



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida
con realidad aumentada

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Bertomeu Pérez, Roberto

Tutor/a: Ricolfe Viala, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR: ROBERTO BERTOMEU PÉREZ

TUTOR: CARLOS RICOLFE VIALA

CURSO ACADÉMICO 2023/2024



Índice del trabajo

Memoria	3
Planos	74
Pliego de condiciones	89
Presupuestos	96



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

Memoria

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR: ROBERTO BERTOMEU PÉREZ

TUTOR: CARLOS RICOLFE VIALA

CURSO ACADÉMICO 2023/2024

Índice de contenidos

Resumen	8
1 Objeto y ámbito	9
2 Antecedentes.....	10
2.1 Justificación de la elección del proyecto	10
2.2 Estudios previos	10
3 Estudio de necesidades	11
3.1 Especificaciones del proyecto.....	11
3.2 Normativa utilizada para el proyecto	12
3.3 Necesidades establecidas por la experiencia	13
4 Planteamiento de soluciones	15
4.1 Soluciones para el diseño	15
4.2 Soluciones para el controlador de la estación.....	16
4.3 Soluciones para la realidad aumentada.....	17
5 Descripción detallada y justificación de la solución adoptada.....	18
5.1 Organigrama	19
5.1.1 Software	19
5.1.2 Hardware.....	21
5.1.3 Estructura	29
5.2 Realidad Aumentada.....	30
5.3 Cálculo de intensidades	32
6 Descripción general del manejo, uso, mantenimiento o reparación del sistema. Manuales de uso.....	33
7 Anexos para estudios detallados y otros documentos necesarios	35
Anexo 1 datasheet S7-1200	35
Anexo 2 datasheet Keyence CV-X170	37
Anexo 3 datasheet Keyence PZ-G51N	38
Anexo 4 datasheet Epson PowerLite 1795F	39
Anexo 5 datasheet Simatic HMI KTP-400	40
Anexo 6 código manejador de secuencia	41
Anexo 7 código contador de partes.....	43
Anexo 8 código para la administración y creación de usuarios.....	47
Anexo 9 Datasheet VCF0.....	50
Anexo 10 Datasheet A9F79616.....	51



Anexo 11 Datasheet A9R84225	52
Anexo 12 Datasheet 6EP1334-1LB00.....	53
Anexo 13 Datasheet SCALANCE XB005.....	54
Anexo 14 Programación mapa de colores	55
Anexo 15 Programación reconocimiento de objeto.....	57
Anexo 16 Programación lectura de modelo	60
Anexo 17 Programación lamina superior	62
Anexo 18 Programación atornillado asa.....	64
Anexo 19 Programación atornillado piezas rotatorias	66
Anexo 20 Programación fijación piezas rotatorias	68
Anexo 21 Objetivos de desarrollo sostenible	71
Bibliografía.....	73

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Organigrama	19
Ilustración 2 PLC Siemens S7-1200	21
Ilustración 3 Controlador CV-X170	22
Ilustración 4 Proyector Epson PowerLite 1795F	23
Ilustración 5 fotocélula PZ-G51N	24
Ilustración 6 HMI Simatic KTP-400.....	25
Ilustración 7 Interruptor Seccionador VCF0	26
Ilustración 8 Interruptor Magnetotérmico A9F79616	26
Ilustración 9 Interruptor diferencial A9R84225	27
Ilustración 10 Fuente de alimentación 120/230V - 24V/10A 6EP1334-1LB00	27
Ilustración 11 Switch SCALANCE XB005.....	28
Ilustración 12 Ejemplo proyección	30
Ilustración 13 Ejemplo Detección Visual	31
Ilustración 14 diagrama de pines S7-1200.....	36
Ilustración 15 Esquema programación mapa de colores	55
Ilustración 16 Programación mapa de colores	55
Ilustración 17 Esquema Programación detección de objeto.....	57
Ilustración 18 Condición para realizar detección de objeto	57
Ilustración 19 Programación threshold detección de objeto	57
Ilustración 20 Programación Dilate detección de objeto	57
Ilustración 21 Programación Connectivity – Binary detección de objeto	57
Ilustración 22 Conexión variable Img1	58
Ilustración 23 Condición ImgOk detección de objeto.....	58
Ilustración 24 Alignments detección de objeto.....	58
Ilustración 25 Esquema Programación lectura de modelo.....	60
Ilustración 26 Condición para realizar lectura de modelo.....	60
Ilustración 27 Alignment lectura de modelo	60
Ilustración 28 Entrenamiento lectura de modelo.....	60
Ilustración 29 Conexión variable Model	60
Ilustración 30 Condición ImgOk lectura de modelo	60
Ilustración 31 Esquema lamina superior	62
Ilustración 32 Condición para realizar lamina superior	62
Ilustración 33 Alignment lamina superior	62
Ilustración 34 Programación Connectivity - Binary lamina superior	62
Ilustración 35 Conexión variable Det3A1	62
Ilustración 36 Conexión variable Det3A2	62
Ilustración 37 Condición ImgOk lamina superior	63
Ilustración 38 Esquema atornillado asa.....	64
Ilustración 39 Condición para realizar atornillado asa	64
Ilustración 40 Alignment atornillado asa.....	64
Ilustración 41 Programación Connectivity - Binary atornillado asa	64

Ilustración 42 Conexión variable Det4A1	64
Ilustración 43 Conexión variable Det4A2	64
Ilustración 44 Condición ImgOk atornillado asa	65
Ilustración 45 Esquema atornillado piezas rotatorias	66
Ilustración 46 Condición para realizar piezas rotatorias.....	66
Ilustración 47 Alignment piezas rotatorias	66
Ilustración 48 Programación Connectivity - Binary piezas rotatorias.....	66
Ilustración 49 Conexión variable Det3B1	66
Ilustración 50 Conexión variable Det3B2	66
Ilustración 51 Conexión variable Det3B3	67
Ilustración 52 Conexión variable Det3B4	67
Ilustración 53 Condición ImgOk piezas rotatorias	67
Ilustración 54 Esquema fijación piezas rotatorias	68
Ilustración 55 Condición para realizar fijación piezas rotatorias	68
Ilustración 56 Alignment fijación piezas rotatorias	68
Ilustración 57 Programación Detect Edges fijación piezas rotatorias.....	68
Ilustración 58 Conexión variable Det4B1	68
Ilustración 59 Conexión Variable Det4B2	69
Ilustración 60 Conexión Variable Det4B3	69
Ilustración 61 Conexión Variable Det4B4	69
Ilustración 62 Condición ImgOk fijación piezas rotatorias	69
Ilustración 63 Objetivos de desarrollo sostenible	71

Índice de tablas

Tabla 1 datasheet S7-1200.....	35
Tabla 2 pines S7-1200	36
Tabla 3 datasheet CV-X420F	37
Tabla 4 datasheet PZ-G51N.....	38
Tabla 5 datasheet Epson PoweLite 1795F	39
Tabla 6 datasheet Simatic HMI KTP-400	40
Tabla 7 Datasheet VCF0	50
Tabla 8 Datasheet A9F79616	51
Tabla 9 Datasheet A9R84225.....	52
Tabla 10 Datasheet 6EP1334-1LB00	53
Tabla 11 Datasheet SCALANCE XB005	54
Tabla 12 objetivos de desarrollo sostenible	72



Resumen

El trabajo se centra en el diseño de una estación de trabajo genérica para actividades de montaje, como las que se encuentran en diversos sectores industriales. Se propone la integración de tecnología de realidad aumentada proyectada como un elemento adicional de apoyo para los operarios. Esta innovación tiene como objetivo principal la optimización de los procesos de trabajo, buscando reducir los tiempos de ciclo y minimizar los errores inherentes a las tareas realizadas por los operarios. Asimismo, se pretende facilitar el proceso de capacitación y entrenamiento de nuevos operarios mediante el uso de esta tecnología avanzada.

1 Objeto y ámbito

Este proyecto se centra en el diseño y desarrollo de una estación de trabajo genérica para actividades de montaje, comúnmente encontradas en diversas industrias, con el objetivo de optimizar los procesos de ensamblaje mediante la integración de realidad aumentada proyectada. La estación de trabajo estará equipada con tecnología de realidad aumentada que permitirá la asistencia visual y guiada en tiempo real para los operarios, así como funciones de monitoreo y retroalimentación a través de una interfaz de usuario.

El propósito principal es construir una estación de trabajo funcional que cumpla con las necesidades de los procesos de montaje, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo el número de errores cometidos por los operarios. Además, se pretende facilitar el aprendizaje y la capacitación de nuevos operarios, proporcionando un entorno de trabajo más intuitivo y eficaz.

El proyecto es de naturaleza constructiva y busca obtener la aprobación para su implementación y uso en entornos industriales, cumpliendo con las normativas locales y nacionales relacionadas con dispositivos electrónicos, automatización y seguridad laboral.

2 Antecedentes

2.1 Justificación de la elección del proyecto

La principal razón por la que se ha decidido desarrollar este proyecto es mejorar la eficiencia y precisión en los procesos de montaje industrial mediante la integración de realidad aumentada proyectada. Este avance permitirá a los operarios realizar sus tareas con mayor rapidez y exactitud, reduciendo los tiempos de ciclo y minimizando los errores. La implementación de esta tecnología no busca reemplazar a los operarios, sino proporcionarles herramientas avanzadas que faciliten su trabajo diario y mejoren la calidad de los productos ensamblados.

Con ello, no se está promoviendo la automatización completa y la eliminación de puestos de trabajo, sino que se trata de una ayuda para aquellos operarios que enfrentan desafíos en tareas complejas y repetitivas. La realidad aumentada proyectada servirá como un apoyo esencial para nuevos operarios en su proceso de capacitación y para los experimentados en la optimización de sus labores. Por ende, esta estación de trabajo mejorará significativamente la eficiencia operativa y la calidad del trabajo, beneficiando tanto a los operarios como a las industrias que adopten esta tecnología avanzada.

2.2 Estudios previos

Para diseñar la estación de trabajo se han analizado los inconvenientes y las ventajas que poseen otros dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado.

La mayoría de las alternativas disponibles en el mercado carecen de mecanismos directos y efectivos para guiar a los operarios en las acciones que deben realizar durante el proceso de montaje. Las indicaciones más comunes se limitan a instrucciones impresas en carteles o a información mostrada en pantallas integradas en la estación de trabajo. Estas metodologías, aunque útiles, no siempre proporcionan una guía interactiva y en tiempo real.

Otro defecto que hemos detectado analizando otras estaciones de trabajo es que si bien están equipadas con sensores capaces de detectar errores en la estación de trabajo, no son tantas las que cuentan con métodos efectivos de detectar errores en el proceso de fabricación que deriven en tener que repetir un proceso para solventar ese fallo.

3 Estudio de necesidades

3.1 Especificaciones del proyecto

El proyecto se desarrollará con un conjunto detallado de especificaciones para garantizar su funcionalidad, la seguridad y el cumplimiento de la normativa. A continuación, se detallan las principales especificaciones:

1. Posición ergonómica:

La estación de trabajo será diseñada con el objetivo de proporcionar una posición cómoda al operario durante el desempeño de sus funciones. Para lograrlo se seguirá el estándar del método REBA.

2. Guiado mediante realidad virtual proyectada

La estación de trabajo guiará al operario en las tareas desempeñadas haciendo uso de realidad virtual proyectada. Esta se generará mediante unos proyectores integrados en la estación de trabajo

3. Comprobación mediante cámaras

La estación de trabajo contará con cámaras integradas que estarán enfocando el trabajo realizado. Dichas cámaras habrán sido programadas para reconocer cuando la tarea se ha realizado de forma correcta y advertir al operario en caso de que observen algún defecto en el proceso de fabricación.

4. Confirmación del operario

Al terminar cada uno de los pasos a realizar durante la tarea, el operario deberá de confirmarlo deslizando su mano sobre un sensor. Esto hará que la estación avance al siguiente paso y muestre al operario las nuevas instrucciones a realizar.

5. Priorizar el criterio humano

En caso de que el operario considere que ha realizado el paso de forma correcta pero que por algún malfuncionamiento de la estación de trabajo no se le está permitiendo avanzar al siguiente paso existirá la opción de poder ignorar temporalmente las indicaciones de la estación hasta que el problema sea solventado.

3.2 Normativa utilizada para el proyecto

Normativa de compatibilidad electromagnética UNE-EN 550141:2017:

Cumplimiento de los requisitos de emisión de perturbaciones radioeléctricas en el rango de frecuencias entre 9 kHz y 400 GHz. La norma establece límites generales para la radiación electromagnética en diferentes frecuencias, tanto en términos de valores cuasi-cresta como valores medios. La norma menciona requisitos sobre el acceso a la red cableada, así como de los cables adecuados. Finalmente, para asegurarse que se cumplen todas estas normas se realizan pruebas de EMC para verificar el cumplimiento normativo antes de comercializar el producto, ya que es de vital importancia que el producto no cause interferencias electromagnéticas no deseadas en otros dispositivos.

Normativa para equipos de audio/video, de tecnologías de la información y las comunicaciones UNE-EN 62075:2013:

Esta norma europea aplica a todos los equipos de audio/video de tecnologías de la información y las comunicaciones, comercializados como productos finales, en lo sucesivo designados como productos.

En este contexto, se insta al diseñador a identificar los requisitos legales y de mercado más recientes, considerando perspectivas gubernamentales, ecologistas, industriales y de clientes. Además, se promueve el establecimiento de una referencia integral para evaluar el rendimiento energético, la eficacia de los materiales y la utilización de sustancias y compuestos peligrosos. Se recomienda una revisión continua de las experiencias relacionadas con fabricación, ventas, uso del producto, mantenimiento y fases de retirada para mejorar el proceso de diseño con enfoque ambiental. Asimismo, se destaca la importancia de la selección de materiales, alentando al diseñador a considerar alternativas que reduzcan la diversidad y cantidad de materiales utilizados, minimicen el peso del producto, utilicen materiales de bajo impacto ambiental y promuevan la facilidad de reciclaje. Esta normativa busca orientar hacia prácticas sostenibles en el diseño y fabricación de productos.

**Normativa sobre la Restricción de Sustancias Peligrosas en Equipos Electrónicos
DIRECTIVA 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del consejo de 8 de junio de 2011:**

La Directiva RoHS restringe el uso de sustancias peligrosas en equipos electrónicos, lo que incluye dispositivos que funcionan con electricidad y electrónica. Asegura que estos productos sean más seguros para el usuario final y reduzcan el impacto ambiental al limitar la presencia de sustancias dañinas. Es relevante en la elección y uso de componentes electrónicos, como placas de circuito, sensores o microcontroladores, para garantizar la conformidad y seguridad del dispositivo.

DIRECTIVA 2014/30/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética:

La DIRECTIVA 2014/30/UE sobre la armonización de las legislaciones en materia de compatibilidad electromagnética se aplica para garantizar que el dispensador cumpla con los requisitos esenciales relacionados con la compatibilidad electromagnética, evitando interferencias no deseadas y garantizando la seguridad.

3.3 Necesidades establecidas por la experiencia

Como gerente de una empresa del sector industrial, uno de los principales objetivos es optimizar la producción, logrando la máxima cantidad de productos con el mínimo posible de recursos. Este objetivo es fundamental para mejorar la eficiencia operativa, reducir costes y aumentar la competitividad en el mercado. Para alcanzar este nivel de eficiencia, es crucial abordar varios aspectos clave que influyen en la productividad y la calidad del proceso de fabricación.

En primer lugar, la reducción de errores por parte de los operarios es esencial. Los errores humanos en la producción no solo aumentan los costes debido a la fabricación de productos defectuosos, sino que también pueden afectar negativamente a la reputación de la empresa. Implementar sistemas y tecnologías que minimicen la probabilidad de errores es una estrategia efectiva para mejorar la calidad del producto final. Por ejemplo, el uso de sistemas de apoyo al operario mediante realidad aumentada proyectada puede guiar a los trabajadores en cada paso del proceso de ensamblaje, asegurando que sigan las instrucciones correctas y reduzcan las posibilidades de cometer errores.

Además, agilizar el proceso de fabricación es fundamental para aumentar la producción en un mismo periodo de tiempo. La implementación de técnicas “lean manufacturing” puede ayudar a identificar y eliminar desperdicios en el proceso de producción, mejorando así la eficiencia. La automatización de ciertos procesos también puede contribuir a acelerar la producción, permitiendo que las máquinas realicen tareas repetitivas con mayor rapidez y precisión que los operarios humanos.

Otra consideración importante es la facilitación del aprendizaje de los nuevos operarios. La formación eficaz y rápida de los nuevos empleados no solo es esencial para mantener la productividad, sino que también reduce la carga sobre los operarios experimentados que de otro modo tendrían que dedicar una parte significativa de su tiempo a la instrucción. La utilización de métodos de formación innovadores, como la capacitación mediante simulaciones en realidad virtual o aumentada, puede acelerar el proceso de aprendizaje y mejorar la retención de conocimientos. Estos métodos permiten a los nuevos operarios practicar en un entorno seguro y controlado antes de trabajar en la línea de producción real.

En cuanto al diseño de la estación de trabajo, es imperativo que sea lo más ergonómico y cómodo posible para el operario. La ergonomía en el diseño industrial no solo mejora el bienestar y la salud de los trabajadores, sino que también puede aumentar la productividad al reducir la fatiga y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Una estación de trabajo bien diseñada debe permitir al operario realizar sus tareas en una postura natural y cómoda, con todos los componentes y herramientas al alcance sin necesidad de movimientos excesivos o forzados. Además, el diseño debe incluir características ajustables, como la altura de la mesa de trabajo y el ángulo de los monitores, para adaptarse a las necesidades individuales de cada operario.

4 Planteamiento de soluciones

4.1 Soluciones para el diseño

La estructura en la que se encontrarán las distintas tareas designadas e integrados todos los elementos necesarios para el uso efectivo de la realidad aumentada es una parte fundamental del diseño de la estación de montaje. Esta estructura debe ser cuidadosamente diseñada para asegurar la eficiencia, seguridad y durabilidad del entorno de trabajo. En este contexto, la selección de materiales juega un papel crucial. Los materiales que consideraremos para esta estructura son el aluminio, la fibra de carbono, el acero inoxidable y el hierro forjado, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes aspectos del diseño.

El aluminio es un material ampliamente utilizado en aplicaciones industriales debido a su ligereza y alta resistencia. Su baja densidad facilita la movilidad de la estación de trabajo, permitiendo reposicionarla sin esfuerzos excesivos. Además, el aluminio posee una excelente resistencia a la corrosión, lo que garantiza una larga vida útil en entornos industriales agresivos. Su capacidad para mantener la estabilidad estructural sin añadir peso innecesario es una ventaja significativa en el diseño de estaciones de trabajo donde la movilidad y la flexibilidad son esenciales.

La fibra de carbono representa la vanguardia en materiales estructurales debido a su extraordinaria relación resistencia-peso. Este material es extremadamente ligero, lo que facilita enormemente la manipulación y el ajuste de la estación de trabajo. Además, la fibra de carbono ofrece una resistencia mecánica superior, haciéndola ideal para aplicaciones de alta tecnología y entornos exigentes donde la precisión y la fiabilidad son cruciales. Sin embargo, estas ventajas vienen con un costo considerable debido a la complejidad que presenta su fabricación, lo que aumenta significativamente el precio de este material. Esto puede limitar su uso a aplicaciones donde sus propiedades únicas justifican el gasto adicional.

El acero inoxidable es otro material clave a considerar debido a su excepcional resistencia a la corrosión y a las manchas. Este material es ideal para entornos industriales donde la humedad y otros agentes corrosivos son comunes. El acero inoxidable es también muy robusto, lo que lo hace adecuado para componentes estructurales que deben soportar cargas pesadas y proporcionar estabilidad. Su durabilidad y baja necesidad de mantenimiento a largo plazo hacen del acero inoxidable una opción económica a pesar de su costo inicial más alto en comparación con otros materiales.

Por último, el hierro forjado es un material que combina fuerza y economía. Su alta resistencia lo hace adecuado para soportar cargas pesadas, similar al acero inoxidable, pero a un costo significativamente menor. No obstante, el hierro forjado es susceptible a la oxidación y la corrosión, especialmente en entornos húmedos o expuestos a elementos corrosivos. Para mitigar este problema, el hierro forjado requiere un mantenimiento regular y tratamiento anticorrosivo, lo que puede aumentar los costos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo. A pesar de estos desafíos, su uso puede ser justificado en aplicaciones donde el costo inicial es una preocupación primordial y las condiciones ambientales son controladas.

4.2 Soluciones para el controlador de la estación

Las dos principales opciones para el control automático de la estación de trabajo son el Controlador Lógico Programable (PLC) y el Microcontrolador (MCU). Aunque existen diversas alternativas en el mercado, las características fundamentales de estos dos tipos de controladores ofrecen ventajas y limitaciones que deben ser consideradas según las necesidades específicas de la aplicación.

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo robusto y diseñado específicamente para entornos industriales. Su principal ventaja radica en su capacidad para controlar procesos industriales complejos mediante programación lógica. Los PLCs presentan una alta fiabilidad y durabilidad, características esenciales en aplicaciones industriales críticas donde el tiempo de inactividad y los fallos no son aceptables. Además, los PLCs están equipados para manejar múltiples entradas y salidas, lo que les permite interactuar con una variedad de sensores y actuadores en tiempo real. Esta capacidad de manejar múltiples señales simultáneamente, combinada con su resistencia a condiciones ambientales adversas (como temperaturas extremas, vibraciones y polvo), hace que los PLCs sean ideales para tareas de automatización que requieren un control preciso y confiable. Adicionalmente, los PLCs suelen incluir características avanzadas de diagnóstico y mantenimiento, facilitando la identificación y resolución de problemas operativos.

Por otro lado, el MCU (Microcontrolador) es un circuito integrado que incluye en un solo chip un procesador, memoria y periféricos, lo que le permite ejecutar tareas de control específicas de manera eficiente. Los microcontroladores son conocidos por ser económicos y versátiles, adecuados para aplicaciones de bajo costo y menos complejas. Son ideales para tareas donde no se requiere una gran cantidad de entradas y salidas, y donde el espacio y el consumo de energía son limitados. Los MCUs son utilizados comúnmente en productos de consumo, dispositivos médicos, sistemas de control de vehículos y otros sistemas embebidos. Su versatilidad permite que se adapten a una amplia gama de aplicaciones, desde simples dispositivos de control hasta sistemas más sofisticados con capacidades de comunicación y procesamiento de datos. Aunque no son tan robustos ni duraderos como los PLCs, los microcontroladores ofrecen una solución eficaz y rentable para muchas aplicaciones de control automatizado.

4.3 Soluciones para la realidad aumentada

La herramienta comúnmente asociada con el uso de la realidad aumentada son las gafas de realidad aumentada, las cuales, al ser utilizadas por el usuario, muestran las imágenes preprogramadas en ellas. Como alternativa, también se puede utilizar un proyector para implementar lo que se denomina realidad aumentada proyectada. Al igual que las gafas, esta tecnología muestra imágenes preprogramadas, pero de manera visible no solo para el usuario sino para todos los presentes. Estas dos alternativas serán analizadas a continuación.

Las gafas de realidad aumentada ofrecen una mayor inmersión en las imágenes mostradas, ya que abarcan la totalidad del campo visual del operario, permitiendo que este se concentre completamente en el proceso que está realizando. No obstante, el hecho de que el operario no sea consciente de su entorno inmediato puede resultar peligroso, especialmente en entornos industriales. Adicionalmente, estas gafas suelen contar con sensores integrados que facilitan la guía al usuario. Sin embargo, es importante considerar su costo elevado y la fatiga visual que puede generar su uso prolongado durante toda la jornada laboral.

En contraste, los proyectores son fáciles de instalar y utilizar, mostrando imágenes a gran escala que pueden ser visibles para todos, no solo para el operario que esté utilizando la estación. Económicamente, los proyectores son más asequibles y no requieren de un mantenimiento especializado. Sin embargo, presentan problemas de interactividad, lo que significa que se requieren elementos adicionales para la interacción. Además, la calidad de imagen puede disminuir debido a la iluminación del entorno o a la superficie en la que se esté proyectando.

5 Descripción detallada y justificación de la solución adoptada

La decisión adoptada en cuanto al material seleccionado para la construcción de la estructura de la estación ha sido tanto el acero inoxidable como el aluminio. Se utilizará acero inoxidable en la estructura de las patas de la estación, debido a su capacidad para soportar cargas pesadas y su excepcional resistencia a la corrosión y a las manchas, características que lo hacen ideal para entornos industriales adversos. El peso total de la estación recaerá sobre estas patas, garantizando una base estable y duradera. Para la estructura superior, donde se encontrarán integrados los distintos elementos relativos a la realidad aumentada, se utilizará el aluminio. Este material es ligero pero presenta una alta resistencia, lo que permite reducir el peso total de la estación sin comprometer su integridad estructural. El uso del aluminio en la parte superior facilitará la movilidad y el ajuste de la estación, asegurando que pueda ser reposicionada según sea necesario.

En cuanto al controlador de la estación, la opción elegida ha sido el PLC (Controlador Lógico Programable), dado que la complejidad del proyecto sobrepasa las capacidades del MCU (Microcontrolador). Los PLCs, como el Siemens S7-1200 seleccionado para este proyecto, son dispositivos robustos y fiables, diseñados específicamente para controlar procesos industriales complejos mediante programación lógica. La elección del Siemens S7-1200 se justifica por su amplia utilización en la industria y su capacidad para manejar múltiples entradas y salidas, así como su resistencia a condiciones ambientales adversas. Este PLC cuenta con una gran cantidad de módulos que garantizan la fácil integración de los demás componentes de la estación, como cámaras, sensores y proyectores de realidad aumentada. Adicionalmente, el uso del programa TIA Portal proporciona facilidades significativas a la hora de programar el PLC, permitiendo una configuración eficiente y un mantenimiento sencillo.

Para mostrar la realidad aumentada al usuario se utilizará el proyector. Esta decisión se debe al ahorro en cuanto a costes tanto de adquirir como de mantener un proyector respecto a las gafas. También se ha tenido en cuenta que el factor de aprendizaje se ve perjudicado si tan solo un usuario es capaz de ver las instrucciones, al proyectar la imagen el instructor puede realizar muchas explicaciones que de otra manera no serían posibles. Y por último el factor crucial para la selección del proyector es el de la seguridad. En los entornos industriales es muy común tanto el transporte de objetos pesados mediante grúas ancladas en la parte superior de la nave como la utilización de brazos robóticos. Si bien ninguno de estos tendría porque invadir el área de trabajo del operario, en caso de que ocurra un accidente le será mucho más fácil al operario evitarlo si es capaz de ver la totalidad de su entorno.

5.1 Organigrama

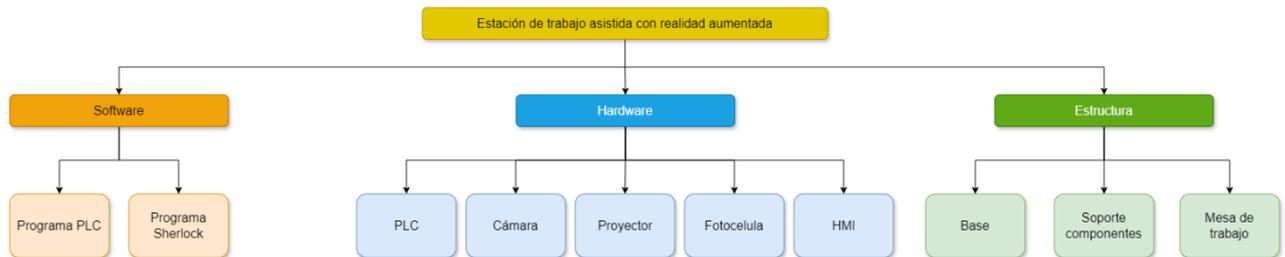


Ilustración 1 Organigrama

5.1.1 Software

Programa PLC

La totalidad del código utilizado para el funcionamiento básico de la estación ha sido desarrollado en el programa TIA Portal, empleando el lenguaje Ladder. Para facilitar la inclusión de dicho código en este trabajo, se ha traducido a lenguaje SCL. El software desarrollado incorpora las funcionalidades esenciales para el correcto funcionamiento de la estación, ofreciendo la flexibilidad necesaria para adaptarse a las demandas específicas del cliente.

El programa cuenta con un manejador de secuencias eficaz, diseñado para cualquier tipo de proceso de fabricación. En este manejador de secuencias, el cliente solo necesita modificar el apartado correspondiente al número total de pasos según sea necesario. Los distintos pasos deben ser creados manualmente por el cliente utilizando la opción de programación de secuencias. Si los pasos han sido configurados correctamente, el manejador de secuencias se encargará de la ejecución adecuada de todos los pasos programados.

Adicionalmente, la estación incluye dos programas integrados. El primero es un contador de piezas finalizadas, que distingue entre piezas producidas exitosamente y aquellas con defectos, y clasifica esta información por turnos de trabajo, días y de forma global. Esto permitirá a los clientes obtener una visión detallada del rendimiento de la estación en función del turno de trabajo y del día, proporcionando datos valiosos para la gestión de la producción.

El segundo programa integrado es un sistema de creación y almacenamiento de usuarios. Este sistema permite al cliente restringir ciertas opciones de la estación a usuarios específicos según su rango. Al utilizar tanto el contador de piezas como el sistema de usuarios, el cliente podrá identificar la eficiencia de cada operario de manera individual. Esta funcionalidad es de gran utilidad para la optimización del rendimiento y la gestión del personal en la planta de fabricación del cliente.

Programa Sherlock

Para las distintas detecciones visuales necesarias para comprobar que el proceso de fabricación se está realizando de forma correcta se ha decidido utilizar el programa Sherlock Machine Vision.

El programa consiste en una primera parte que realiza el mapeado de colores sobre la foto tomada para generar una imagen sobre la que sea posible trabajar, y una segunda en la que dependiendo del modelo de pieza sobre la que se está trabajando y el paso de la secuencia en el que se encuentre el proceso se realizaran distintas acciones sobre la imagen generada en la primera parte.

El mapeado de colores está programado de manera que identifique el color metálico característico tanto de la pieza sobre la que se está trabajando como de las cabezas de los tornillos utilizados en alguno de los pasos. Esto se consigue entrenando al programa para que identifique las distintas tonalidades de color que presenta la pieza con la que se va a trabajar utilizando imágenes ya existentes de la pieza. En la imagen generada se representará a este color metálico como negro y a todos los demás colores como blanco.

La primera detección que se realiza es la de detectar la posición de la pieza, esta detección se repite en todos los pasos para que en el caso de que la pieza no esté exactamente en el centro y se encuentre desplazada las detecciones se puedan realizar sin problemas ya que no están fijas en un punto concreto, sino que varían su posición en función de la detección de la totalidad de la pieza.

En el segundo paso se identifica el modelo de pieza sobre el que se está trabajando, todas las piezas están marcadas con su modelo de manera que el programa puede reconocer las distintas piezas en función de estas marcas. Esto se consigue entrenando la programa para que pueda identificar diferentes números. El modelo de la pieza queda almacenado en una variable para que tanto el programa de Sherlock como el del PLC sepan que secuencia se ha de realizar sobre la pieza.

Los siguientes pasos difieren en función del modelo de la pieza. Lo que tienen en común es que todos modifican la variable que indica que todas las detecciones son correctas. Esta variable se envía al PLC para indicar que se puede avanzar al siguiente paso de la secuencia. Las otras variables que comunican con el PLC son la que indica el número del paso actual, que la proporciona el PLC, y las variables que indican las detecciones individuales en un mismo paso con diferentes acciones, que permiten mostrar en la proyección que acciones faltan por realizar y cuales ya se han realizado.

5.1.2 Hardware

PLC

El PLC seleccionado es el Siemens S7 – 1200 1212 DC/DC/DC. Es un PLC modular y de alto rendimiento, ideal para aplicaciones de automatización industrial. Está equipado con una CPU potente, memoria expandible y capacidades avanzadas de comunicación, como PROFINET y Modbus TCP/IP, además de soportar múltiples protocolos de comunicación industriales. Permite la integración de módulos adicionales y cuenta con entradas y salidas tanto analógicas como digitales. Por último, es programable mediante el programa TIA Portal de Siemens, que admite varios lenguajes de programación estándar y ofrece funciones avanzadas de diagnóstico y seguridad.

El PLC se encargará del control integral de todos los procesos que realice la estación, desempeñando un papel crucial en la supervisión y gestión de las operaciones. Su responsabilidad no se limita solo a la coordinación y control de las actividades rutinarias, sino que también incluye la monitorización continua de las condiciones operativas para identificar y advertir al operario de cualquier fallo que se detecte. Esta capacidad de detección y notificación es esencial para mantener la calidad y eficiencia del proceso productivo, permitiendo una intervención rápida y precisa para corregir cualquier anomalía.

Además de su función de monitoreo y advertencia, el PLC está diseñado para actuar de manera decisiva en situaciones de emergencia. En caso de que se detecte una condición que ponga en riesgo la seguridad de los operarios o la integridad de la estación, el PLC tiene la capacidad de detener inmediatamente todas las operaciones. Esta función de parada de emergencia es fundamental para prevenir accidentes y daños, asegurando que la estación opere bajo estrictas normas de seguridad. La capacidad del PLC para gestionar tanto los procesos normales como las situaciones de emergencia subraya su papel como componente central en el sistema de control de la estación de trabajo.



Ilustración 2 PLC Siemens S7-1200

Cámara

La cámara seleccionada es la CV-H500C del fabricante. Esta cámara está equipada con una resolución de 5 megapíxeles proporcionando imágenes nítidas y detalladas que permiten detectar características y defectos minúsculos en objetos. Lo importante para la selección de esta cámara es que permite funciones avanzadas de procesamiento de imágenes que permiten encontrar errores de forma automática mediante algoritmos de detección de bordes.

La programación de dichos algoritmos se realiza en la controladora, en nuestro caso la CV-X170. En dicha controladora, usando el software de Keyence, es donde se programan los algoritmos de detección. Para ello se posiciona una pieza de muestra dentro del alcance de la cámara y se indica los patrones que ha de reconocer la cámara para que la controladora devuelva un mensaje de aviso en caso de no detectarlos. Por último, la controladora es capaz de conectarse al PLC a través de Ethernet/IP para posibilitar el intercambio de información entre ambos controladores.



Ilustración 3 Controlador CV-X170

Proyector

El proyector por el que se ha optado es el Epson PowerLite 1795F. Es un proyector de alta gama diseñado para ofrecer una excelente calidad de imagen. Gracias a su resolución de 1920x1080 y brillo de 3200 lúmenes es idónea para entornos bien iluminados. Es posible conectarlo al PLC mediante un cable HDMI o VGA para realizar la transmisión de datos y comandos.

La función desempeñada por el proyector será esencial para guiar al operario en la totalidad del proceso de ensamblaje y fabricación. Este proceso de guiado se llevará a cabo mediante la proyección de una guía visual interactiva y dinámica, diseñada específicamente para proporcionar instrucciones claras y precisas al operario. La guía visual proyectada no solo indicará al operario la acción que debe realizar en cada etapa del proceso, sino que también señalará de manera explícita los componentes y herramientas necesarios para llevar a cabo la acción indicada.

La versatilidad del proyector también permite la incorporación de elementos adicionales de realidad aumentada, que pueden superponer información digital relevante sobre el entorno físico del operario. Esto incluye anotaciones dinámicas sobre los avances que se van realizando en el proceso y alertas en tiempo real sobre posibles errores o inconsistencias.



Ilustración 4 Proyector Epson PowerLite 1795F

Fotocélula

Se utilizará la fotocélula de Keyence PZ-G51N fácilmente integrable en el S7-1200. Ofrece un alcance de detección de hasta 5 metros, haciéndola mas que adecuada para nuestra estación de trabajo. Además, cuenta con una alta velocidad de respuesta, permitiendo una detección rápida. Su diseño compacto y robusto la hace idónea para los entornos industriales exigentes.

La fotocélula servirá para contar con un sistema de doble confirmación a la hora de avanzar de paso. La primera confirmación de que no existen desperfectos la realizará la cámara, y la segunda confirmación la realizará el operario interponiendo su mano en el haz generado por la fotocélula. De esta manera se pueden evitar errores en caso de algún malfuncionamiento de la cámara.



Ilustración 5 fotocélula PZ-G51N

HMI

El HMI seleccionado es el panel básico Simatic HMI KTP-400 Basic Color PN que cuenta con una pantalla táctil de 4 pulgadas y resolución de 480x272 píxeles. Su diseño robusto y resistente, junto con su instalación sencilla y su conectividad plug-and-play con el S7-1200 lo convierten en la mejor opción para acompañar al PLC de este proyecto. Por último, el programa TIA Portal además de permitirnos programar el PLC, también nos permite programar el HMI. De este manera podemos programar y diseñar las pantallas del HMI sin instalar programas adicionales.

El HMI será el componente que permitirá una interacción intuitiva y eficiente entre el usuario y la estación de trabajo. Esta interfaz facilitará toda la información generada por los contadores, proporcionando al operario acceso en tiempo real a los datos sobre el rendimiento y el estado de la producción. Además, el HMI permitirá conocer a los usuarios el número de paso en el que se encuentra la secuencia, así como una breve descripción del mismo.

A través del HMI, se cuando un fallo en el proceso de fabricación de una pieza sea irreversible. Cuando se produce un fallo irreparable, el HMI incrementará automáticamente el contador de piezas con desperfectos, garantizando un registro exacto de los productos no conformes. Simultáneamente, el sistema reiniciará la secuencia de producción para comenzar la fabricación de una nueva pieza, minimizando el tiempo de inactividad y maximizando la eficiencia operativa.



Ilustración 6 HMI Simatic KTP-400

Interruptor Seccionador

Se ha seleccionado como interruptor seccionador que se situará a la salida de la fuente de alimentación el VCF0 de Schneider. Este dispositivo permite abrir y cerrar circuitos desconectándolos y aislándolos bajo condiciones de carga nominal, además de proporcionar protección efectiva contra sobrecargas y cortocircuitos. Por último, este dispositivo tendrá la función extra de actuar como seta de emergencia si el operario lo considera oportuno.



Ilustración 7 Interruptor Seccionador VCF0

Interruptor magnetotérmico

El interruptor magnetotérmico seleccionado para salvaguardar la estación contra sobrecargas y cortocircuitos ha sido el A9F79616 de Schneider. Este modelo cuenta con un interruptor de un polo mas neutro (1P+N) con una capacidad de corriente nominal de 16 A y una curva de disparo tipo C, que lo hace adecuado para aplicaciones con cargas inductivas moderadas y siendo su capacidad de ruptura los 6000^a.



Ilustración 8 Interruptor Magnetotérmico A9F79616

Interruptor diferencial

El interruptor diferencial elegido es el A9R84225 de Schneider. La función de este dispositivo de protección será la de detectar y desconectar corrientes de fuga a tierra, protegiendo así a los operarios de descargas eléctricas y previniendo incendios por fallos de aislamiento.



Ilustración 9 Interruptor diferencial A9R84225

Fuente de alimentación 24VDC

La fuente de alimentación de 24 VDC elegida para alimentar a la mayoría de los componentes es la Siemens 6EP1334-1LB00. Esta fuente de alimentación ofrece una conversión eficiente de 120/230V de corriente alterna a 24 V de corriente continua con una capacidad de corriente de hasta 10 A. Además, la fuente garantiza una conversión fiable y estable incluso bajo operaciones de carga variable.



Ilustración 10 Fuente de alimentación 120/230V - 24V/10A 6EP1334-1LB00

Switch

El switch seleccionado es el SCALANCE XB005 de cinco bocas de Siemens. Este switch no gestionado cuenta con 5 puertos RJ45, permitiendo la conexión de hasta 5 dispositivos, facilitando así la expansión y organización de la infraestructura de red. Permite una transmisión de datos rápida gracias a que soporta velocidades de hasta 100 Mbps. En nuestra facilitará la conexión y el intercambio de datos entre el PLC y la controladora de la cámara, el proyector y el HMI.



Ilustración 11 Switch SCALANCE XB005

5.1.3 Estructura

Base

La base de la estación de trabajo será construida utilizando acero inoxidable para garantizar durabilidad y resistencia. Esta constará de cuatro patas, cada una equipada con una rueda que podrá fijarse para facilitar el desplazamiento de la máquina según sea necesario. Las dimensiones de la base serán de 1 metro de largo, 1.5 metros de ancho y 1 metro de altura, con el objetivo de proporcionar un amplio espacio de trabajo y asegurar una altura adecuada para el operario. Para garantizar la estabilidad y resistencia necesarias, la base estará reforzada con travesaños entre las patas, lo que permitirá distribuir de manera uniforme el peso de toda la estructura.

Soporte de componentes

El material utilizado para el soporte de componentes será el aluminio. Este soporte constará de una estructura que se situará encima de la base por lo que sus medidas de largo y anchura deberán de ser las mismas que las de la base. La de la altura será de 1.5 metros. Esta elección de altura se debe a que el proyector, la cámara y la fotocélula irán integrados en la parte superior de la estructura, por lo que es necesario que puedan abarcar la totalidad de la mesa desde esa posición.

Adicionalmente la estructura contará con varios soportes en los que se podrán integrar estanterías en las que se podrán dejar tanto piezas pequeñas como herramientas que se utilizaran durante el proceso de fabricación.

Mesa de trabajo

La superficie sobre la que se realizarán todas las operaciones de montaje consistirá en un tablero de fibra de densidad media que encajará con las dimensiones tanto de la base como del soporte. La fibra de densidad media es un material económico que proporciona una superficie de trabajo suave y uniforme, lo que es crucial para las tareas de fabricación.

5.2 Realidad Aumentada

Lo que distingue a este proyecto de las alternativas disponibles en el mercado de las estaciones de trabajo es la inclusión de la realidad aumentada como método de apoyo al operario durante el proceso de fabricación. Esta innovación no solo mejora la eficiencia y precisión del trabajo, sino que también optimiza el aprendizaje y la adaptación de los nuevos operarios a los procedimientos establecidos.

Los elementos clave que hacen posible la integración de la realidad aumentada son el proyector y la cámara incluidos en la estación de trabajo. Estos dispositivos, al trabajar de manera coordinada, logran que la guía visual proporcionada al operario no sea una imagen estática, sino una que se actualiza dinámicamente a medida que avanza el proceso de fabricación. Esta característica interactiva asegura que el operario reciba instrucciones precisas y en tiempo real, reduciendo la probabilidad de errores y mejorando la calidad del producto final.

Se ha de tener en cuenta que la estación no se ha diseñado con el propósito de realizar un proceso de montaje en específico. En cualquier momento se puede reprogramar el proceso de detección visual para adaptarlo a las modificaciones que se realicen sobre las piezas a fabricar o para añadir procesos de fabricación completamente nuevos.

Los distintos pasos que realiza de manera interna el sistema para llevar a cabo las distintas tareas de montaje son los siguientes. El PLC se encuentra en un paso de la secuencia esperando que se den las condiciones adecuadas para poder avanzar al siguiente paso. Para ello muestra a través del proyector un pequeño texto descriptivo sobre la acción a realizar y un rectángulo de color azul que indica la zona en la que la cámara es capaz de realizar las detecciones. Adicionalmente también puede mostrar una imagen aclaratoria acerca de la acción a realizar y en caso de tener realizar una misma acción en diferentes puntos, como atornillar varios tornillos, también muestra una indicación que muestra en que puntos se ha realizado ya la acción, en color verde, y en qué puntos todavía se tiene que realizar.

Fije las piezas rotatorias

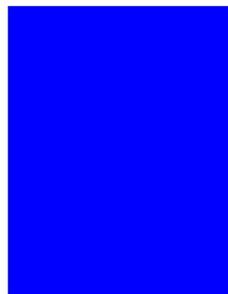


Ilustración 12 Ejemplo proyección

Una vez que la pieza está dentro del alcance de la cámara indicada por la proyección entra en juego el programa de detección visual de imágenes. El primer paso que realiza el programa cuando recibe la imagen es realizar sobre ella un mapeado de colores. Esto es necesario ya que las detecciones que se realizarán en los siguientes pasos solo se pueden realizar sobre imágenes en blanco y negro. Una vez que este mapeado se ha realizado los dos primeros pasos de la secuencia son siempre los mismos. En el primero se comprueba que hay una pieza sobre la que trabajar en el rango de detección de la cámara. En el segundo se identifica el modelo de pieza sobre el que se está trabajando ya que se pueden programar distintas secuencias de trabajo para distintos modelos de pieza.

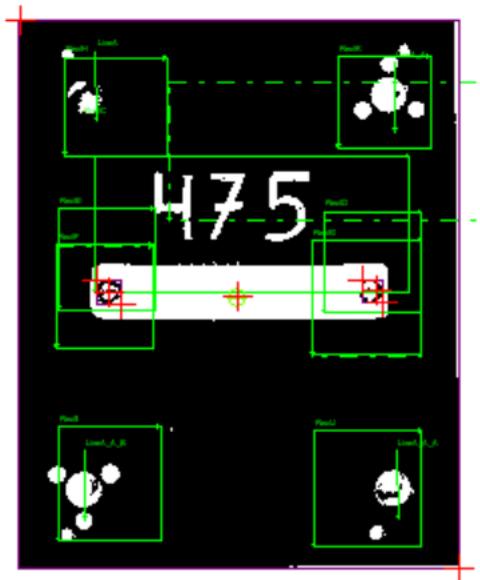


Ilustración 13 Ejemplo Detección Visual

Una vez el programa haya realizado las detecciones pertinentes en cada paso comunicará con el PLC si todas las detecciones necesarias son correctas y puede avanzar al siguiente paso. O en el caso de que tenga que realizar más de una detección y no se hayan realizado todas exitosamente indicar cuáles son correctas y cuáles no para poder mostrarlo en la proyección.

5.3 Cálculo de intensidades

A la hora de seleccionar las fuentes de alimentación tanto de 24 V como de 230 V se ha de tener en cuenta las intensidades máximas que son capaces de suministrar. Ya que tienen que ser capaces de proporcionar mas intensidad que la consumida por los distintos elementos cuando se encuentran todos ellos conectados de forma simultánea. En caso de que la intensidad total consumida fuese superior a la proporcionada se produciría un problema de sobrecarga haciendo que se activasen los distintos elementos de protección desconectando de esta manera la fuente de alimentación de todos los elementos conectados a ella. Analizaremos ambas fuentes de alimentación de forma independiente.

Primero analizaremos la fuente de alimentación de 230 V ya que la de 24 V depende de esta, por lo que si ocurre algún problema en esta ninguna de las dos será capaz de proporcionar alimentación. La fuente de alimentación es capaz de soportar una corriente máxima de 16 A. A ella se encuentran conectados el proyector, que consume una corriente de 3'2 A, y la fuente de alimentación, que consume 2 A. Al encontrarse ambos elementos en paralelo sus corrientes se suman, dando como resultado una corriente total de 5'2 A. Al ser inferior a los 16 A que puede soportar la fuente no existe ningún problema.

La fuente de 24 V en cambio es capaz de suministrar hasta 10 A de corriente a todos sus elementos conectados. A ella se encuentran conectados el PLC, que consume 900 mA, la controladora de la cámara, 3'8 A, el transmisor, 20 mA, y el receptor, 28 mA, de la fotocélula, el HMI, 125 mA, y el switch, 70 mA. Al igual que en la fuente de 230 V los distintos elementos se encuentran conectados en paralelo a la fuente de alimentación, por lo que sus corrientes se suman. El total es igual a 4'943 mA, inferior a los 10 A máximos suministrados por la fuente por lo que tampoco existe ningún problema de sobrecarga en esta fuente de alimentación.

6 Descripción general del manejo, uso, mantenimiento o reparación del sistema. Manuales de uso

Aclaraciones previas

La estación de trabajo no ha sido diseñada para realizar un proceso en concreto, sino para ser configurable para poder realizar cualquier proceso de montaje dentro de sus posibilidades.

Por ello en este manual se explicará como programar las tareas a realizar, como deberá utilizar el operario la estación una vez programada la tarea y como aprovechar algunas funciones básicas que vienen ya incluidas.

Programación de una nueva secuencia

A la hora de programar una nueva secuencia se deberá entender que la estación funciona por pasos. Un paso es cada una de las acciones que realiza el operario y que al final de esta se quiere comprobar que la ha realizado correctamente. Si se detecta algún fallo el programa no avanzará al siguiente paso.

Al programar un nuevo paso se deberá indicar la imagen o video que se desea proyectar durante ese paso. Cuanto más descriptiva sea la ayuda visual menos probabilidades habrá de que el operario la pueda malentender y cometer un error.

A continuación, se deberá situar una pieza de cómo debería resultar el producto al final del paso dentro del alcance de la cámara. Es importante que esta pieza este en perfectas condiciones ya que será la que sirva como referencia para el resto. Una vez situada la pieza se deberá indicar mediante el programa de Keyence para reconocer algoritmos de bordes que partes de la pieza son de las que nos queremos asegurar que estén de forma correcta.

Repetiremos este proceso para todos los distintos pasos de la secuencia que se quiera introducir, añadiendo un último paso extra al final de la secuencia que servirá para indicar el fin del ciclo. Una vez finalizado se pulsará el botón de guardar secuencia.

Guía para el operario

Una vez encendida la estación esta se encontrará por defecto en el paso cero, esperando a que inicie el proceso. Para avanzar de paso el operario deberá deslizar su mano a través de la fotocélula para indicar que desea avanzar al siguiente paso. Al hacerlo el proyector mostrará al operario que acción ha de realizar. Una vez finalizada la acción el operario deberá repetir el deslizamiento de mano. Si la cámara confirma que la pieza se ha realizado correctamente se avanzará al siguiente paso, si por el contrario detecta algún defecto avisará al operario e impedirá que se avance de paso. Una vez el fallo sea solventado el operario deberá deslizar nuevamente su mano sobre la fotocélula para repetir la comprobación.

Una vez finalizada la secuencia la estación volverá al paso cero esperando el inicio de un nuevo ciclo.

Degradado de sensores

En caso de que el operario detecte algún malfuncionamiento de la cámara o de la fotocélula que le impida avanzar al siguiente paso a pesar de que la acción se ha realizado de forma correcta existe la posibilidad de degradar tanto la cámara como la fotocélula.

En caso de degradar alguna de las partes esta se desactivará y ya no será necesaria su verificación para avanzar de paso. Si ambos elementos se encuentren degradados, el avance de paso se deberá realizar mediante el HMI.

Para degradar un elemento, deberá dirigirse al HMI y pulsar en la pestaña que pone degradado. Tras ello la pantalla le mostrará los elementos que puede degradar, tan solo se ha de pulsar sobre la opción que se requiera.

Al momento de degradar algún elemento avise al servicio técnico para que comprueben el fallo, lo solventen y reviertan el degradado.

Inicio de sesión y creación de nuevos usuarios

Para iniciar sesión en la estación deberá dirigirse al HMI y pulsar en la opción iniciar sesión. Se le abrirá una pantalla desplegable en la que deberá introducir su usuario y contraseña. Una vez hecho esto ya habrá iniciado sesión.

Para crear un nuevo usuario deberá de haber iniciado sesión con un usuario que posea permisos para la creación de nuevos usuarios. Una vez hecho pulsará el botón de crear nuevo usuario. Deberá de introducir un nombre de usuario que no coincida con ninguno ya creado y una contraseña. Tras hacerlo deberá de pulsar aceptar.

7 Anexos para estudios detallados y otros documentos necesarios

Anexo 1 datasheet S7-1200

Referencia	6ES7211-1AE40-0XB0	
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75	
Peso de envío	370 gramos	
Disipación de potencia	8 W	
Intensidad disponible (bus CM)	750 mA max (5V DC)	
Intensidad disponible (24V DC)	300 mA max (alimentación de sensores)	
Consumo de corriente de las entradas digitales (24V DC)	4 mA/entrada utilizada	
Memoria de usuario	Trabajo	50 KB
	Carga	1 MB
	Remanente	10 KB
E/S digitales integradas	6 entradas/4 salidas	
E/S analógicas integradas	2 entradas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas(I)/1024 bytes de salidas (Q)	
Área de marcas	4096 bytes	
Número de puestos Ethernet	1	
Dispositivo HMI	4	
Programadora (PG)	1	
Número de interfaces PROFINET	1	
Transferencia de datos	10/100 Mb/s	
Número de dispositivos IO conectables como máximo	16	
Rango de tensión	De 20,4 V DC a 28,8 V DC	
Intensidad de entrada	CPU solo a carga max	300 mA a 24 V DC
	CPU con todos los accesorios de ampliación a carga max	900 mA a 24 V DC
Corriente de irrupción max	12 A a 28,8 V DC	
Tiempo de mantenimiento	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno	3 A, 250 V, de acción lenta	

Tabla 1 datasheet S7-1200

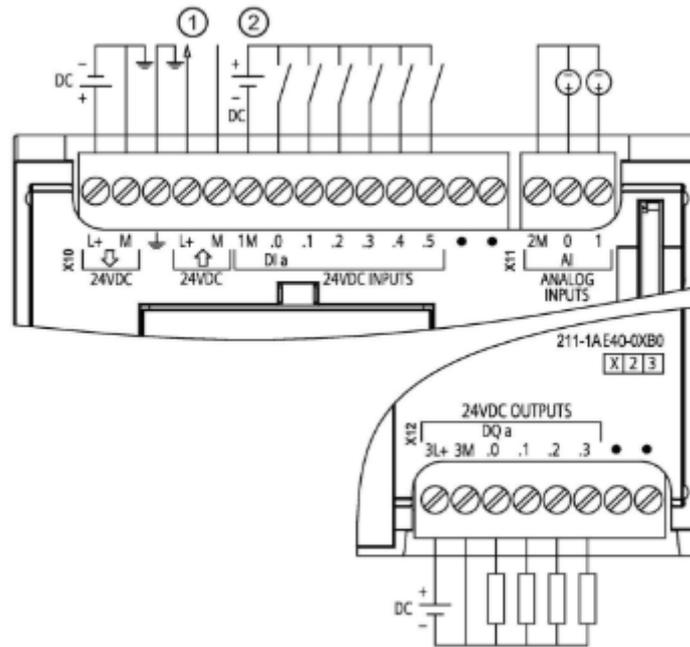


Ilustración 14 diagrama de pines S7-1200

Pin	X10	X11 (oro)	X12
1	L+/24 V DC	2 M	3L+
2	M/24 V DC	AI 0	3M
3	Tierra funcional	A1 1	DQ a.0
4	L+/salida de sensor 24 V DC	--	DQ a.1
5	M/salida de sensor 24 V DC	--	DQ a.2
6	1 M	--	DQ a.3
7	DI a.0	--	--
8	DI a.1	--	--
9	DI a.2	--	--
10	DI a.3	--	--
11	DI a.4	--	--
12	DI a.5	--	--
13	Sin conexión	--	--
14	Sin conexión	--	--

Tabla 2 pines S7-1200

Anexo 2 datasheet Keyence CV-X170

Entrada de cámara	Dos cámaras a color/monocromáticas
Entrada de activación	Hasta dos cámaras para captura simultanea
Procesador de imágenes principal	DSP
Programas de inspección	Hasta 1000 configuraciones
Cantidad de imágenes de referencia	Cada configuración admite 900 imágenes por cámara de área
Tarjeta de memoria	Ranura para tarjetas SD x 2
Número de herramientas configurables	Hasta 100 por cada cámara
Condición de archivo	603 imágenes, a color 2 megapíxeles
Cantidad de datos	20000 piezas de datos por elemento, 128 elementos max
Entrada externa de activación	4 puntos, 26,4 V max, 3 mA min
Entrada de control	16 puntos, 26,4 V max, 2 mA min
Salida común	27 puntos, foto MOSFET, 50 mA max, 30 V max
Salida de estado global	1 punto, foto MOSFET, 50 mA max, 30 V max
Salida monitor	Salida RGB analógica XGA 1024 x 768
Voltaje nominal	24 VDC +-10%
Corriente nominal	3.8 A
Temperatura ambiente	0 a 45 °C
Humedad ambiente	35 a 85% de HR
Peso	1600 g

Tabla 3 datasheet CV-X420F

Anexo 3 datasheet Keyence PZ-G51N

Tipo	Barrera estándar
Forma	Rectangular
Emisión	NPN
Conexión de cable	Cable (2m 78.74")
Distancia de detección	5 m
Fuente de luz	LED rojo
Ajuste de sensibilidad	Potenciómetro de 1 vuelta (230°)
Tiempo de respuesta	500 µs
Modo de funcionamiento	Activado por luz/activado por oscuridad
Salida de control	Salida de colector abierto, 30 V max, 100 mA max. Voltaje residual 1 V max
Circuito de protección	Polaridad inversa, protección sobrecorriente, transitorios
Supresión de interferencia	Hasta 2 unidades
Par de ajuste	Modelos rectangulares 0.5 N m max
Voltaje de alimentación	10 – 30 VCD
Consumo de corriente	Transmisor: 20 mA, Receptor 28 mA
Luz ambiente	Lampara incandescente: 5000 lux max, Lux solar: 20000 lux max
Humedad relativa	35 a 85% de HR
Temperatura ambiente	-20 a +55°C
Resistencia a la vibración	10 a 55 Hz
Peso	60 g

Tabla 4 datasheet PZ-G51N

Anexo 4 datasheet Epson PowerLite 1795F

Resolución	1920 x 1080 píxeles
Longitud focal	14,06 a 16,82 mm
Reproducción de color	Color completo
Luminosidad	Emisión blanca de 3200 lúmenes
Relación de contraste	10000:1
Tamaño de imagen	30 a 300 pulgadas
Métodos de proyección	Frontal, posterior, montaje en el techo
Relación de aspecto óptico	16:9
Ajuste de enfoque	Monitorizado
Ajuste de zoom	Manual
Sistema de sonido interno	1 W
Nivel de ruido	39 dB
Angulo de corrección trapezoidal	Vertical: +-45º, Horizontal: +-30º
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Tensión de alimentación	100 a 240 VCA
Corriente de alimentación	1,4 a 3,2 A
Consumo de energía	309 W
Temperatura ambiente	5 a 40ºC
Humedad relativa	20 a 80% de HR
Dimensiones A x A x P (mm)	44 x 292 x 213
Peso	1,83 kg

Tabla 5 datasheet Epson PoweLite 1795F

Anexo 5 datasheet Simatic HMI KTP-400

Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de la pantalla	4,3 in
Anchura del display	95 mm
Altura del display	53,9 mm
Nº de colores	65536
Resolución de imagen horizontal	480
Resolución de imagen vertical	272
Nº de teclas de función	4
Manejo táctil	Sí
Tensión de alimentación nominal	24 V DC
Corriente de entrada	125 mA
Intensidad transitoria de cierre	0,2 A
Consumo típico	3 W
Tipo de procesador	ARM
Memoria de usuario	10 MB
Tipo de salida acústica	Zumbador
Nº de interfaces USB	1; hasta 16 GB
Nº de interfaces Industrial Ethernet	1
LED de estado Industrial Ethernet	2
Temperatura ambiente	0 a 40°C
Humedad relativa	0 a 90% HR
Peso	470 g

Tabla 6 datasheet Simatic HMI KTP-400

Anexo 6 código manejador de secuencia

```
"SEQ".total_step_number := 10;

IF "MAIN".START THEN
    "SEQ".started := TRUE;
END_IF;

IF "SEQ".step_number >= total_step_number
    "SEQ".end_of_cycle := TRUE;
ELSE
    "SEQ".end_of_cycle := FALSE;
END_IF;

IF "SEQ".started AND "SEQ".cam_ok AND "SEQ".ftc_det THEN
    "SEQ".step_number := "SEQ".step_number + 1;
END_IF;

IF "SEQ".reset_step THEN
    "SEQ".step_number := 0;
END_IF;

IF "SEQ".step_number := 0 AND "SEQ".ftc_det THEN
    "SEQ".step_number := 1;
END_IF;

IF "SEQ".step_number = "SEQ".total_step_number THEN
    "SEQ".step_number := 0;
END_IF;
```

El código del manejador de secuencias permite a las estación avanzar entre los distintos pasos programados siempre que se cumplan las condiciones. Lo que mas destaca del código es la amplia utilización del condicional IF, esto se debe a que el código original se encontraba escrito en diagrama de contactos, por lo que abundaban las variables booleanas. Para permitir observar la totalidad del código con mayor facilidad se ha traducido a lenguaje SCL.

La primera línea del código, que será la única que el cliente deberá modificar, es la que indica el número de pasos que tendrá la secuencia. En la siguiente línea se comprueba si la maquina está en funcionamiento, y en el momento en el que se detecta esto comienza la secuencia.

Seguidamente se comprueba que el paso en el que se encuentra la secuencia no es igual ni excede al número de pasos totales. En caso de que alguna de estas condiciones se cumpla, el programa habrá finalizado el ciclo actual.

A continuación, se encuentra la línea de código que permite avanzar entre pasos. Para poder avanzar entre pasos la secuencia tiene que haber comenzado, la cámara devolver al PLC una señal que indica que no detecta ningún desperfecto y la fotocélula devolver una señal indicando que ha detectado el deslizamiento de mano. Si alguna de estas condiciones no se cumple, el código no permite avanzar al siguiente paso.

En la siguiente línea se indica que en el caso de que la señal para resetear la secuencia sea activada, la secuencia deberá volver al paso cero.

A continuación, se indican los requisitos para avanzar del paso cero, en el que se encuentra la secuencia al inicio y no requiere de acción alguna. El requisito para avanzar al paso uno e iniciar así el ciclo es simplemente deslizar la mano sobre la fotocélula.

La parte final del código sirve para una vez alcanzado el número máximo de pasos, la secuencia regrese al paso cero para poder empezar un nuevo ciclo.

Anexo 7 código contador de partes

```
IF "SEQ01".eoc THEN
    "PART_CNT_DB".PART_DONE := TRUE;
END_IF;

IF "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[1] THEN
        "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT := 1;
    END_IF;

    IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[2] THEN
        "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT := 2;
    END_IF;

    IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[3] THEN
        "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT := 3;
    END_IF;

    "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_DAY :=
"DATE_TIME_DB".TIME_AND_DATE.DAY;

END_IF;

IF "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT <> 1 OR
("SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT == 1 AND
"SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_DAY <>
"DATE_TIME_DB".TIME_AND_DATE.DAY) OR "MAIN".RESET_CNT1_PB THEN
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[1] := 0
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[1] := 0
END_IF;

IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[1] AND "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "PART_CNT_DB".PART_OK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_NOK
THEN
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[1] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[1] + 1;
        END_IF;

    IF "PART_CNT_DB".PART_NOK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_OK
THEN
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[1] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[1] + 1;
        END_IF;

END_IF;
```

```
"PART_CNT_DB".SHIFT_TOT[1] := "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[1] +
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[1];

IF "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT <> 2 OR
("SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT == 2 AND
"SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_DAY <>
"DATE_TIME_DB".TIME_AND_DATE.DAY) OR "MAIN".RESET_CNT2_PB THEN
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[2] := 0
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[2] := 0
END_IF;

IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[2] AND "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "PART_CNT_DB".PART_OK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_NOK
    THEN
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[2] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[2] + 1;
        END_IF;

    IF "PART_CNT_DB".PART_NOK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_OK
    THEN
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[2] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[2] + 1;
        END_IF;

END_IF;

"PART_CNT_DB".SHIFT_TOT[2] := "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[2] +
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[2];

IF "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT <> 3 OR
("SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_SHIFT == 3 AND
"SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_DAY <>
"DATE_TIME_DB".TIME_AND_DATE.DAY) OR "MAIN".RESET_CNT3_PB THEN
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[3] := 0
    "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[3] := 0
END_IF;

IF "SHIFT_MNG_DB".ACT[3] AND "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "PART_CNT_DB".PART_OK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_NOK
    THEN
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[3] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[3] + 1;
        END_IF;

    IF "PART_CNT_DB".PART_NOK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_OK
    THEN
```

```
        "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[3] :=
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[3] + 1;
        END_IF;

END_IF;

"PART_CNT_DB".SHIFT_TOT[3] := "PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_OK[3] +
"PART_CNT_DB".SHIFT_CNT_NOK[3];

IF "SHIFT_MNG_DB".LAST_PART_DAY <>
"DATE_TIME_DB".TIME_AND_DATE.DAY OR "MAIN".RESET_CNTD_PB THEN
    "PART_CNT_DB".DAY_CNT_OK := 0;
    "PART_CNT_DB".DAY_CNT_NOK := 0;
END_IF;

IF "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "PART_CNT_DB".PART_OK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_NOK
    THEN
        "PART_CNT_DB".DAY_CNT_OK := "PART_CNT_DB".DAY_CNT_OK
+ 1;
        END_IF;

    IF "PART_CNT_DB".PART_NOK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_OK
    THEN
        "PART_CNT_DB".DAY_CNT_NOK :=
"PART_CNT_DB".DAY_CNT_NOK + 1;
        END_IF;

END_IF;

"PART_CNT_DB".DAY_TOT := "PART_CNT_DB".DAY_CNT_OK +
"PART_CNT_DB".DAY_CNT_NOK;

IF "MAIN".RESET_GNTD_PB THEN
    "PART_CNT_DB".GL_CNT_OK := 0;
    "PART_CNT_DB".GL_CNT_NOK := 0;
END_IF;

IF "PART_CNT_DB".PART_DONE THEN

    IF "PART_CNT_DB".PART_OK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_NOK
    THEN
        "PART_CNT_DB".GL_CNT_OK := "PART_GL_DB".DAY_CNT_OK +
1;
        END_IF;

    IF "PART_CNT_DB".PART_NOK AND NOT "PART_CNT_DB".PART_OK
    THEN
```

```
                "PART_CNT_DB".GL_CNT_NOK := "PART_CNT_DB".GL_CNT_NOK  
+ 1;  
            END_IF;  
  
END_IF;  
  
"PART_CNT_DB".GL_TOT := "PART_CNT_DB".GL_CNT_OK +  
"PART_CNT_DB".GL_CNT_NOK;
```

El código del contador de partes realiza un conteo de las piezas que se han fabricado de forma exitosa y de aquellas que presentan desperfectos. También, realiza un conteo sumando tanto las piezas exitosas como las fallidas. Este conteo lo clasifica según el turno de trabajo en el que han sido fabricadas las piezas, según el día y por último lleva un conteo global de todas las piezas producidas por la estación.

La primera parte del código indica cuando se ha terminado de fabricar una pieza ya que la secuencia de fabricación ha llegado al fin de ciclo. Al ocurrir esto el código averigua en que turno se encuentra la estación y en el día en el que se ha fabricado la pieza.

La siguiente parte del código es repetitiva y solo varía en cual de los contadores se almacena la información acerca de la pieza fabricada. Los tres primeros bloques repetidos hacen referencia a los tres turnos distintos, el cuarto bloque hace referencia a la fabricación diaria y el quinto bloque a la fabricación global.

La forma en la que se estructuran los cinco bloques es la siguiente. La primera parte sirve para resetear el contador. En el caso de los turnos ocurre en caso de que haya un cambio de turno, de que sea el mismo turno pero cambie el día o si se pulsa el botón que resetea el contador. El contador diario se resetea al cambiar de día o al pulsar el botón de reseteo. El contador global solo se pone a cero en caso de apretar el botón de reseteo.

La siguiente parte del bloque es la que realiza los conteos. En caso de que la pieza sea este correctamente fabricada y no presente defectos, aumentará el contador de piezas correctamente fabricadas. En el caso contrario aumentará el contador de piezas defectuosas. Tras ello se suman ambos contadores dando como resultado el conteo de piezas totales fabricadas.

Anexo 8 código para la administración y creación de usuarios

```
IF #SAVE_NEW AND #NEW_USR_GRP>0 AND #GROUP_ACT>1 THEN

    FOR #i := 1 TO 20 DO
        //
        IF #NEW_USR_NAME = #USER_LIST[#i] THEN
            #NAME_USED := TRUE;
            EXIT;
        END_IF;

    END_FOR;

    IF #NEW_USR_NAME <> '' AND NOT #NAME_USED THEN

        #MEM_FULL := TRUE;

        FOR #i := 1 TO 20 DO

            IF #USER_LIST[#i] = '' THEN
                #FIRST_EMPTY := #i;
                #MEM_FULL := FALSE;
                EXIT;
            END_IF;

        END_FOR;

        IF (#FIRST_EMPTY >= 1 AND #FIRST_EMPTY <= 20) THEN
            //
            #USER_LIST[#FIRST_EMPTY] := #NEW_USR_NAME;
            #GRP_LIST[#FIRST_EMPTY] := #NEW_USR_GRP;
            #PASS_LIST[#FIRST_EMPTY] := #NEW_USR_PASS;

        END_IF;

    END_IF;

    FOR #i := 1 TO 20 DO
        IF #USR_DEL[#i] THEN
            #USER_LIST[#i] := '';
            #GRP_LIST[#i] := 0;
            #PASS_LIST[#i] := '';
            EXIT;
        END_IF;
    END_FOR;

    IF #LOGON_BOX_ORD THEN
        #LOGON_ORD := FALSE;
```

```
FOR #i := 1 TO 20 DO

    IF (#LOGON_BOX_ORD AND (#USER_LIST[#i] =
#LOGON_BOX_USR) AND (#PASS_LIST[#i] = #LOGON_BOX_PASS)) THEN

        CASE #GRP_LIST[#i] OF
            1: // Operator
                #LOG_USR := 'Operator';
                #LOG_PASS := #PASSWORDS[2];
                #LOGON_ORD := TRUE;
                #USER_ACT := #USER_LIST[#i];
                EXIT;

            2: // Administrator
                #LOG_USR := 'Administrator';
                #LOG_PASS := #PASSWORDS[1];
                #LOGON_ORD := TRUE;
                #USER_ACT := #USER_LIST[#i];
                EXIT;

            3: // Maintenance
                #LOG_USR := 'Maintenance';
                #LOG_PASS := #PASSWORDS[3];
                #LOGON_ORD := TRUE;
                #USER_ACT := #USER_LIST[#i];
                EXIT;

            ELSE
                // No User
                #LOG_USR := '';
                #LOG_PASS := '';
                EXIT;

        END_CASE;
    ELSE
        #LOG_USR := '';
        #LOG_PASS := '';
        #USER_ACT := '##';
    END_IF;
END_FOR;
END_IF;

IF #GROUP_ACT > 0 THEN
    #LOGON_BOX_ORD := false;
    #LOG_USR := '';
    #LOG_PASS := '';
END_IF;

IF "FirstScan" OR #LOGOUT THEN
    #USER_ACT := '';
    #GROUP_ACT := 0;
    #LOGON_BOX_USR := '';
```

```
#LOGON_BOX_PASS := '';  
END_IF;  
IF "FirstScan" THEN  
    #LOGOUT := TRUE;  
ELSE  
    #LOGOUT := FALSE;  
END_IF;  
  
#SAVE_NEW := FALSE;
```

Para poder utilizar la estación, el usuario que la este usando ha de identificarse. Por ello la estación cuenta con un registro de usuarios que pueden operar la estación. Este código sirve tanto para permitir a los usuarios ya registrados iniciar sesión para operar la estación como para modificar este registro añadiendo y eliminando usuarios.

Cada usuario cuenta con un nombre de usuario y una contraseña que utilizará para iniciar sesión en la máquina. También, tiene asignado un número de grupo que lo clasifica como operario, administrador o mantenimiento. En función al grupo que pertenezca el usuario podrá acceder a ciertas funciones.

Los operarios tan solo podrán utilizar la estación para fabricar piezas. Los administradores contarán con permisos adicionales para modificar secuencias, degradar elementos, gestionar los usuarios y resetear los contadores de piezas. Por último, el personal de mantenimiento tendrá acceso a todo lo mencionado y al código interno del programa, para que en caso de malfuncionamiento de la estación poder localizar más fácilmente el fallo que lo está provocando.

La primera parte del programa sirve para la creación de nuevos usuarios. Primero se comprueba que el nombre de usuario no coincida con otro ya existente y que la persona registrada en ese momento tiene permisos para la gestión de usuarios, si esto se cumple y el valor de nombre no es nulo se comprueba si hay espacio para un nuevo usuario, ya que solo se pueden almacenar veinte usuarios diferentes. En caso de haber espacio se guardará el nuevo nombre de usuario, su contraseña y el grupo al que pertenece.

La siguiente parte del programa se utiliza para borrar usuarios ya existentes. Se indica el número del usuario que se desea eliminar y el programa lo borra de su memoria.

Seguidamente se encuentra la parte del código de inicio de sesión. Primero se comprueba a que grupo pertenece el usuario que está iniciando sesión, y después que su nombre de usuario y contraseña coincidan con alguno de los existentes.

Al iniciar sesión cualquier usuario, el campo para iniciar sesión se bloquea para que no puedan iniciar sesión dos personas a la vez. Este se desbloquea al cerrar sesión o al iniciarse la máquina.

Anexo 9 Datasheet VCF0

Número de polos	3P
Tipo y composición de contactos	3 NO
Voltaje Operacional Nominal IEC	690 V AC 50/60 Hz
Corriente Operacional Nominal	14.5 A AC-23 Ue: 400 V
Corriente Térmica Convencional en Aire Libre	25 A
Corriente Térmica Convencional en Encerrado	20 A
Capacidad de Corte de Cortocircuito Nominal	1 kA a 400 V en I _{max}
Corriente Nominal de Resistencia a Corto Plazo	300 A a 400 V duración 1 s
Voltaje de Resistencia a Impulso Nominal	8 kV
Aptitud para aislamiento	Si
Tipo de Red	AC, DC
Clase de servicio intermitente	30
Tipo de control	Manija rotativa
Estilo de montaje de la manija rotativa	Directo
Bloqueo de la manija rotativa	1 a 3 candados de 4...8 mm
Durabilidad mecánica	100000 ciclos
Durabilidad eléctrica	100000 ciclos AC-21, 30000 ciclos DC-1...5
Dimensiones de la base	60 x 60 mm
Altura	74 mm
Ancho	60 mm
Peso del producto	0.25 kg
Temperatura ambiente para operación	-20...50°C
Resistencia al fuego	960°

Tabla 7 Datasheet VCF0

Anexo 10 Datasheet A9F79616

Número de polos	1P + N
Número de polos protegidos	1
Posición de neutro	Izquierda
Corriente nominal	16 A
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 230 V AC 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición de contacto	Si
Tipo de control	Maneta
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Ancho	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0.25 kg
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Humedad relativa	95% a 55°C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70°C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85°C

Tabla 8 Datasheet A9F79616

Anexo 11 Datasheet A9R84225

Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
Corriente nominal	25 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad a fuga de tierra	300 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Frecuencia de red	50/60 Hz
Tensión nominal de empleo	220..240 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 1500 A Im 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición de contacto	Si
Tipo de control	Maneta
Pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Ancho	36 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,21 kg
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	15000 ciclos
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60°C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85°C

Tabla 9 Datasheet A9R84225

Anexo 12 Datasheet 6EP1334-1LB00

Forma de la red de alimentación	AC monofásica
Tensión de alimentación	120 V/230 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Intensidad de entrada con valor nominal de tensión de entrada 230 V	2 A
Limitación de intensidad de conexión con 25°C max	65 A
Forma de curva de la tensión en la salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión de salida con DC valor nominal	24 V
Tensión de salida ajustable mediante potenciómetro	22,8...26,4 V
Precisión de regulación relativa de la tensión de salida	0,1 %
Ondulación de salida max	150 mV
Ondulación de salida típica	50 mV
Pico de tensión max	240 mV
Pico de tensión típico	150 mV
Retardo a la excitación max	1,5 s
Intensidad de salida nominal	10 A
Intensidad de salida rango asignado	0...10 A; +45...+60°C
Potencia activa entregada típica	240 W
Conexión en paralelo de equipos	Sí
Tipo de protección de sobretensión	<33V
Tipo de protección contra cortocircuito típico	16 A
Intensidad de cortocircuito sostenido valor eficaz típico	12,6 A
Corriente de fuga max	3,5 mA
Corriente de fuga típico	0,8 mA
Temperatura ambiente durante el funcionamiento	0...60°C
Temperatura ambiente durante el almacenamiento	-40...85°C

Tabla 10 Datasheet 6EP1334-1LB00

Anexo 13 Datasheet SCALANCE XB005

Tasa de transferencia	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
Número de conexiones eléctricas para componentes de red o equipos terminales	5; RJ45
Número de puertos SC a 100 Mbit/s para multimodo	0
Número de conexiones eléctricas para alimentación	1
Tipo de corriente de la tensión de alimentación	DC
Tensión de alimentación valor nominal	24 V
Perdidas (W) valor nominal	1,68 W
Tensión de alimentación valor asignado	19,2...28,8 V
Corriente consumida	0,07 A
Tipo de protección en entrada para la tensión de alimentación	0,6 A...28,8 V
Temperatura ambiente durante el funcionamiento	-10...+60°C
Temperatura ambiente durante el almacenamiento	-40...+80°C
Humedad relativa con 25°C	95%
Anchura	45 mm
Altura	100 mm
Profundidad	87 mm
Peso neto	0,165 kg

Tabla 11 Datasheet SCALANCE XB005

Anexo 14 Programación mapa de colores

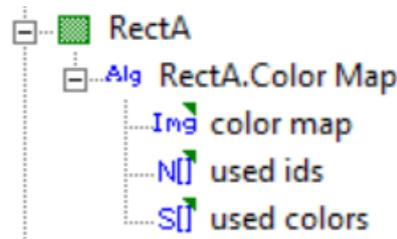


Ilustración 15 Esquema programación mapa de colores

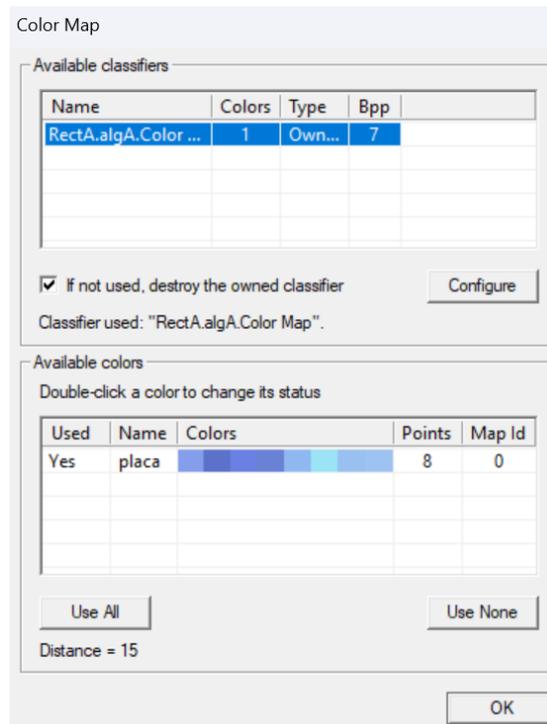


Ilustración 16 Programación mapa de colores

El mapa de colores es la única parte de la secuencia que no requiere condición alguna para activarse. Esta parte se lleva a cabo en todos los ciclos ya que es la responsable de convertir la imagen tomada por la cámara, a color, en la imagen sobre la que se realizarán todas las detecciones, en escala de grises.

Para que funcione correctamente se tiene que entrenar a esta función. Para ello se utiliza una imagen ya existente de la pieza sobre la que se va a trabajar y se le enseña cuales son los colores que tras la conversión queremos que se muestren en negro en la imagen generada, todos los demás colores no seleccionados aparecerán de color blanco.

Para una mayor precisión es necesario enseñarle con distintas tonalidades del color a identificar para que la imagen resultante se asemeje lo mas posible a la realidad. Esto también permite que en caso de que la iluminación genere alguna sombra el programa siga pudiendo identificarlo como el color designado sin problemas.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

Anexo 15 Programación reconocimiento de objeto

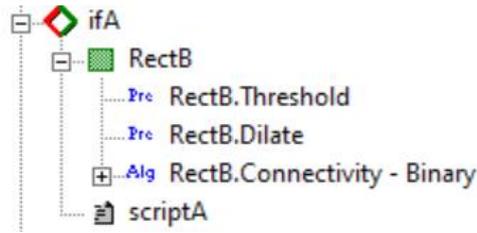


Ilustración 17 Esquema Programación detección de objeto

```

    Conditional expression:
    [Step] == 1
  
```

Ilustración 18 Condición para realizar detección de objeto

RectB.Threshold	
Parameters	
threshold	128
below value	0
above value	255

Ilustración 19 Programación threshold detección de objeto

RectB.Dilate	
Parameters	
execute times	5

Ilustración 20 Programación Dilate detección de objeto

RectB.Connectivity - Binary	
Constraints	
black blobs	True
8 way	True
min area	10000
max area	9000000
min width	1
max width	1000000
min height	1
max height	1000000
Results	

Ilustración 21 Programación Connectivity – Binary detección de objeto

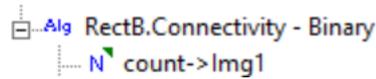


Ilustración 22 Conexión variable Img1

```
if(Vars.Img1 != 1)  
    Vars.ImageOk = false  
  
if(Vars.Img1 == 1)  
    Vars.ImageOk = true
```

Ilustración 23 Condición ImgOk detección de objeto

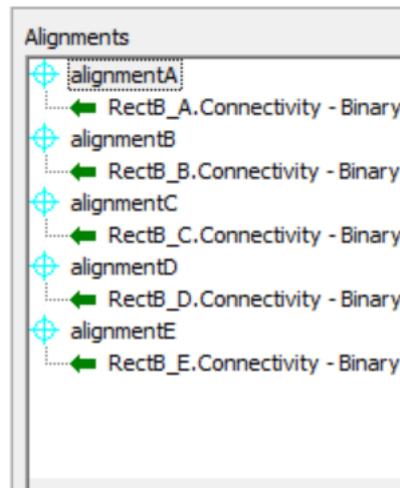


Ilustración 24 Alignments detección de objeto

El primer paso que se realiza en todas las secuencias es el de confirmar que hay un objeto con un tamaño total que coincide con las especificaciones indicadas. Antes de identificar al objeto se realizan dos comandos para mejorar la imagen a analizar y facilitar las detecciones.

El primero de ellos es el comando Threshold que sirve para convertir imágenes en escala de grises a una imagen binaria, blanco y negro, permitiendo indicar el valor umbral para dicha conversión. Los píxeles por encima del valor umbral se convertirán en blancos y los que se encuentren por debajo en negros.

El segundo es el comando dilate que permite expandir las regiones blancas de la imagen. Lo hace sustituyendo los píxeles negro por píxeles blancos en caso de que haya algún píxel blanco dentro de un vecindario definido. Esto permite reducir los agujeros pequeños dentro de los objetos blancos.

Una vez mejorada la imagen se procede a la comprobación de que haya algún objeto dentro del rango de la cámara que cumpla con las condiciones requeridas, en este caso que sea de color negro y su valor de área se encuentre entre los indicados.

En caso de que se detecte algún objeto que cumpla con dichas características la variable count cambiará de 0 a 1. Este valor se trasladará a la variable Img1. En el script que modifica la variable ImgOk, que es la que permite avanzar al siguiente paso, se comprueba en cada ciclo el valor de la variable Img1 en caso de que el valor sea igual a uno, es decir se está detectando un objeto se permitirá avanzar al siguiente paso. En caso de que el valor se diferente de uno no lo permitirá, porque o bien no está detectando ningún objeto o está detectando mas de uno cuando no se puede trabajar con distintas piezas simultáneamente.

Este proceso se repite en todos los pasos de la secuencia tanto para mejorar la imagen como para identificar la posición del objeto. Saber la posición del objeto permite generar alignment, las siguientes identificaciones se pueden vincular a los alignments para que en vez de encontrarse en una posición fija tengan una posición relativa a donde se encuentre el objeto. Es decir, una identificación que se tenga que realizar en la esquina superior derecha del objeto siempre se logrará hacer en la misma posición relativa independientemente de donde se encuentre el objeto dentro del rango de la cámara.

Anexo 16 Programación lectura de modelo

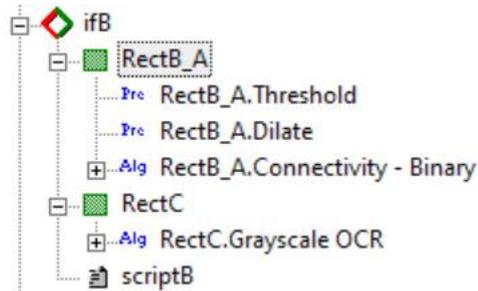


Ilustración 25 Esquema Programación lectura de modelo

Conditional expression:
[Step] == 2

Ilustración 26 Condición para realizar lectura de modelo

Alignment
alignmentA

Ilustración 27 Alignment lectura de modelo

Index	Enabled	Label	Width	Height	Template
0	Active	2	119	170	

Ilustración 28 Entrenamiento lectura de modelo

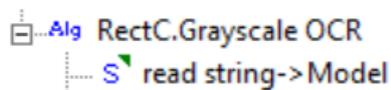


Ilustración 29 Conexión variable Model

```
if(Vars.Model == 248 || Vars.Model == 475)
    Vars.ImageOk = true
else
    Vars.ImageOk = false
```

Ilustración 30 Condición ImgOk lectura de modelo

El segundo paso que realizan todas las secuencias es la de la lectura del modelo de la pieza sobre la que se va a trabajar, ya que dependiendo de la pieza los siguientes pasos de la secuencia varía.

Una vez detectada la posición del objeto y generado su respectivo alignment aplica el comando Grayscale OCR que permite identificar caracteres que hayan sido enseñados previamente al programa. Para enseñar al programa se ha de utilizar una imagen existente en la que sea visible el carácter a enseñar e indicar al programa a que carácter se quiere asignar esa identificación. En este caso los modelos vienen identificados por una combinación de tres números.

Una vez identificado el modelo este se escribe en la variable string model. Esta variable se comprueba en el script para asegurarse de que coincide con alguno de los modelos que tienen una secuencia programada. En caso de que la variable si que coincida con alguna secuencia existente la variable ImgOk se pondrá a true.

Anexo 17 Programación lamina superior

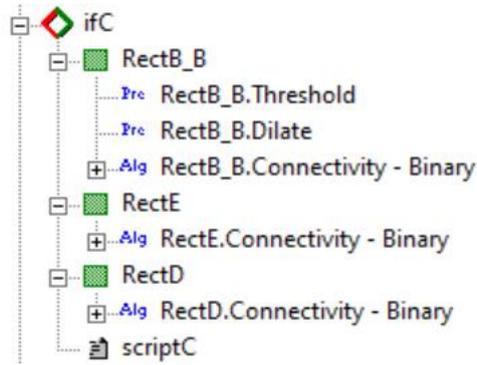


Ilustración 31 Esquema lamina superior

Conditional expression:
`[Mode] == "248" AND [Step] == 3`

Ilustración 32 Condición para realizar lamina superior

Alignment

Ilustración 33 Alignment lamina superior

RectE.Connectivity - Binary	
Constraints	
black blobs	False
8 way	True
min area	750
max area	2000
min width	1
max width	1000000
min height	1
max height	1000000
Results	

Ilustración 34 Programación Connectivity - Binary lamina superior

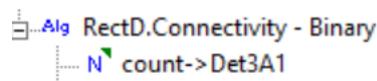


Ilustración 35 Conexión variable Det3A1

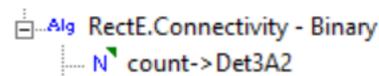


Ilustración 36 Conexión variable Det3A2

```
if(Vars.Det3A1 == 1 && Vars.Det3A2 == 1)  
    Vars.ImageOk = true  
  
else  
    Vars.ImageOk = false
```

Ilustración 37 Condición ImgOk lamina superior

El tercer paso en caso de que el modelo con el que se este trabajando sea el 248 consiste acoplar una pieza de dimensiones iguales a la pieza original en la parte superior de esta de manera que queden alineados los distintos orificios designados para los tornillos que se añadirán en pasos siguientes.

Ya que ambas piezas tienen un tamaño idéntico el programa no puede identificar esta pieza por su tamaño por lo que se tiene que optar por una alternativa para poder saber cuando se ha superpuesto la segunda pieza.

La forma de lograrlo es identificando dos orificios en el centro que tan solo posee la pieza añadida y no la pieza original. Por ello se procederá a la identificación de dos círculos blancos que aparecerán en el centro de la imagen. Para asegurarse de que las identificaciones siempre se realizan en el lugar correcto se dispone del alignment asignado a este paso.

Cada una de las identificaciones se realiza de manera independiente para que en caso de que solo falte alguna de ellas se pueda indicar al operario de cual se trata exactamente utilizando las variables De3A1 y Det3A2. Cuando ambas detecciones detecten un agujero blanco en su rango de acción se podrá avanzar al siguiente paso.

Anexo 18 Programación atornillado asa

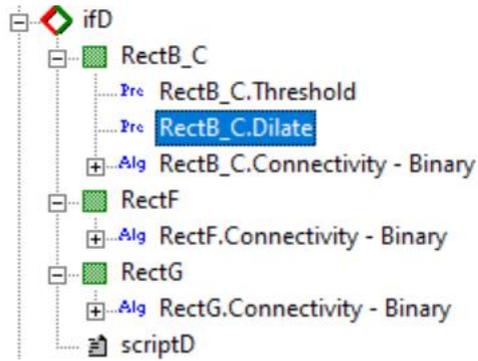


Ilustración 38 Esquema atornillado asa

Conditional expression:
`[Model] == "248" AND [Step] == 4`

Ilustración 39 Condición para realizar atornillado asa



Ilustración 40 Alignment atornillado asa

RectF.Connectivity - Binary	
Constraints	
black blobs	True
8 way	True
min area	500
max area	1500
min width	1
max width	1000000
min height	1
max height	1000000
Results	

Ilustración 41 Programación Connectivity - Binary atornillado asa

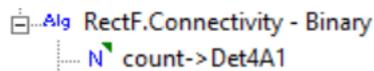


Ilustración 42 Conexión variable Det4A1



Ilustración 43 Conexión variable Det4A2

```
if(Vars.Det4A1 == 1 && Vars.Det4A2 == 1)  
    Vars.ImageOk = true  
  
else  
    Vars.ImageOk = false
```

Ilustración 44 Condición ImgOk atornillado asa

El tercer paso en caso de que el modelo con el que se esté trabajando sea el 248 consiste en la colocación de un asa en el centro de la pieza acoplada en el tercer paso y atornillarla utilizando los orificios que han servido para la detección del paso anterior.

Al tener las cabezas de los tornillos un color similar al de la pieza original el mapeado de colores los puede confundir con la pieza imposibilitando su correcta identificación. Como solución se utilizará un asa de color negro, de manera que al no coincidir con el color de la pieza aparecerá como una mancha blanca justo en el centro tras el mapeado. Esta mancha blanca permitirá la detección de dos manchas negras en su interior que aparecerán cuando los tornillos sean incluidos.

Al igual que en el paso anterior cada una de las identificaciones de ambos tornillos se realiza de forma independiente mediante las variables Det4A1 y Det4A2. Cuando ambas detecciones muestren que tienen un objeto del tamaño programado en su rango de detección se dará por concluido este proceso de fabricación.

Anexo 19 Programación atornillado piezas rotatorias

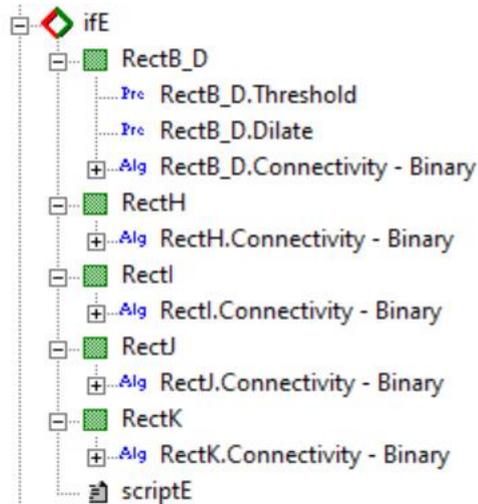


Ilustración 45 Esquema atornillado piezas rotatorias

Conditional expression:

```
[Model] == "475" AND [Step] == 3
```

Ilustración 46 Condición para realizar piezas rotatorias

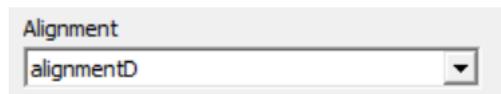


Ilustración 47 Alignment piezas rotatorias

RectH.Connectivity - Binary	
Constraints	
black blobs	False
8 way	True
min area	16500
max area	22000
min width	1
max width	1000000
min height	1
max height	1000000
Results	

Ilustración 48 Programación Connectivity - Binary piezas rotatorias

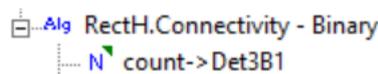


Ilustración 49 Conexión variable Det3B1

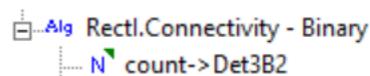


Ilustración 50 Conexión variable Det3B2

```
Alg RectJ.Connectivity - Binary  
N count->Det3B3
```

Ilustración 51 Conexión variable Det3B3

```
Alg RectK.Connectivity - Binary  
N count->Det3B4
```

Ilustración 52 Conexión variable Det3B4

```
if(Vars.Det3B1 == 1 && Vars.Det3B2 == 1 && Vars.Det3B3 == 1 && Vars.Det3B4 == 1)  
  Vars.ImageOk = true  
  
else  
  Vars.ImageOk = false
```

Ilustración 53 Condición ImgOk piezas rotatorias

El tercer paso en caso de que el modelo con el que se esté trabajando sea el 475 consiste en atornillar unas piezas rotatorias en cada una de las esquinas de la pieza base aprovechando los orificios ya existentes.

Estas piezas rotatorias y sus respectivos tornillos son al igual que el asa del cuarto paso del modelo 248 de color completamente negro. Por lo que cuando se sitúen de manera correcta sobre la pieza base aparecerán unas manchas blancas. Por ello para esta detección se modificará el apartado de black blobs poniéndolo a false para que identifique áreas blancas en vez de negras. Al igual que en pasos anteriores las detecciones se realizarán solo en las esquinas al vincularlas con el alignment correspondiente.

A diferencia de las detecciones del modelo 248 que se realizaban sobre dos piezas en el 475 se realizan sobre cuatro piezas diferentes. Lo que si que tienen en común es la utilización de una variable independiente para cada una de las detecciones utilizando las variables Det3B1, Det3B2, Det3B3 y Det3B4. Cuando todas las variables hayan detectado a sus respectivas piezas se podrá avanzar al siguiente paso.

Anexo 20 Programación fijación piezas rotatorias

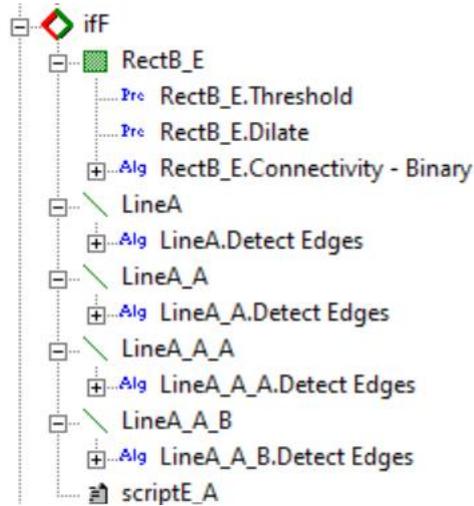


Ilustración 54 Esquema fijación piezas rotatorias

```
Conditional expression:
[Model] == "475" AND [Step] == 4
```

Ilustración 55 Condición para realizar fijación piezas rotatorias

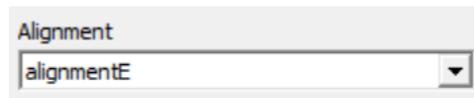


Ilustración 56 Alignment fijación piezas rotatorias

LineA.Detect Edges	
Parameters	
edge profile	narrow
smoothing	0
detector size	4
min edge stren	20
edge type	dark to light
scan direction	forward
pixels to skip	0
edges to find	10

Ilustración 57 Programación Detect Edges fijación piezas rotatorias

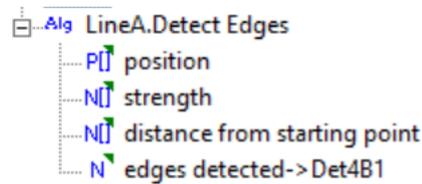


Ilustración 58 Conexión variable Det4B1

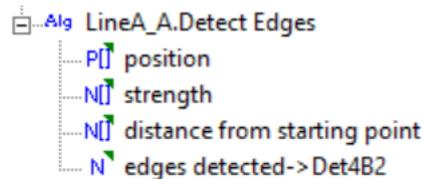


Ilustración 59 Conexión Variable Det4B2

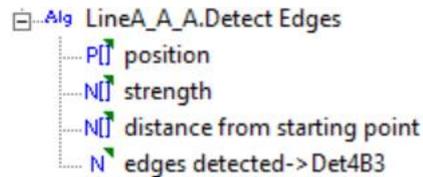


Ilustración 60 Conexión Variable Det4B3

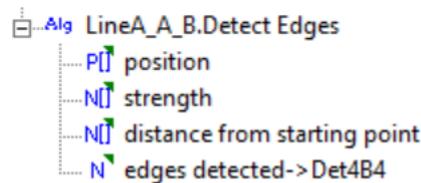


Ilustración 61 Conexión Variable Det4B4

```
if(Vars.Det4B1 == 2 && Vars.Det4B2 == 2 && Vars.Det4B3 == 2 && Vars.Det4B4 == 2)
    Vars.ImageOk = true
else
    Vars.ImageOk = false
```

Ilustración 62 Condición ImgOk fijación piezas rotatorias

El tercer paso en caso de que el modelo con el que se esté trabajando sea el 475 consiste en fijar las piezas rotatorias incluidas en el paso tres. Para fijarlas se introducirá un tornillo en su hueco correspondiente en la pieza rotatoria y posteriormente se atornillará el tornillo en su respectivo orificio de la pieza base. Para ello se deberá alinear el hueco de la pieza rotatoria con el orificio de la pieza base.

Para realizar las detecciones en este paso se ha optado por utilizar líneas en vez de rectángulos, como en todos los pasos anteriormente mostrados. Esta elección se debe a que la cabeza del tornillo es del mismo color que la pieza base y el hueco en el que se coloca en la pieza rotatoria no lo envuelve por completo provocando que al realizar el mapeado de colores la cabeza del tornillo y la base se superpongan y no quede una forma aislada que represente al tornillo.

Al utilizar la línea las formas que buscaremos detectar serán los cambios de negro a blanco. En nuestro caso serán dos cambios ya que el centro de la cabeza del tornillo es tan oscuro que el mapeado no lo identifica y lo representa como blanco. Por lo que el primer cambio se dará entre el bode del tornillo y el centro y el segundo entre el borde y la pieza rotatoria.



Al igual que en el paso anterior se realizarán cuatro detecciones independientes utilizando las variables Det4B1, Det4B2, Det4B3 y Det4B4. En estas variables, a diferencia de las anteriores en las que esperábamos a que su valor fuese uno, esperaremos a que las variables tengan un valor de dos, por los dos cambios explicados anteriormente. Una vez que las cuatro variables tengan un valor de dos se dará por finalizada esta secuencia.

Anexo 21 Objetivos de desarrollo sostenible



Ilustración 63 Objetivos de desarrollo sostenible

ODS	NADA APRECIABLE	POCOA APRECIABLE	EFFECTO APRECIABLE	NOTABLEMENTE APRECIABLE	MUY APRECIABLE
FIN DE LA POBREZA	X				
HAMBRE CERO	X				
SALUD Y BIENESTAR	X				
EDUCACIÓN DE CALIDAD	X				
IGUALDAD DE GÉNERO	X				
AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	X				
ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	X				
TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	X				
INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA			X		

REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	X				
CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	X				
PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	X				
ACCIÓN POR EL CLIMA	X				
VIDA SUBMARINA	X				
VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	X				
PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	X				
ALIANZA PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS	X				

Tabla 12 objetivos de desarrollo sostenible

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA:

9.b Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas.

Bibliografía

Normativa UNE <https://www.une.org/>

Siemens S7-1200

<https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

Manual Siemens S7-1200

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/593/109741593/att_895707/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

Controlador cámara cv-x420f

<https://www.keyence.com.mx/products/vision/vision-sys/cv-x100/models/cv-x420f/>

Epson PowerLite 1795F

https://www.epson.es/es_ES/productos/proyectores/port%C3%A1til/eb-1795f/p/20784?pid=20784

Keyence PZ-G51N

<https://www.keyence.com.mx/products/sensor/photoelectric/pz-g/models/pz-g51n/>

Simatic HMI KTP-400

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2DB03-0AX0>

aamanoal KTP400 Basic Color PN

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf

Manual de usuario Epson PowerLite 1795F

<https://files.support.epson.com/docid/cpd5/cpd52795.pdf>

Catálogo de keyence https://www.bitmakers.com/ai/CV-X400_cat.pdf

catalogo 6EP1334-LB00

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6EP1334-1LB00>

Switch de 5 bocas

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6GK5005-0BA00-1AB2>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

Planos

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR: ROBERTO BERTOMEU PÉREZ

TUTOR: CARLOS RICOLFE VIALA

CURSO ACADÉMICO 2023/2024

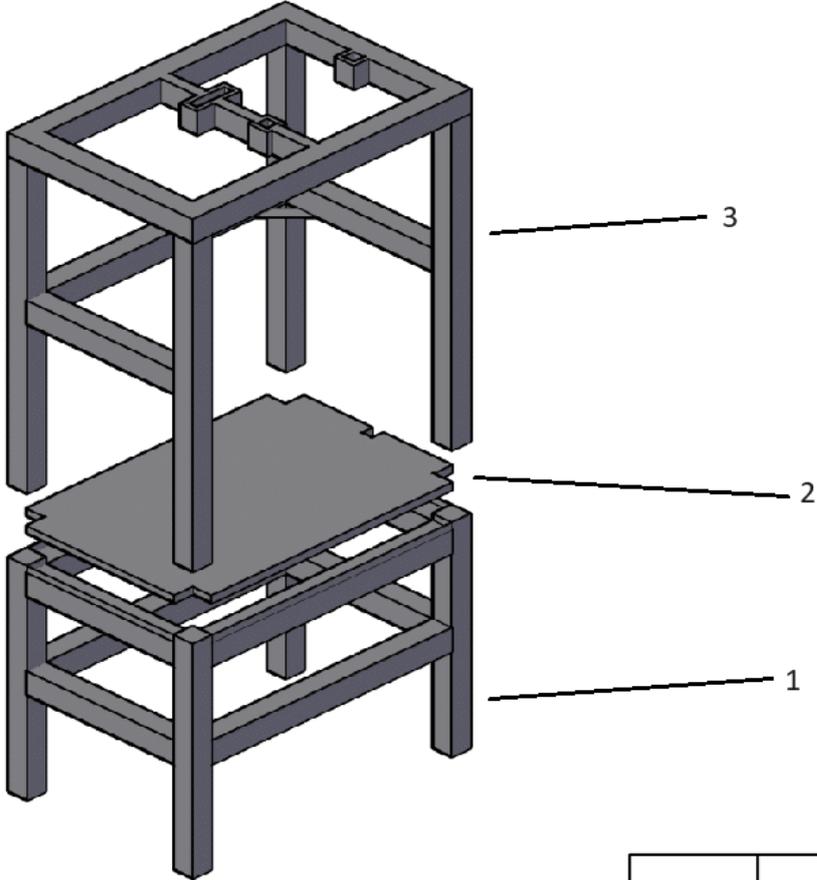


Índice de planos

Plano 1 Plano de Conjunto	76
Plano 2 Plano Base.....	77
Plano 3 Plano Tablero MDF.....	78
Plano 4 Estructura Superior	79

Índice de esquema eléctrico

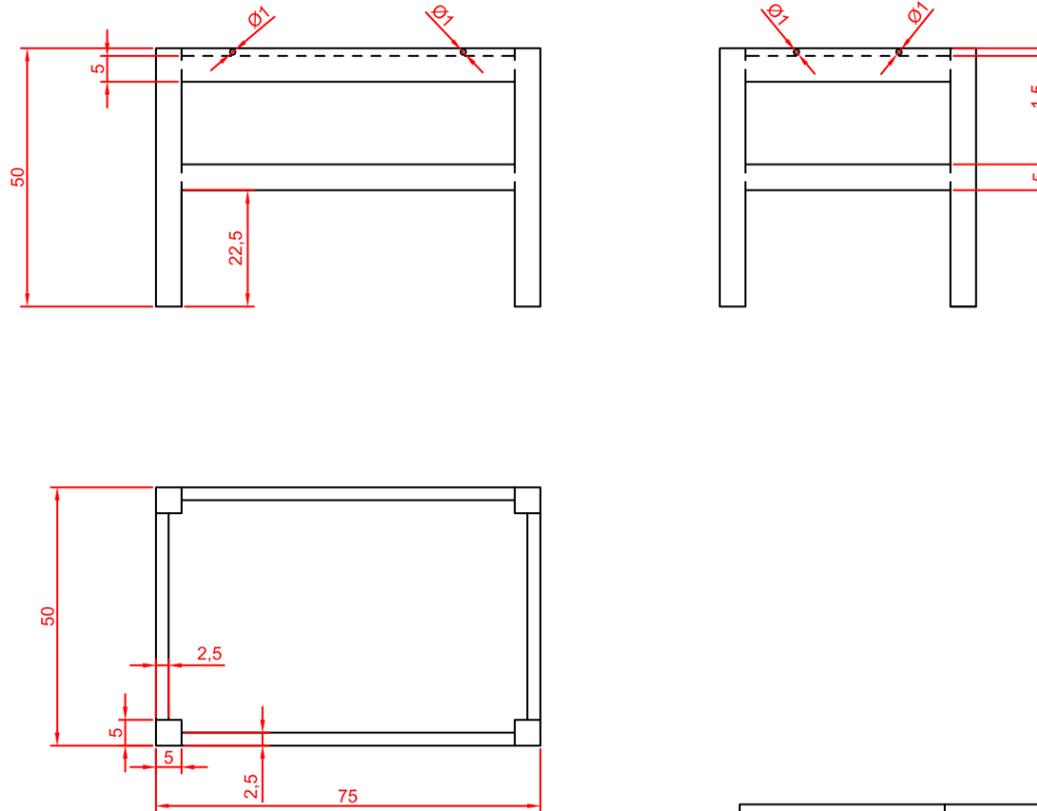
Esquema Eléctrico 1 Alimentación	80
Esquema Eléctrico 2 Transformador 230AC/24DC	81
Esquema Eléctrico 3 Clavija	82
Esquema Eléctrico 4 PLC.....	83
Esquema Eléctrico 5 Fococélula.....	84
Esquema Eléctrico 6 Switch	85
Esquema Eléctrico 7 HMI.....	86
Esquema Eléctrico 8 Cámara y controladora.....	87
Esquema Eléctrico 9 Proyector	88



Identificador	Nombre	Cantidad
1	Base	1
2	Tablero MDF	1
3	Estructura Superior	1

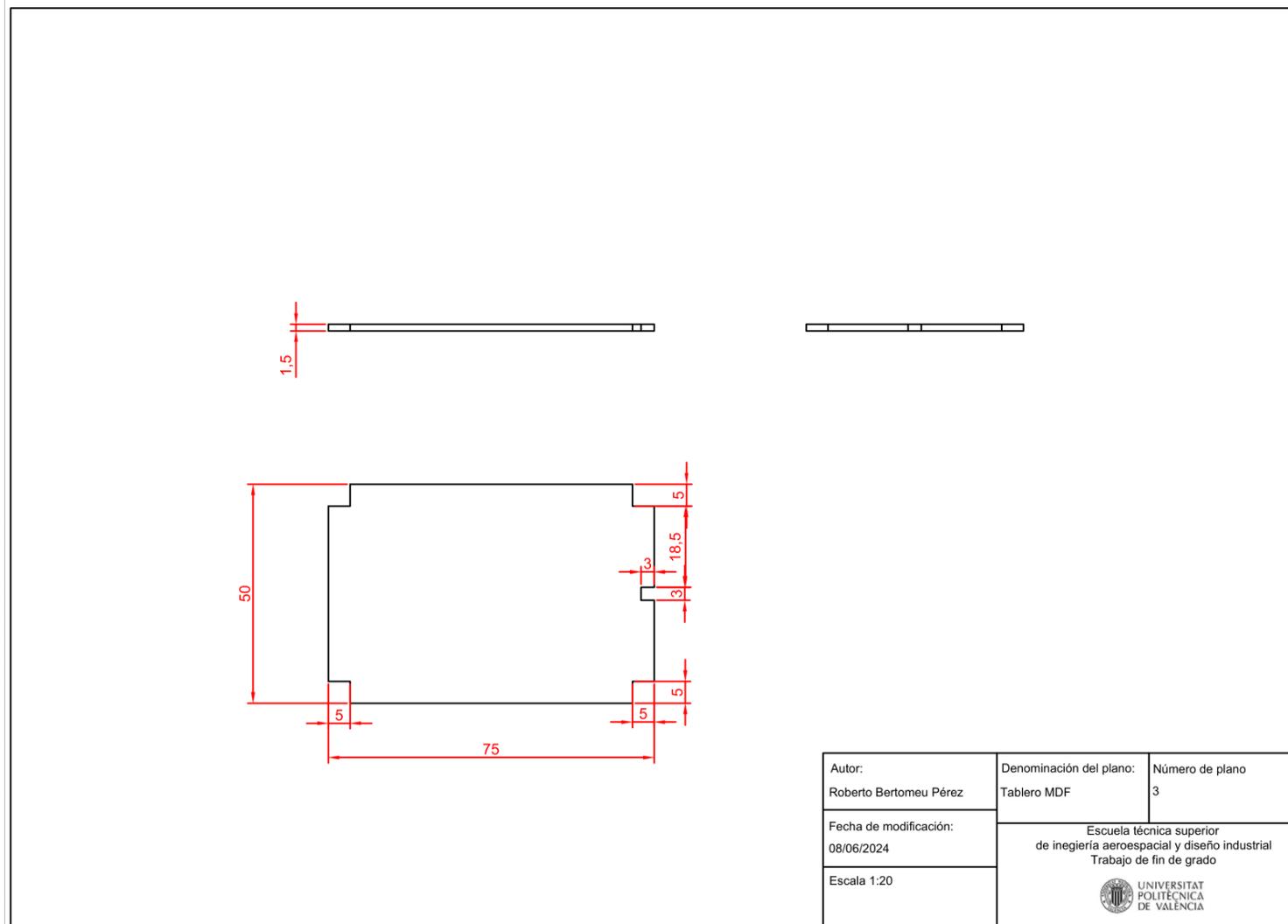
Autor: Roberto Bertomeu Pérez	Denominación del plano: Plano de conjunto	Número de plano 1
Fecha de modificación: 08/06/2024	Escuela técnica superior de ingeniería aeroespacial y diseño industrial Trabajo de fin de grado	
Escala 1:20	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	

Plano 1 Plano de Conjunto

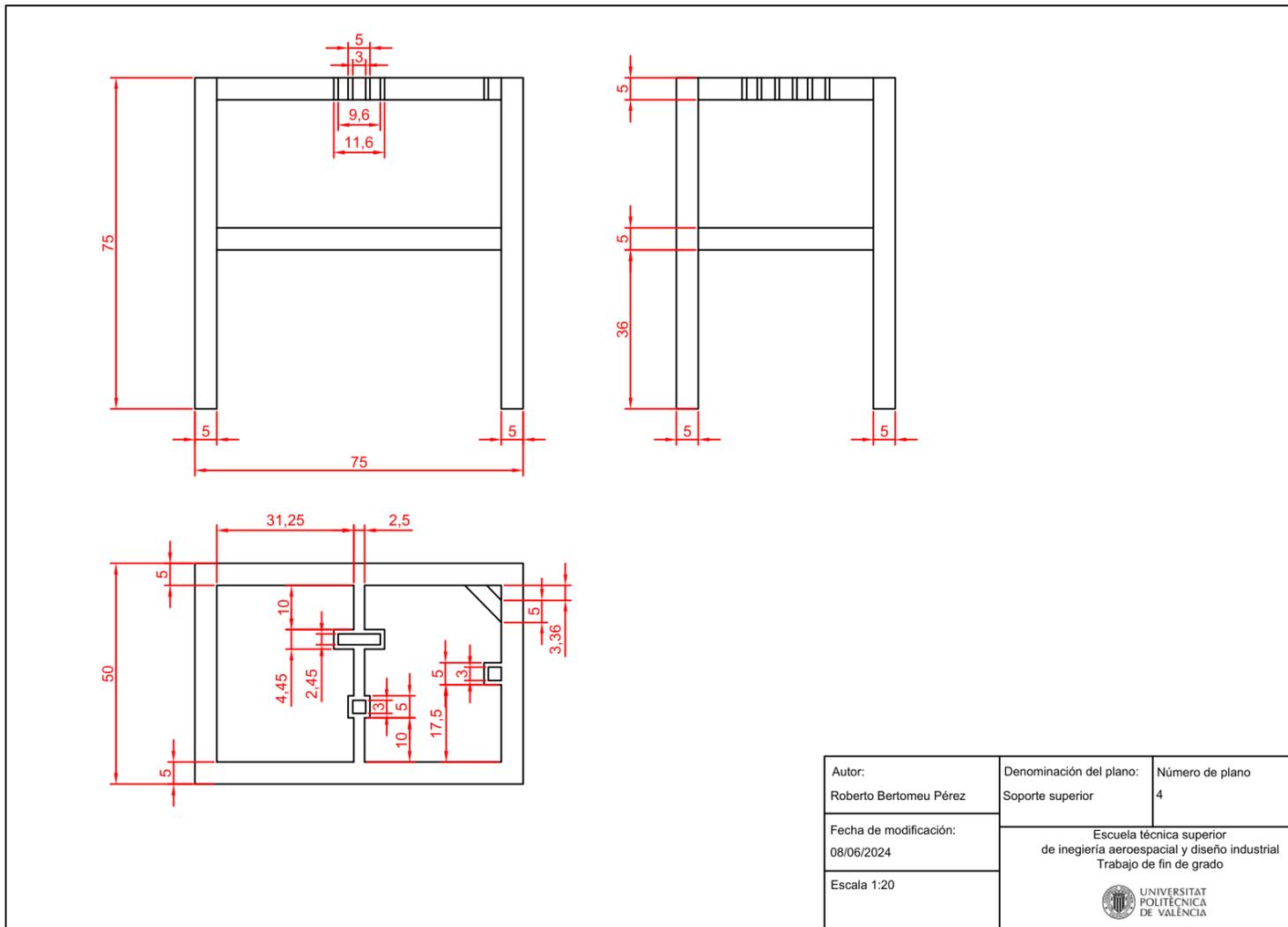


Autor: Roberto Bertomeu Pérez	Denominación del plano: Base	Número de plano 2
Fecha de modificación: 08/06/2024	Escuela técnica superior de ingeniería aeroespacial y diseño industrial Trabajo de fin de grado	
Escala 1:20	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	

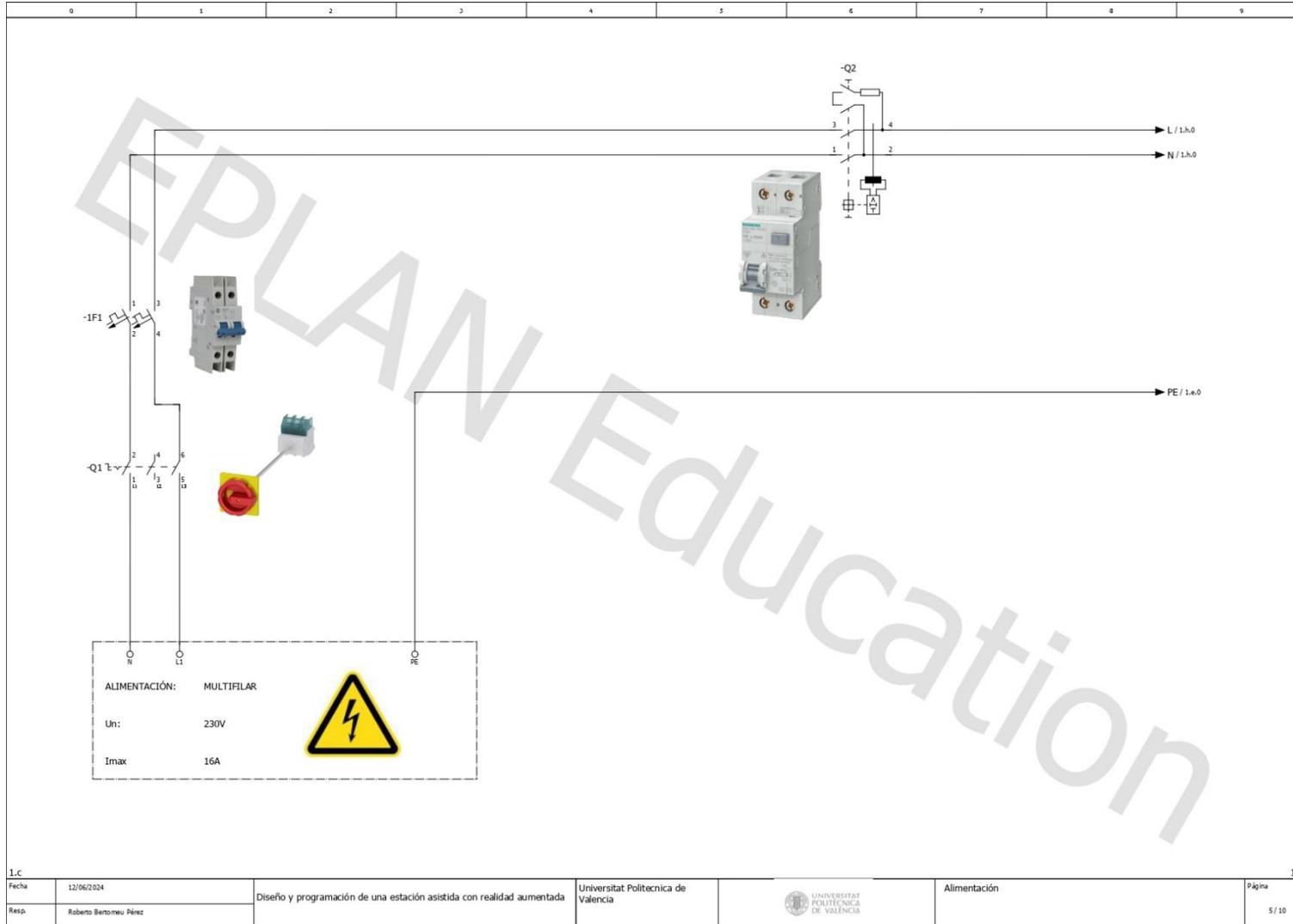
Plano 2 Plano Base



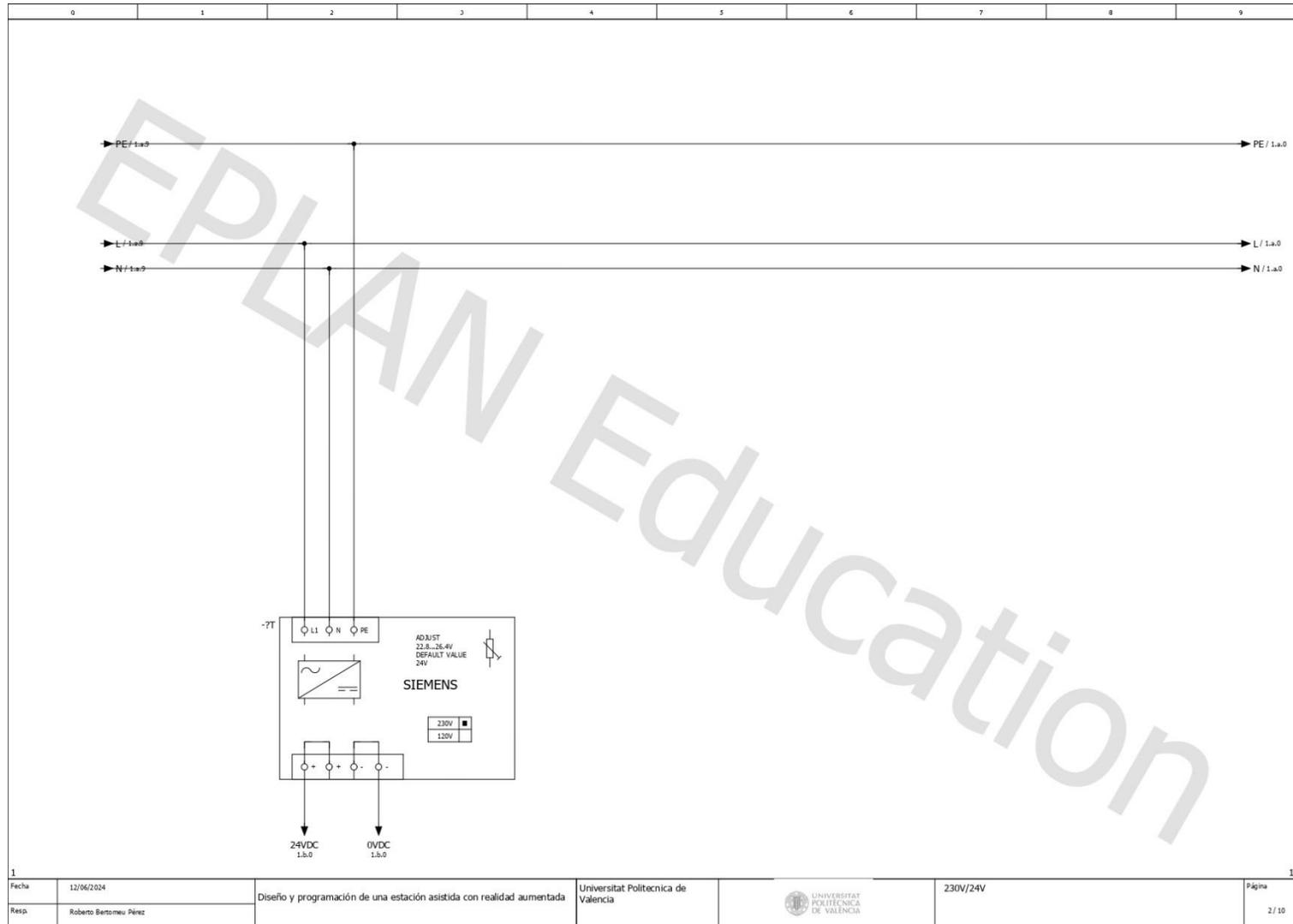
Plano 3 Plano Tablero MDF



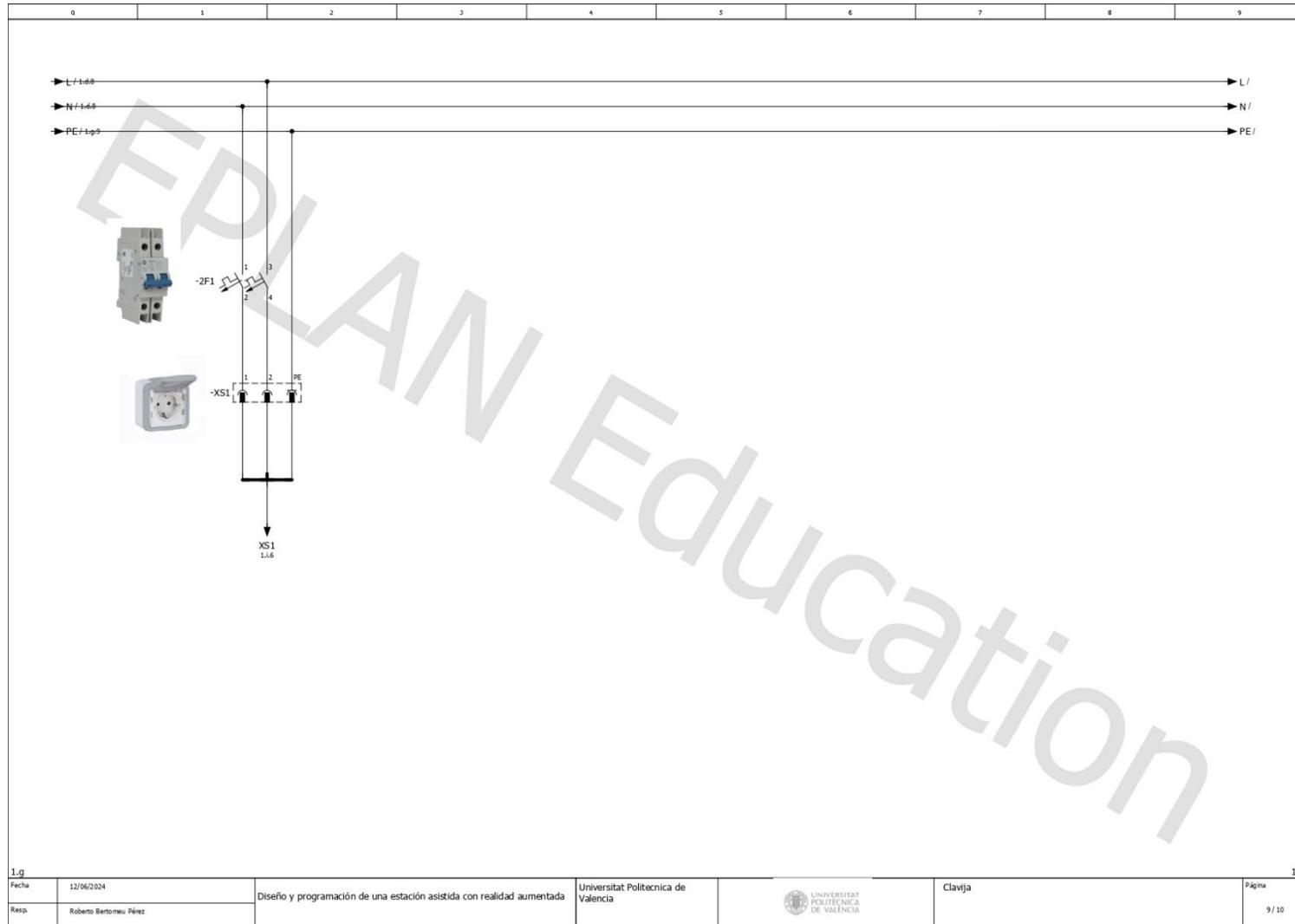
Plano 4 Estructura Superior



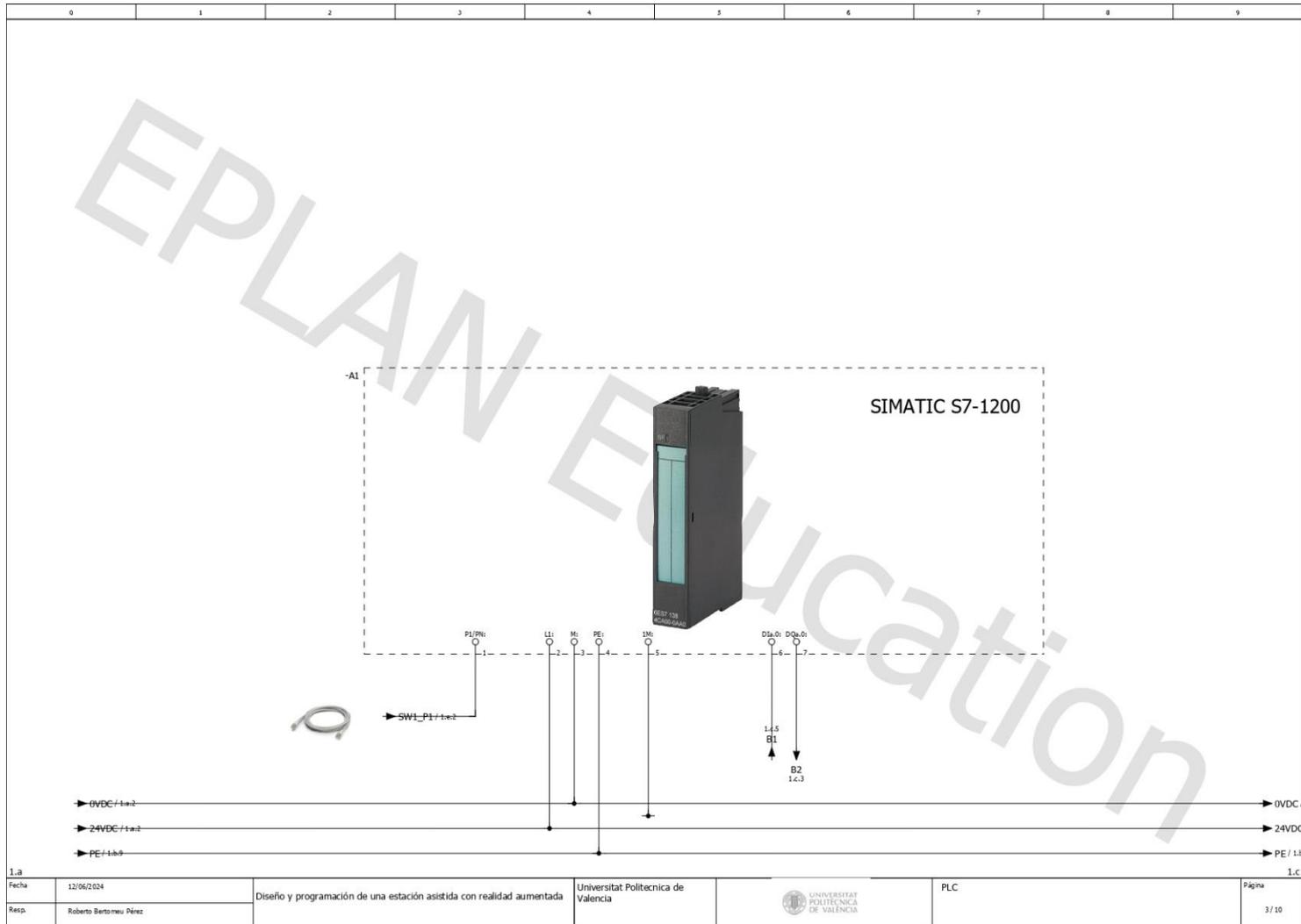
Esquema Eléctrico 1 Alimentación



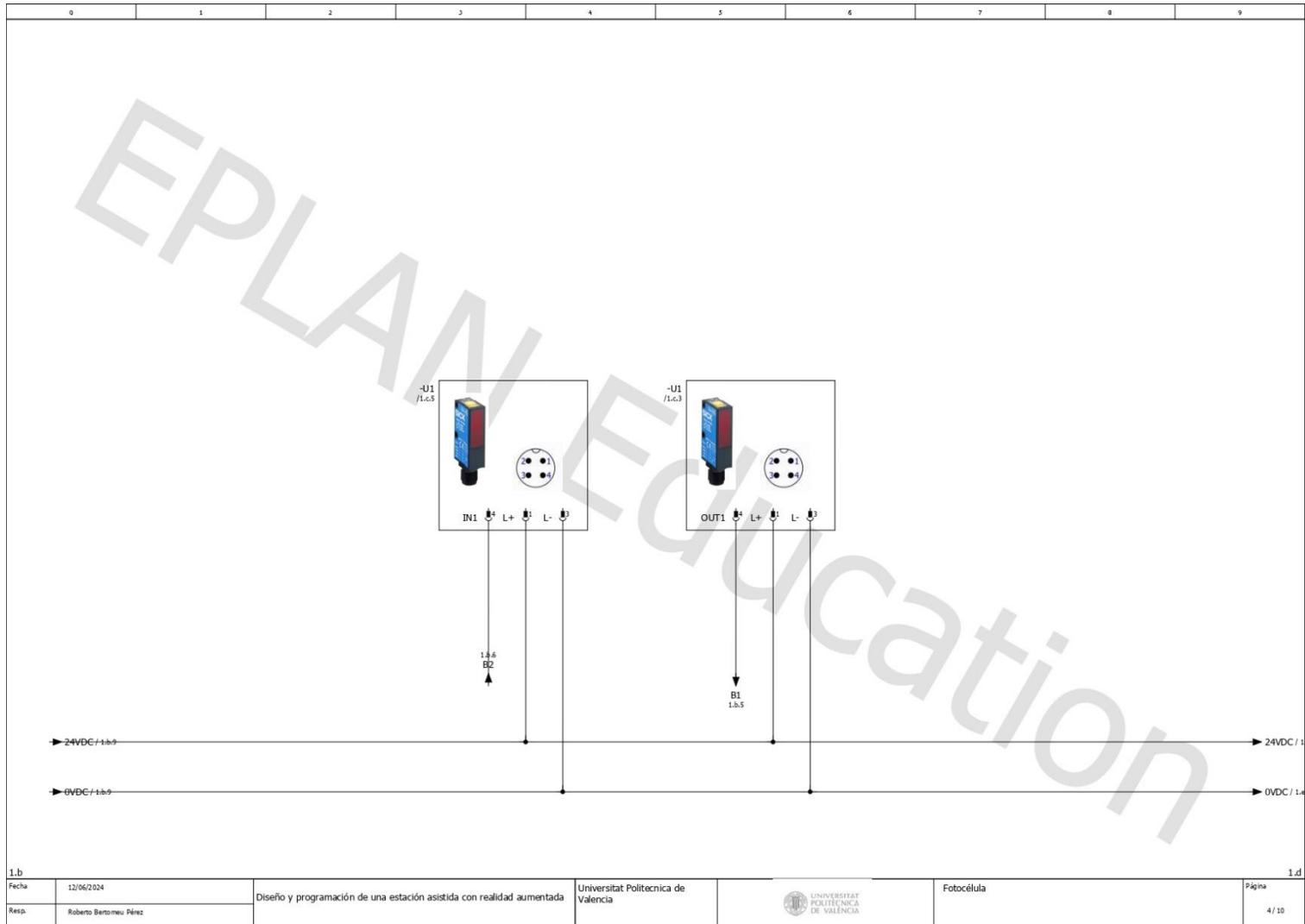
Esquema Eléctrico 2Transformador 230AC/24DC



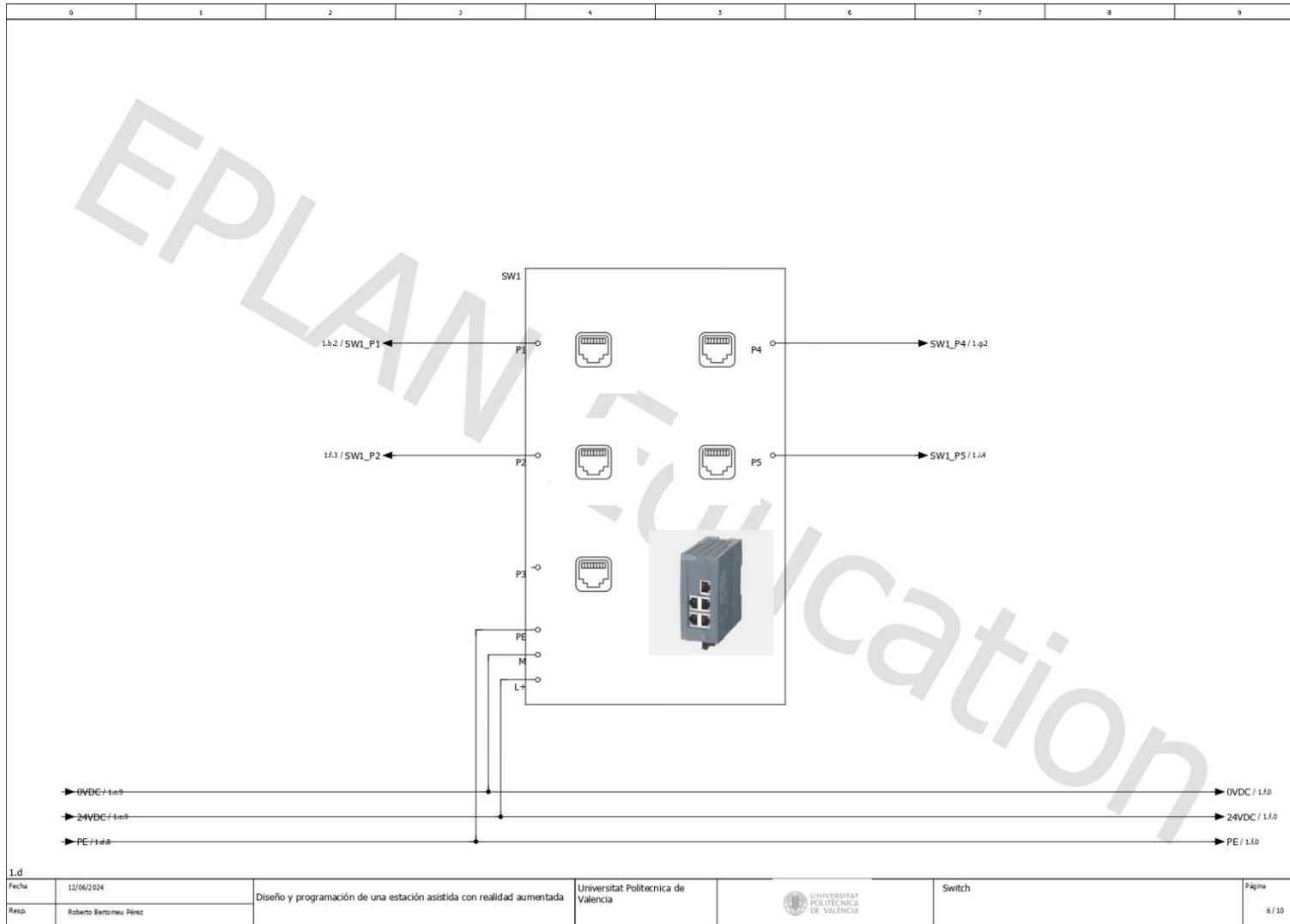
Esquema Eléctrico 3 Clavija



Esquema Eléctrico 4 PLC

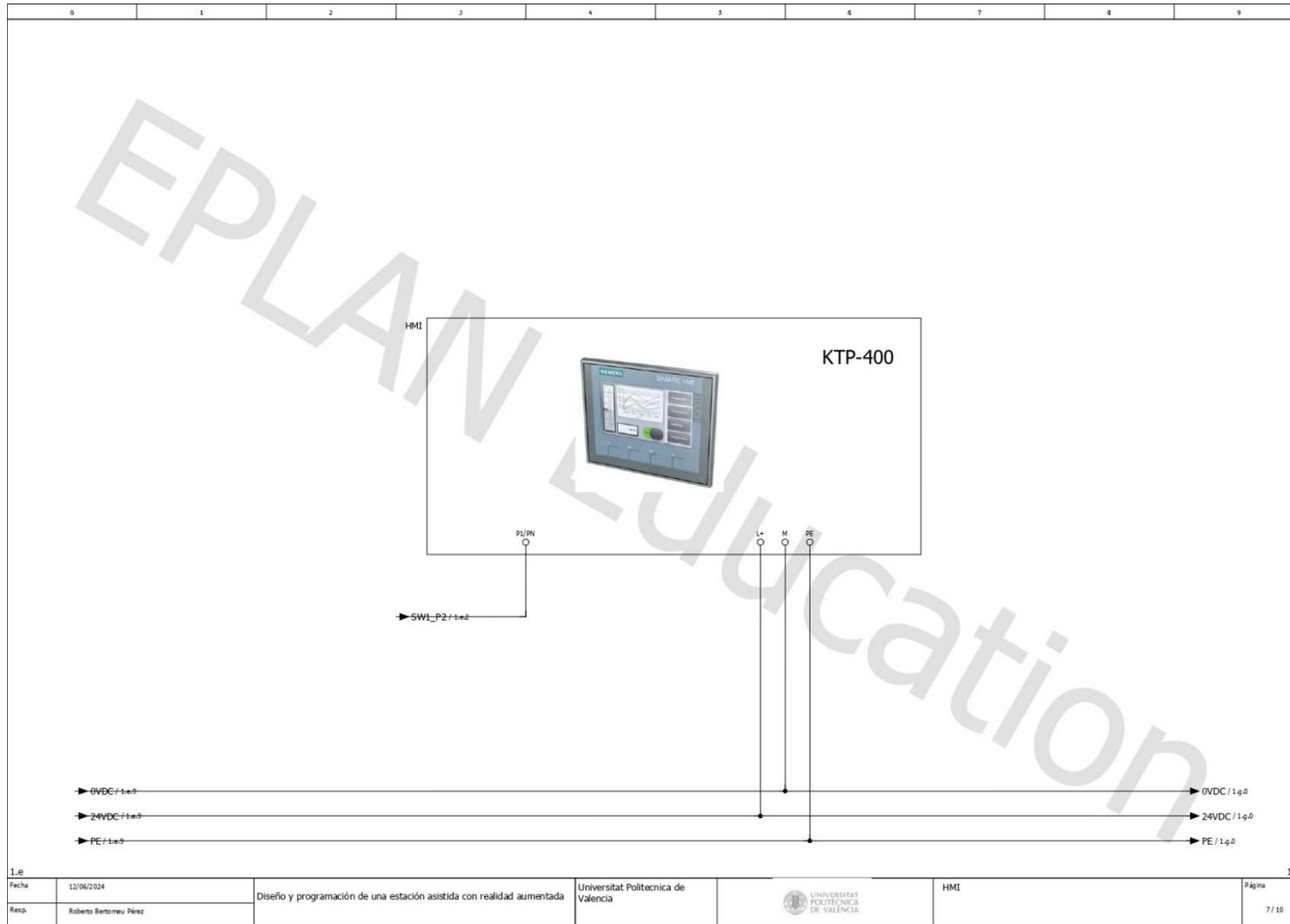


Esquema Eléctrico 5 Fotocélula

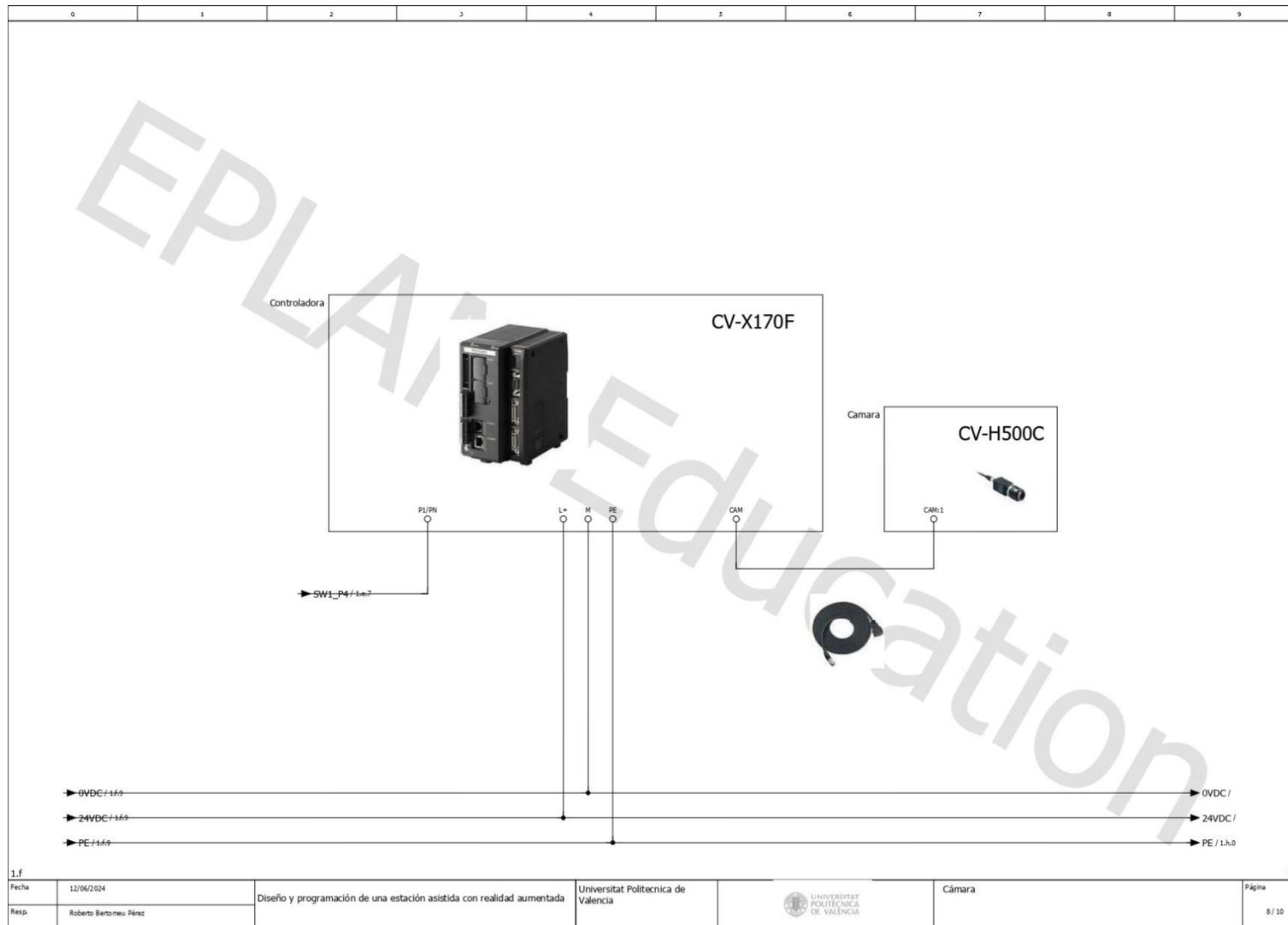


1.d						1.f	
Fecha	12/06/2024	Diseño y programación de una estación asistida con realidad aumentada	Universitat Politècnica de València		Switch	Página	
Resp.	Roberto Bertomeu Pérez					6 / 10	

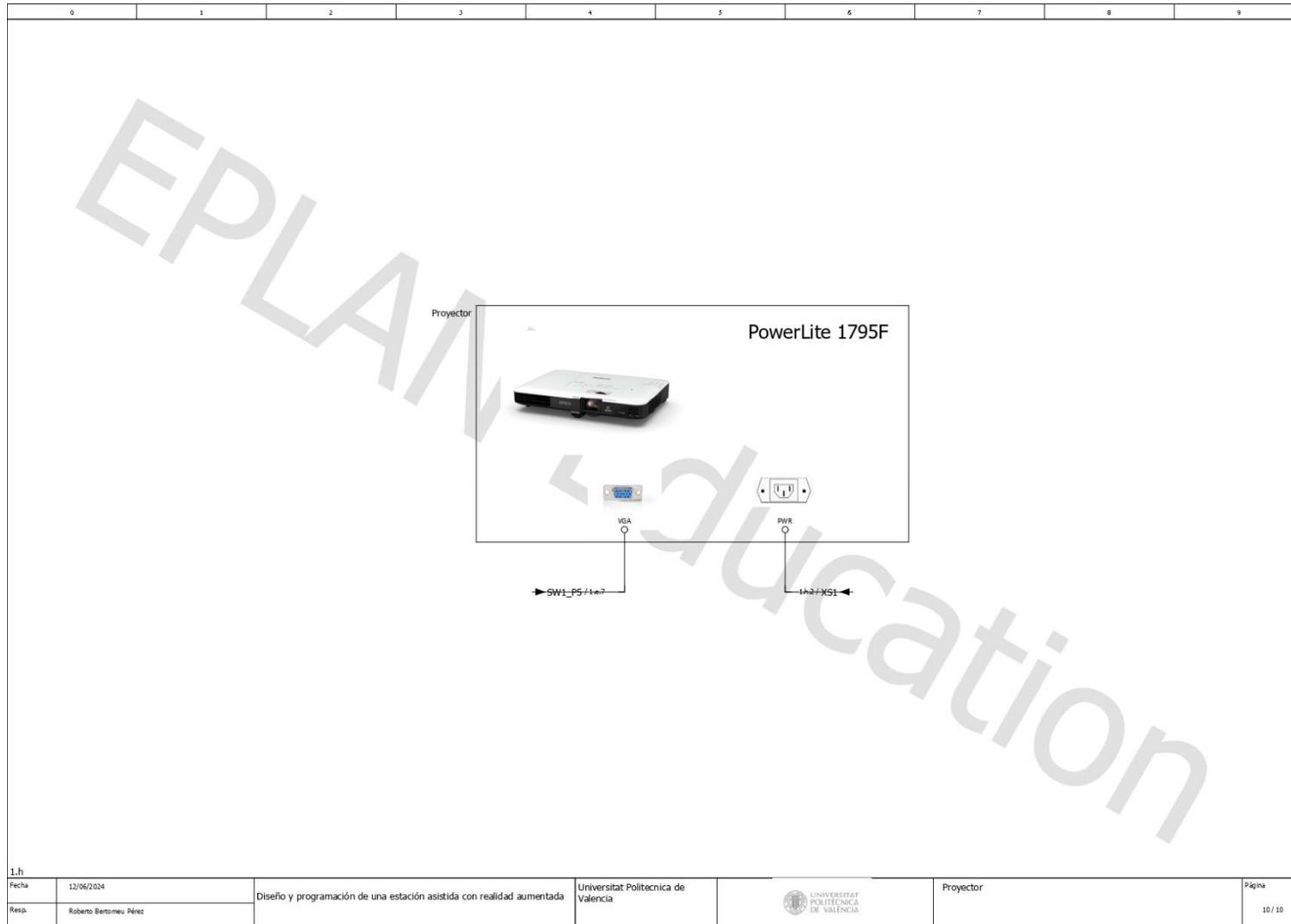
Esquema Eléctrico 6 Switch



Esquema Eléctrico 7 HMI



Esquema Eléctrico 8 Cámara y controladora



Esquema Eléctrico 9 Proyector



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

Pliego de condiciones

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR: ROBERTO BERTOMEU PÉREZ

TUTOR: CARLOS RICOLFE VIALA

CURSO ACADÉMICO 2023/2024



Índice de contenidos

1 Objeto	91
2 Normativa	91
2.1 Condiciones de carácter general	91
2.2 Condiciones particulares.....	92
3 Material	92
3.1 Componentes eléctricos y electrónicos.....	92
3.2 Cables.....	92
3.3 Elementos de seguridad	93
3.4 Otros Materiales	93
4 Montaje y ejecución	94
4.1 Ensamblaje y canalizaciones	94
4.1.1 Canalizaciones para elementos eléctricos y electrónicos.....	94
4.1.2 Ensamblaje mecánico.....	94
4.2 Controles de calidad	95
5 Prueba de servicio	95

1 Objeto

La presente especificación establece los requisitos detallados y las características fundamentales para el diseño, desarrollo y fabricación que debe cumplir la estación de trabajo asistida mediante realidad aumentada proyectada, especificando las condiciones legales, técnicas y de seguridad. Todos los detalles se pueden apreciar en los planos no 1, 2, 3 y 4.

En determinados supuestos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de este o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no implique una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

2 Normativa

2.1 Condiciones de carácter general

En lo que se refiere al ámbito nacional, la normativa que hace referencia a la seguridad de los equipos de trabajo es el Real Decreto 1215/1997 asegurando la adecuación de los equipos a utilizar para garantizar la seguridad del operario.

La directiva europea 2006/42/CE establece los requisitos esenciales de seguridad y salud para el diseño y fabricación de máquinas, abarcando aspectos como la evaluación de riesgos, la protección contra peligros mecánicos y eléctricos, la ergonomía y la información del usuario.

Directiva 2014/35/UE sobre equipos de baja tensión establece que los equipos eléctricos que operen con una tensión nominal entre 50 y 1000 V para corriente alterna y entre 75 y 1500 V para corriente continua sean seguros.

Directiva 2011/65/UE limita el uso de ciertas sustancias peligrosas, como el plomo o el mercurio, en equipos eléctricos y electrónicos, protegiendo la salud humana y el medio ambiente.

2.2 Condiciones particulares

Directiva 2014/30/UE establece que los equipos eléctricos y electrónicos no interfieran entre sí, y que tengan un nivel adecuado de inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

Real Decreto 486/1997 sobre los lugares de trabajo establece las disposiciones de seguridad y salud mínimas en los lugares de trabajo.

Normas UNE-EN ISO 13849-1 y 12100 sobre la seguridad de las máquinas. Proporcionan principios generales tanto para el diseño y la integración de partes de sistemas de control relacionados con la seguridad como los principios generales para el diseño seguro de máquinas incluyendo la evaluación y la reducción de riesgos.

3 Material

3.1 Componentes eléctricos y electrónicos

PLC Siemens S7-1200 1212 DC/DC/DC con número de referencia 6ES7211-1AE40-0XB0 y alimentado por 24 V

Cámara Keyence CV-H500C y su respectivo controlador Keyence CV-X170 alimentado por 24 V

Fotocélula Keyence PZ-G51N con hasta cinco metros de rango de detección y alimentado por 24 V

Proyector de imágenes EPSON PowerLite 1795F alimentado por una tensión nominal de 230 V

Pantalla HMI Simatic KTP-400 Basic Color PN alimentada por 24 V

Switch SCALANCE XB005 5 bocas Siemens para la organización de los distintos cables ethernet

Fuente de alimentación AC 120/230 V – DC 24V/10 A Siemens con referencia 6EP1334-1LB00

3.2 Cables y tomas de corriente

Cable Profinet para la conexión entre el PLC y el HMI

Cable VGA-RJ45 para la conexión entre el proyector y el PLC

Cable Profinet para la conexión entre la controladora de la cámara y el PLC

Cable de conexión de cuatro polos para la conexión entre la fotocélula y el PLC

Cable CA-CN3 para la conexión entre la cámara y su controladora

Cable RV-K 0.6/1KV 3G1.5

Toma de corriente 2P + T 16 A-250 V Legrand

3.3 Elementos de seguridad

Interruptor magnetotérmico IC60N 1P + N 16 A curva C de Schneider

Interruptor diferencial 230 V 10 KA 2P 25 A 300 MA AC de Schneider

Interruptor seccionador montaje en puerta 3P 25 A 400V de Schneider

3.4 Otros Materiales

Acero inoxidable

Aluminio

Tornillos 4 x L. 50 mm

Tablero MDF

Ruedas con freno con placa

4 Montaje y ejecución

4.1 Ensamblaje y canalizaciones

Para el ensamblaje de la estación de trabajo asistida mediante realidad aumentada proyectada, se seguirán los pasos detallados a continuación.

4.1.1 Canalizaciones para elementos eléctricos y electrónicos

La fuente de tensión que alimentará la estación será de multifilar de 230 V y corriente máxima de 16 A. A la salida de esta se conectará el interruptor seccionador y seguidamente en serie el interruptor magnetotérmico de 16 A. Tras el interruptor magnetotérmico irá en serie el interruptor diferencial. De este surgirán dos derivaciones, una alimentará la clavija que posteriormente servirá para alimentar el proyector, y la otra irá conectada a la fuente de alimentación de 24 V. Todas las conexiones hasta ahora mencionadas se harán utilizando cable RV-K 0.6/1KV 3G1.5.

Se empleará un PLC Siemens S7-1200 con tensión de alimentación 24 V, este irá conectado a los distintos elementos con el fin de controlar la totalidad de la estación de montaje. Se conectará el PLC al switch mediante cable Profinet, este irá conectado a su vez al HMI, con tensión de alimentación de 24 V y conectado al switch con cable Profinet, el proyector, alimentado utilizando la clavija previamente mencionada y conectado al switch utilizando un cable RJ45-VGA, y la controladora de la cámara, alimentada por 24 V y conectada al switch con un cable Profinet. La siguiente conexión que se realizará será la de la controladora de la cámara con la cámara, para ello se utilizará cable CA-CN3. Por último, se conectará la fotocélula al PLC utilizando cable de cuatro polos tanto para el emisor como el receptor, se conectará el emisor a la salida digital DI a.0 y el receptor a la entrada digital DQ a.0.

Una vez montado y ensamblado la estación de montaje, se llevarán a cabo pruebas que garantizarán su funcionamiento correcto y seguridad. Primeramente, pruebas de conexión y encendido donde se verificarán que los componentes estén correctamente conectados, que no haya cortocircuitos y se asegurará que estos reciban la alimentación adecuada. Para ello se medirá la corriente mediante un multímetro posicionando la punta negra en un punto de tierra y la punta roja en cada uno de los sensores, y verificar que la corriente obtenida está dentro del rango de las especificaciones.

4.1.2 Ensamblaje mecánico

El ensamblaje mecánico de la estación se realizará soldando primero las ruedas a la base de la estación. Tras ello se procederá al atornillado del tablero de MDF a la base de la estación ya con las ruedas integradas. Seguidamente se ensamblará la base con la estructura superior mediante soldadura para completar el ensamblaje de la estructura de la estación. Por último, se acoplarán los distintos elementos eléctricos y electrónicos en sus respectivos soportes.

4.2 Controles de calidad

Para superar el control de calidad ninguna de las piezas podrá sobresalir más de un 4% de su posición indicada en los planos en ninguno de los diferentes puntos de soldadura entre la base y la estructura superior.

El tablero de microfibras no podrá sobresalir más de un 2% de su posición indicada en los planos.

Los cables utilizados para conectar los distintos componentes deberán presentar una distancia mínima entre ellos de al menos un milímetro con el fin de evitar interferencias electromagnéticas o ruido eléctrico entre ellos.

5 Prueba de servicio

Se verificará el correcto funcionamiento de la fotocélula deslizando la mano a través de su rango y verificando que ha realizado la detección correctamente y en el momento en el que ha ocurrido. Se rechazará la prueba si no se detecta la presencia correctamente o si se detecta con un retardo superior a los dos segundos.

Se comprobará el proyector proyectando 3 imágenes diferentes y verificando que la resolución de las imágenes proyectadas es suficiente para distinguir pequeños detalles de las mismas. Se rechazará la prueba si no es posible distinguir estos detalles en alguna de las imágenes.

Para determinar el correcto funcionamiento de la cámara se programarán tres algoritmos para la detección de bordes para tres piezas diferentes que la cámara deberá identificar correctamente. Se rechazará la prueba si la cámara no es capaz de detectar alguna de las piezas.

Se verificará el correcto funcionamiento general de la estación programando una secuencia de prueba que constará de cuatro pasos, cada uno de ellos con su respectiva imagen proyectada y su detección por cámara. Se rechazará la prueba si los pasos no ocurren en el orden adecuado, se proyectan imágenes o se esperan detecciones por cámara en pasos que no deberían, el ciclo no se reinicia una vez finalizado o los contadores de piezas no funcionan correctamente.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

Presupuestos

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR: ROBERTO BERTOMEU PÉREZ

TUTOR: CARLOS RICOLFE VIALA

CURSO ACADÉMICO 2023/2024



Índice de presupuestos

1 Precios unitarios	98
2 Precios descompuestos	99
3 Mediciones	103
4 PEM.....	104
5 Resumen	105

1 Precios unitarios

Cuadro de precios elementales			
Ref	Ud	Descripción	Precio (€)
MATERIALES			
m1	Ud	Proyector Epson PowerLite 1795F	1319,79
m2	Ud	Fotocélula Keyence PZ-G51N	147,76
m3	Ud	PLC Siemens S7-1200 1212 DC/DC/DC	180,00
m4	Ud	HMI Simatic KTP-400 Basic Color PN	240,21
m5	Ud	Cámara Keyence CV-H500C	1947,91
m6	Kg	Acero Inoxidable	0,95
m7	Kg	Aluminio	1,15
m8	m ²	Tablero MDF	15,50
m9	Ud	Tornillo 4 x L. 50 mm	0,08
m10	Ud	Rueda con freno y placa superior	20,79
m11	m	Cable Profinet	4,42
m12	m	Cable VGA-RJ45	5,55
m13	m	Cable CA-CN3	35,00
m14	m	Cable de conexión de 4 polos	1,85
m15	m	Cable RV-K 0.6/1KV 3G1.5	1,17
m16	Ud	Controladora CV-X170	1530,00
m17	Ud	Switch SCALANCE XB005	126,03
m18	Ud	Fuente de alimentación AC 120/230V - DC 24 V/10 A	103,39
m19	Ud	Interruptor magnetotérmico A9F79616	23,00
m20	Ud	Interruptor diferencial A9R84225	45,67
m21	Ud	Interruptor seccionador VCF0	44,29
m22	Ud	Toma de corriente 2P + T 16 A-250 V Legrand	2,99
M.O.D.			
h1	h	Diseñador	17,52
h2	h	Programador	9,41
h3	h	Eléctrico	10,77
h4	h	Soldador	11,28
h5	h	Mecanizador	11,79

2 Precios descompuestos

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d1	Ud	Corte y soldadura del acero inoxidable para la fabricación de la base de la estación y posterior control de calidad de la misma			
m6	Kg	Acero inoxidable	0,95	47,97	45,57
h4	h	Soldador, soldado de los cortes de acero inoxidable siguiendo las indicaciones de los planos	11,28	4	45,12
h5	h	Mecanizador, corte del acero inoxidable siguiendo las medidas indicadas en los planos	11,79	1	11,79
	%	costes directos	102,48	2	2,05
				Total	104,53

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d2	Ud	Corte y control de calidad del tablero de fibra de densidad media			
m8	m ²	tablero MDF	15,50	1,4864	23,04
h5	h	Mecanizador, corte del tablero MDF siguiendo las medidas indicadas en los planos	11,79	0,5	5,90
	%	costes directos	28,93	2	0,58
				Total	29,51

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d3	Ud	Corte y soldadura del aluminio para la fabricación de la estructura de soporte superior y posterior control de calidad de la misma			
m7	Kg	Aluminio	1,15	14,4072	16,57
h4	h	Soldador, soldado de los cortes de aluminio siguiendo las indicaciones de los planos	11,28	1	11,28
h5	h	Mecanizador, corte del aluminio siguiendo las medidas indicadas en los planos	11,79	2	23,58
	%	costes directos	51,43	2	1,03
				Total	52,46

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d4	Ud	Soldadura entre las patas de la base y las ruedas con freno y posterior control de calidad			
d1	Ud	Base de acero inoxidable de la estación de trabajo	104,53	1	104,53
m10	Ud	Rueda con freno y placa superior	20,79	4	83,16
h4	h	Soldador, soldado de las ruedas a la base siguiendo las indicaciones en los planos	11,28	0,5	5,64
	%	costes directos	193,33	2	3,87
				Total	197,20

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d5	Ud	Atornillado y control de calidad del tablero MDF en la base			
d4	Ud	Base de acero inoxidable con ruedas con frenos integradas	197,20	1	197,20
d2	Ud	Tablero MDF	29,51	1	29,51
m9	Ud	Tornillo 4 x L. 50 mm	0,08	8	0,64
h5	h	Mecanizador, atornillado del tablero MDF en la base siguiendo las indicaciones de los planos	11,79	0,2	2,36
	%	costes directos	229,71	2	4,59
				Total	234,30

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d6	Ud	Ensamblaje de la base con tablero MDF y ruedas ya integradas junto a la estructura superior mediante soldadura y posterior control de calidad			
d5	Ud	Base del estación con tablero MDF y ruedas con freno ya integradas	234,30	1	234,30
d3	Ud	Estructura de soporte superior de aluminio	52,46	1	52,46
h4	h	Soldador, soldado de la unión entre la base y la estructura superior siguiendo las indicaciones de los planos	11,28	0,5	5,64
	%	costes directos	292,40	2	5,85
				Total	298,25

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d7	Ud	Ensamblaje del PLC, la cámara, la fotocelula, el proyector y el HMI en sus respectivos lugares de la estructura de la estación completa y posterior control de calidad			
d6	Ud	Estructura de la estación de montaje completamente ensamblada	298,25	1	298,25
m1	Ud	Proyector Epson PowerLite 1795F	1319,79	1	1319,79
m2	Ud	Fotocelula Keyence PZ-G51N	147,76	1	147,76
m3	Ud	PLC Siemens S7-1200 1212 DC/DC/DC	180,00	1	180,00
m16	Ud	Controladora CV-X170	1530,00	1	1530,00
m4	Ud	HMI Simatic KTP-400 Basic Color PN	240,21	1	240,21
m5	Ud	Camara Keyence CV-H500C	1947,91	1	1947,91
h5	h	Mecanizador, ensamblaje de los componentes en sus respectivos lugares siguiendo las indicaciones de los planos	11,79	2	23,58
	%	costes directos	5687,50	2	113,75
				Total	5801,25

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d8	Ud	Cableado de las conexiones entre los distintos componentes de la estación y posterior control de calidad, alimentación no incluida			
d7	Ud	Estructura de la estación de montaje completamente ensamblada y con PLC, cámara, fotocélula, proyector y HMI ya conectados	5801,25	1	5801,25
m11	m	Cable Profinet	4,42	4,15	18,34
m12	m	Cable VGA-RJ45	5,55	2,65	14,71
m13	m	Cable CA-CN3	35,00	3	105,00
m14	m	Cable de conexión de 4 polos	1,85	3,2	5,92
m17		Switch SCALANCE XB005	126,03	1	126,03
h1	h	Diseñador, diseño integro de la estación incluida la realización de los planos y esquemas eléctricos	17,52	40	700,80
h2	h	Programador, programación integra del programa de control de la estación incluidos el PLC y la controladora de la cámara	9,41	35	329,35
h3	h	Eléctrico, cableado de las conexiones entre componentes siguiendo el esquema eléctrico	10,72	1,5	16,08
	%	costes directos	7117,48	2	142,35
				Total	7259,83

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d9	Ud	Ensamblaje del cuadro eléctrico de alimentación y posterior control de calidad, elementos de seguridad, tomas de corriente y cableado de todos los elementos incluido			
m18	Ud	Fuente de alimentación AC 120/230V - DC 24 V/10 A	103,39	1	103,39
m19	Ud	Interruptor magnetotérmico A9F79616	23,00	1	23,00
m20	Ud	Interruptor diferencial A9R84225	45,67	1	45,67
m21	Ud	Interruptor seccionador VCF0	44,29	1	44,29
m22	Ud	Toma de corriente 2P + T 16 A-250 V Legrand	2,99	1	2,99
m15	m	Cable RV-K 0.6/1KV 3G1.5	1,17	2,14	2,50
h3	h	Eléctrico, cableado de la fuente de alimentación y todos los elementos de seguridad siguiendo el esquema eléctrico	10,72	3	32,16
	%	Costes directos	254,00	2	5,08
				Total	259,08

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d10	Ud	Conexión entre la fuente de alimentación y todos los elementos de la estación que requieren de alimentación y posterior control de calidad			
d8	Ud	Montaje completo de la estación de trabajo asistida con realidad aumentada alimentación no incluida	7259,83	1	7259,83
d9	Ud	Fuente de alimentación con toma de corriente para 230 V AC y 24 V DC y elementos de seguridad integrados	259,08	1	259,08
m15	m	Cable RV-K 0.6/1KV 3G1.5	1,17	8,6	10,06
h3	h	Eléctrico, alimentación de todos los elementos de la estación mediante la fuente de alimentación siguiendo el esquema eléctrico	10,72	1,5	16,08
	%	costes directos	7545,05	2	150,90
				Total	7695,95

3 Mediciones

Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
d1	Ud	Base de acero inoxidable de la estación de trabajo	104,53	1	104,53
d2	Ud	Tablero MDF	29,51	1	29,51
d3	Ud	Estructura de soporte superior de aluminio	52,46	1	52,46
d4	Ud	Base de acero inoxidable con ruedas con frenos integradas	197,20	1	197,20
d5	Ud	Base del estación con tablero MDF y ruedas con freno ya integradas	234,30	1	234,30
d6	Ud	Estructura de la estación de montaje completamente ensamblada	298,25	1	298,25
d7	Ud	Estructura de la estación de montaje completamente ensamblada y con PLC, cámara, fotocélula, proyector y HMI ya conectados	5801,25	1	5801,25
d8	Ud	Montaje completo de la estación de trabajo asistida con realidad aumentada alimentación no incluida	7259,83	1	7259,83
d9	Ud	Fuente de alimentación con toma de corriente para 230 V AC y 24 V DC y elementos de seguridad integrados	259,08	1	259,08
d10	Ud	Montaje completo de la estación de trabajo asistida con realidad aumentada y conexiones a la fuente de alimentación realizadas	7695,95	1	7695,95



4 PEM

Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada

TOTAL

7695,95

Asciede el presupuesto de ejecución material a la expresa cantidad de
SIETE MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CONNOVENTA Y CINCO CENTIMOS

Valencia, JUNIO de 2024

Trabajo de fin de grado

Grado de Ingeniería Electrónica y Automática

Roberto Bertomeu Pérez

5 Resumen

		Importe
Diseño y programación de una estación de trabajo asistida con realidad aumentada		7695,95
PEM		7695,95
15% gastos generales		1154,39
10% beneficio industrial		769,60
Suma		9619,94
21%		2020,19
Presupuesto de ejecución por contrata		11640,13
Honorarios		
Proyecto	5% sobre PEM	384,80
	21% sobre honorarios de proyecto	80,81
	Total honorarios del proyecto	465,61
	Total honorarios	465,61
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		12105,74

Asciende el presupuesto general a la expresa cantidad de
DOCE MIL CIEN CON CINCO EUROS Y SETENTA Y CUATRO CENTIMOS

Valencia, JUNIO de 2024

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Roberto Bertomeu Pérez