valor de dicho proyecto asciende a los doscientos noventa y dos mil euros y setenta y tres céntimos.

5. Referencias.

A continuación, se citará todas las referencias a las que se ha hecho durante el transcurso del proyecto.

1.- Manual del Robot ABB IRB 4600.

<https://abb.sluzba.cz/Pages/Public/IRC5UserDocumentationRW6/es/3HAC033453%20PM%20IRB%204600-es.pdf>

2.- Manual del operador de RobotStudio.

https://library.e.abb.com/public/6aeb483836740e11c1257b4b0052375b/3HAC032104-005_revE_es.pdf

3.- Manual del operador de TIA Portal.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7Bas105esES.pdf

4.- Manual de la cámara de visión.

<https://www.stemmer-imaging.com/media/uploads/cameras/at/11/117760-Automation-Technology-User-Manual-C5-Series.pdf>

5.- Manual de la impresora.

<https://d2n1rly8br52rx.cloudfront.net/resources/files/CLNX-Series-Operator-Manual-Spanish.pdf>