



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021

Resumen

Diseño e implementación del programa de control de los accionamientos de un parking inteligente o parking automatizado. Este control estará basado en la utilización de un autómata programable.

Para la verificación de su correcto funcionamiento, se realizará una simulación mediante los equipos disponibles en laboratorio, pero se diseñará el sistema de elevación con los elementos necesarios para un parking real.

Al control, además se le dotará de un sistema SCADA que permita al operario poder manejar y operar el parking de forma manual como automática. Se incluirá un modo mantenimiento para las revisiones técnicas.

Se realizará una propuesta de diseño para el sistema de aparcamiento de los vehículos mediante el uso de un software CAD 3D, teniendo en cuenta que se debe realizar un estudio para conocer las cargas a las que se someterá las piezas que se encuentren en contacto con los coches.

Se deberá realizar la elección de un equipo encargado del accionamiento para el sistema de elevación del aparcamiento automatizado, y considerar el cableado que deberá llevar para su alimentación y la protección eléctrica que deberá equipar.

Resum

Disseny i implementació del programa de control dels accionaments d'un pàrquing intel·ligent o pàrquing automatitzat. Aquest control estarà basat en la utilització d'un autòmat programable.

Per a verificar el seu correcte funcionament, se simularà mitjançant els equips disponibles al laboratorio, però es dissenyarà el sistema d'elevació amb els elements necessaris per a un pàrquing real.

Al control, a més, se li dotarà d'un sistema SCADA que permeti a l'operari poder manejar i operar el pàrquing tant de manera manual com automàtica. S'inclourà una manera de manteniment per a les revisions tècniques.

Es realitzarà una proposta de disseny per al sistema d'aparcament dels vehicles mitjançant l'ús d'un programari CAD 3D, tenint en compte que s'ha de realitzar un estudi per a conèixer les càrregues a les quals se sotmetrà les peces que es troben en contacte amb els cotxes.

S'haurà de realitzar l'elecció d'un equip encarregat de l'accionament per al sistema d'elevació de l'aparcament automatitzat, i considerar el cablejat que haurà de portar per a la seua alimentació i la protecció elèctrica que haurà d'equipar.

Abstract

Design and implementation of the drivers control programme for a smart parking or automated parking. To check the correct running of the program, it will simulate with the laboratory stuff.

However, it will design the devices for the elevator system of a real parking. Also, it will design a SCADA interface to control the system by an operator.

The parking will have a manual and automatic control. It will add a servicing mode for technical revisions.

There will be a design for the vehicle parking system. To make it, the author will use a 3D CAD software. Also, this part of the project includes a load study for the pieces that are in contact with the cars.

Furthermore, there will be an engine selection for the lift system, that includes the power supply wiring of the engine and the necessary electrical protections.

Agradecimientos

En primer lugar, a mi suegro Antonio, porque desde el primer momento en el que lo conocí verdaderamente hace poco más de seis años, me demostró lo gran persona que era, siempre con las palabras y consejos correctos para cada situación, enseñándome lo que es ser una persona sacrificada y de gran corazón. Aunque seguramente hayan sido pocos los momentos vividos juntos, han sido magníficos y es algo que siempre llevaré dentro de mí y nunca olvidaré. Me siento muy afortunado de poder haberte conocido Antonio.

A mi novia Patricia, por ser siempre un apoyo incondicional para mí, por tener guardada siempre palabras de cariño hacia mí. Porque pese a todo de la situación que le ha tocado vivir, nunca has dejado de guardar tiempo para que pudiéramos estar juntos. Porque todo lo vivido hasta ahora ha sido excepcional, pero lo mejor está por venir, eso lo tengo claro. Te quiero.

A mis padres, Concepción y Miguel, por tantos sacrificios que han tenido que hacer para que esto que en algún momento fue un sueño, se haya podido convertir en realidad. Porque criar un hijo no es fácil y creo que ellos lo han hecho de la mejor forma posible pese a todas las situaciones que les ha tocado vivir. Siempre podré decir con orgullo quienes son mis padres.

A mi hermana Nieves, por los momentos que vivimos, el buen ambiente, tu apoyo y la gran relación de hermanos que tenemos y que me demuestra que siempre podré contar contigo a lo largo de mi vida. Eres uno de mis grandes apoyos.

A mi suegra María Jesús y a mi cuñada Marta, por aceptarme desde el primer momento y por las grandes muestras de cariño que tienen hacia mí. Soy afortunado de poder llamarlos familia.

A todos aquellos a los que considero amigos, porque son parte de mí, por los grandes momentos que vivimos juntos y todos los planes que nos quedan por disfrutar.

A mis tutores, en especial a Ángel, porque ha sacado tiempo siempre para ayudarme en el desarrollo de este proyecto y pese que ha habido momentos que parecía imposible que lo sacara adelante, ha sido capaz de hacerme ver que todo se podía realizar y que sacaría la solución siempre.

A los profesores y técnicos del departamento de ingeniería eléctrica, por la cantidad de horas que he estado con ellos durante estos meses, que han dedicado tiempo en ayudarme y me han regalado momentos muy divertidos.



Índice

1. Memoria.....	7
2. Anexo.....	84
3. Planos	142
4. Presupuesto.....	153
5. Referencias.....	155

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

1. Memoria

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021

Memoria

1. Objetivo	10
2. Antecedentes e introducción	12
3. Justificación	17
4. Descripción del proceso y elementos constitutivos	18
4.1. Funcionamiento general	18
4.2. Elementos constitutivos de un aparcamiento robotizado	18
4.2.1. Cabina de recepción y entrega de vehículos	18
4.2.2. Plataforma de traslado de vehículos	20
4.2.3. Unidad de almacenamiento y recuperación	20
4.2.4. Estructura de almacenamiento	21
4.3. Sistemas de seguridad	22
4.4. Sistemas de tracción	24
4.5. Normativa	24
5. Requisitos	25
6. Estudio de soluciones alternativas	27
6.1. Tipos de sistemas de aparcamiento automatizado	27
6.1.1. Aparcamiento tipo torre	27
6.1.2. Aparcamiento tipo noria - carrusel	28
6.1.3. Aparcamiento tipo lift & slide – tipo Puzzle	28
6.1.4. Aparcamiento tipo multi pack – rack & rail	29
6.2. Tipos de sistemas de plataforma de traslado de vehículos	30
6.2.1. Sistema intercambiador de plataformas	30
6.2.2. Sistema transportador de vehículo	31
6.3. Subsistemas de control	32
6.3.1. PLC	32
6.3.2. Sistema embebido	33
6.4. Tipos de sistemas de supervisión	34
6.4.1. Scada	34
6.4.2. HMI	34
6.5. Tipos de sistemas de tracción	35
6.5.1. Tracción hidráulica	35
6.5.2. Tracción eléctrica	35



7. Propuesta adoptada	37
7.1. Diseño de sistema de traslado de vehículos	38
7.1.1. Partes constituyentes	38
7.1.1.1. Estructura	39
7.1.1.2. Plataforma	40
7.1.2. Estudio de movimiento	41
7.1.3. Estudio de carga	44
7.2. Sistema de elevación	46
7.2.1. Elección de motor y variador de frecuencia	47
7.2.2. Dimensionado de conductores	51
7.2.3. Protección eléctrica	53
7.3. Sistema de control	57
7.3.1. Flujogramas	57
7.3.2. Modos de funcionamiento	64
7.3.2.1. Modo manual	64
7.3.2.2. Modo automático	65
7.3.2.3. Modo mantenimiento	66
7.3.3. Sistema scada	67
8. Descripción de puesto de trabajo	70
8.1. Especificaciones de equipos	71
8.1.1. PLC Siemens S7-1200	71
8.1.2. Servoaccionamiento Siemens Sinamics S210	73
8.1.3. Servomotor Siemens Simotics	76
8.1.4. Computadora	79
8.2. Protocolo de comunicación	80
8.3. Montaje banco de ensayos	81
9. Conclusiones	83

1. Objetivo

El objetivo principal del presente documento es proponer el diseño de un sistema de aparcamiento robotizado, o aparcamiento automatizado.

Para conseguir este resultado principal, se van a desarrollar tres áreas principales que consistirá en los siguientes puntos:

- Sistema de control genérico e interfaz gráfica de supervisión.
- Diseño de plataforma de traslado de vehículos.
- Estudio y elección de accionamiento para el sistema de elevación existente en el mercado y dimensionado del cableado correspondiente.

Se quiere conseguir realizar un programa de control genérico, con distintos modos de funcionamiento que consistirán en: automático (funcionamiento normal), manual y de mantenimiento. El código a implementar debe ser modular, ya que una de las premisas del proyecto es la posibilidad de que este pueda ser reutilizado en casos en los que se quiera realizar otro aparcamiento, lo cual significa la presencia de distintas características con respecto al que se va a desarrollar en este proyecto, como son el número de plazas de aparcamiento, la ubicación de estas y el punto de recogida, la dimensión del parking, etc. Por tanto, el código si presenta la menor variación posible y se pueda ahorrar en el tiempo de desarrollo e ingeniería del siguiente trabajo. Para la creación del código de control, es necesario hacer uso de herramientas software que permitan la configuración y programación de los elementos correspondientes.

Junto al sistema de control, se debe proponer una interfaz gráfica de supervisión, que permita el control en tiempo real del funcionamiento del parking por parte de un operario. Este sistema debe tener un diseño claro y que permita la correcta labor por parte del responsable, con distintas pantallas para que el técnico pueda navegar por cada una de ellas según la situación en la que se encuentre. Del mismo modo que en el caso del programa de control, la interfaz gráfica está pensada para poder realizar variaciones sobre ella según las características del aparcamiento del proyecto al que esté destinado y cumpla con los gustos y condiciones del cliente.

Como se desea que los tiempos sean mínimos para el proceso de aparcamiento y de recogida del vehículo, el sistema de almacenamiento de vehículos debe tener la posibilidad de moverse en los ejes verticales y horizontales de forma simultánea. Además, otra de las ideas para el ahorro de tiempos, es implementar un sistema de espera para que los clientes puedan identificarse en todo momento, aunque el aparcamiento se encuentre en mitad de un proceso.

El siguiente objetivo es la de proponer un diseño para el sistema de almacenamiento de los vehículos, con su estudio de movimiento y de cargas de las piezas de anclaje de las ruedas. Para ello, se deberá hacer uso de algún software de diseño 3D. Este sistema de almacenaje debe cumplir la premisa principal de que no se mueva mediante un sistema de almacenamiento de plataformas, sino de la deposición única y exclusiva del vehículo, con el objetivo de ahorrar material y hacer el sistema lo más rápido posible. Para ello, se deberán crear aquellas piezas que conformen el sistema de anclaje del vehículo, y de la pieza deslizante que se mueve para la entrada de los coches en cada una de las plazas de aparcamiento.

Por último, considerando que los equipos utilizados para la prueba del código desarrollado son para el puesto de ensayo y que no puede utilizarse para la aplicación real, se estudiará las opciones que se encuentran en el mercado, las protecciones necesarias y el cálculo de la sección de los cables de alimentación. Se va a calcular el sistema de tracción para el elevador del aparcamiento.

2. Antecedentes e introducción

Con el inicio de la ingeniería del transporte en los edificios a mediados del siglo XIX, gracias al diseño del primer montacargas de Elisha Graves Otis, y junto con el transporte de mercancías, se comienza a plantearse el apilamiento en vertical de vehículos en las ciudades de los Estados Unidos de América como Nueva York y Chicago. Sirva de ejemplo la Ilustración 1 en donde se muestra un garaje vertical a inicios del siglo XX (Sotés, 2007).



Ilustración 1. Garaje vertical con elevador en Chicago a inicios del siglo XX

Los primeros sistemas mecanizados para aparcamientos se basan en el modelo de noria vertical o “paternóster”, que permiten el apilamiento de automóviles en espacios reducidos de forma eficaz, ubicándose en solares sin edificar y espacios urbanos residuales. Este sistema sigue vigente hoy en día en América, Asia y Europa.

Originalmente se trataba de máquinas desmontables, implementadas en varias ubicaciones de la ciudad de forma temporal, en donde era necesario resolver la demanda de aparcamiento rápidamente y de forma eficaz.

Durante los años 30 se lleva a cabo el desarrollo de sistemas más sofisticados que contienen elementos que se encuentran presentes actualmente como son: cabinas de recepción, elevadores y almacenes. La operación es siempre manual.

Con esto, se comienza el planteamiento del aparcamiento urbano integrado en la edificación y para residentes.

Con los años 40, los conceptos se refinan. El aparcamiento automático es una innovación revolucionaria ligada con la eclosión de la aviación, los transportes y las comunicaciones.

Se trata de unidades autónomas en ciertos edificios, con una cantidad de plazas variable, completamente mecanizadas y con presencia de operarios encargados del servicio y mantenimiento.

En los años 50 y 60 se desarrollan los conceptos básicos y la mejora en los sistemas mecánicos y óleo-dinámicos que permiten una reducción en los tiempos de estacionamiento y recuperación de los automóviles.

En la ciudad suiza de Basilea, se realiza un estacionamiento subterráneo donde son planteados varios conceptos de diseño que son patentes en los sistemas de hoy en día.

En la Ilustración 2 se muestran varias imágenes de la época de los distintos pasos que se llevaban a cabo para el aparcamiento del vehículo personal en una aparcamiento automatizado de la época (Sotés, 2007).

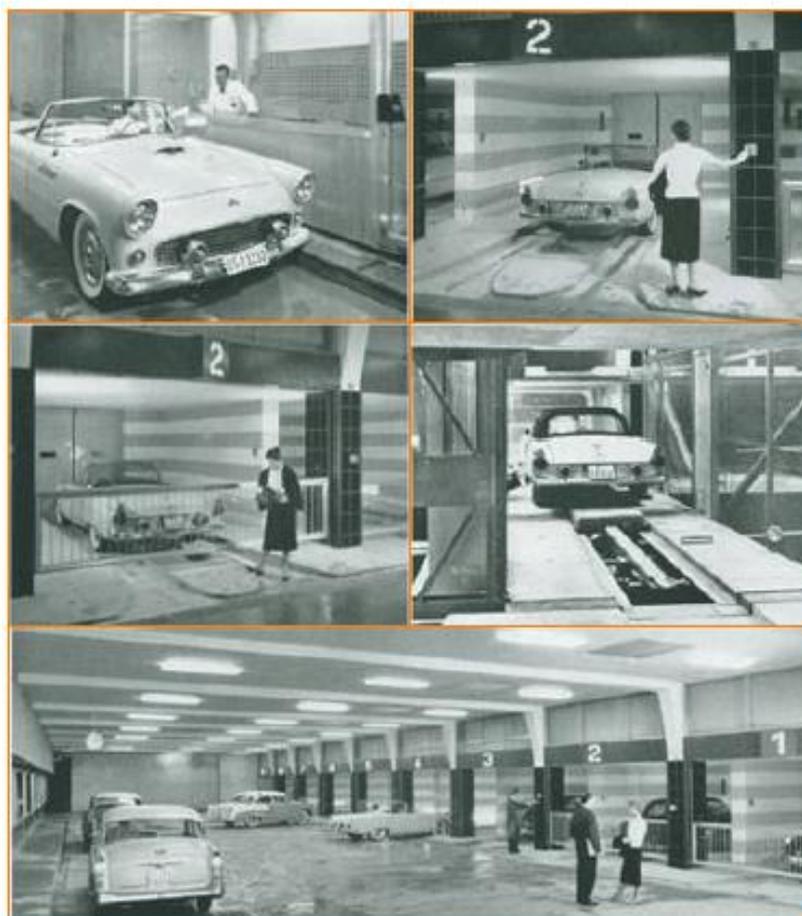


Ilustración 2. Estación de aparcamiento Steinentorstrasse, Basilea, Suiza década de los 50

- 1-2: Comprobación de dimensiones y asignación de plaza libre.
- 3-4: Cierre de verja y centrado automático del vehículo. Elevación hasta la plataforma del montacargas.
- 5: Devolución del vehículo.

Los años 50 es la época en la que surgen las grandes unidades modulares de aparcamiento con sistema robotizado en edificios especializados. Esto se desarrollará de forma amplia durante la siguiente década en Europa y Estados Unidos.

Son sistemas de gran cantidad de almacenamiento e importantes requerimientos de espacio, pensados para el uso público en centros comerciales de alta afluencia.

Con los años 70, los sistemas se van desarrollando según ciertos conceptos y variantes, pero siempre orientados a la idea del edificio de uso únicamente como aparcamiento.

El concepto de robotización se anuncia como sinónimo de innovación, velocidad y modernidad. Uno de esos sistemas que se patentaron fue el que se muestra en la Ilustración 3, correspondiente al sistema de noria horizontal.

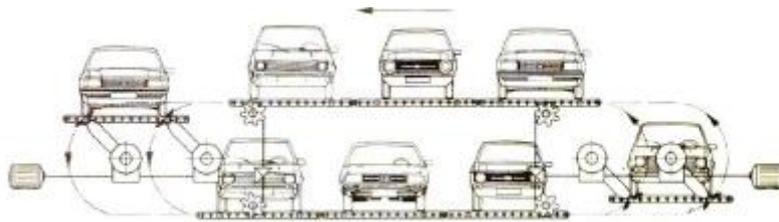


Ilustración 3. Sistema de aparcamiento por Noria horizontal

Para los años 80, todo el desarrollo iniciado en la década anterior culmina con los primeros sistemas con variantes geométricas, tanto en vertical como en horizontal, y con un grado avanzado de flexibilidad y adaptabilidad.

Aparece por primera vez las variantes y familias que resuelven implantaciones a medida.

Se trata de un gran avance conceptual y muy considerable que muestra las futuras tendencias más avanzadas que serán desarrolladas en la última década del siglo XX.

Los años 90 presentan un verdadero punto de inflexión de la tecnología con la aparición de patentes de aparcamientos robotizados.

Se desarrollan nuevas variantes de los sistemas tradicionales y nuevos modelos con distintas geometrías y principios mecánicos.

La mecánica tradicional se complementa con sistemas electrónicos de gestión. Esto permite que en los últimos años del siglo XX y primeros del siglo XXI la incorporación de la informática y la electrónica de gestión para crear sistemas totalmente automatizados.

La incorporación de las tecnologías de comunicaciones por Internet para controlar en tiempo real una variedad de parámetros como el funcionamiento del aparcamiento, el

diagnóstico precoz y preventivo de problemas funcionales y la corrección a distancia. Los más modernos son completamente autónomos y presentan una gran comodidad para el usuario, mayor seguridad y fiables para los operarios. Conceptualmente, combinan componentes básicos y sistemas con diferentes principios de desplazamiento y almacenamiento, que permiten resolver “a medida” un gran número de variables.

Como ejemplo a esto último que se ha comentado, la empresa de automóviles Volkswagen desarrolló en su fábrica de Wolfsburgo, Alemania, un parking automatizado conformado por dos torres de 60 metros de alto, el cual tiene una capacidad de 800 plazas entre ambos edificios.



Ilustración 4. Exterior de las "Car Towers", aparcamiento de la fábrica de Volkswagen en Wolfsburgo, Alemania

Algunas de las ventajas que tienen los aparcamientos automatizados con respecto los aparcamientos convencionales son las siguientes:

- **Mayor comodidad para el cliente**

El cliente debe olvidarse del hecho de tener que entrar en un aparcamiento y las maniobras que son necesarias realizar en este tipo de espacios. Simplemente deberá dejar su vehículo estacionado en el punto de recepción y el sistema es el encargado de aparcar el coche.

- **Ventajas ambientales**

Los vehículos se encuentran con el motor apagado durante el proceso de traslado a la plaza, por lo que las emisiones se reducen considerablemente. Además, de un ahorro en combustible para el usuario.

- **Reducción de costes**

No es necesario la adquisición de un solar de grandes dimensiones como sería el caso de un aparcamiento convencional, en comparación con el mismo número de plazas que tendría el aparcamiento automatizado. El espacio dedicado al estacionamiento es mucho menor y se

optimiza la superficie y el volumen. Esto es una gran ventaja en las grandes ciudades, ya que la superficie disponible para edificar cada vez es menor.

No es necesario la construcción de rampas para el acceso de los vehículos al aparcamiento ni para la interconexión entre los distintos niveles que conforman el aparcamiento. Del mismo modo, no hace falta la construcción de ascensores para los usuarios para acceder a los distintos niveles del aparcamiento.

- **Mayor seguridad**

El acceso de personas es mucho más restringido, permitiendo así evitar posibles hurtos y actos vandálicos.

El robot encargado del aparcamiento de los vehículos reduce la posibilidad de daños en el vehículo durante el estacionamiento en comparación con las maniobras que debe realizar una persona.

- **Ahorro de tiempo para aparcar**

Este sistema está concebido para ahorrar al máximo el tiempo de entrada y salida de vehículos, al igual que el proceso de estacionamiento se ve reducido.

- **Fácil adaptación**

Los aparcamientos robotizados se pueden acoplar fácilmente a edificios construidos y que, por falta de espacio, se han quedado sin plazas de aparcamiento suficientes para abastecer la demanda.

Por tanto, y conociendo las ventajas que aportan este tipo de aparcamientos y el problema de superficie que presentan las ciudades en el presente, se quiere en este proyecto realizar una propuesta de este tipo de aplicación, partiendo de las distintas tecnologías que existen hoy en día en este ámbito, seleccionando aquellas que sean más útiles y eficaces para el usuario final.

El parking que se va a diseñar está pensado para un uso particular y no industrial, en donde los vehículos que se vayan a almacenar presenten distintas características, ya que la idea es que esté preparado para albergar vehículos del segmento de los turismos, lo cual abarca automóviles con características distintas. Para ello, se va a diseñar un sistema capaz de transportar vehículos que presenten distinta batalla.

3. Justificación

Para la finalización de los estudios del Máster de Ingeniería Mecatrónica, el autor realiza el presente proyecto, de acuerdo con la normativa vigente para la obtención de títulos universitarios.

El proyecto se ha realizado en el *Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE)*, vinculado a la *Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID)* en la *Universitat Politècnica de València (UPV)*.

El trabajo quiere poner en práctica distintos conocimientos adquiridos a lo largo de las diferentes asignaturas que conforman el Máster de Ingeniería Mecatrónica y abordar los tres campos principales que la conforman, los cuales son la ingeniería mecánica con la realización de un diseño 3D de la plataforma de traslado de vehículos; la parte correspondiente a la eléctrica, reflejada en la elección del sistema de tracción del elevador; y la parte electrónica representada con la programación de un sistema de control que permite a la aplicación su funcionamiento automatizado.

El uso de sistemas automatizados cada vez es mayor en una gran variedad de aplicaciones, desde la que se trata en este proyecto, como pueden ser lugares de almacenamientos que funcionan con estos sistemas, líneas de producción en empresas o para la automatización de sistema de riego en el campo, por lo que la adquisición de conocimientos en este ámbito es de gran importancia para un futuro desempeño laboral.

Con la realización de este trabajo, se adquieren una diversidad de conocimientos que, al combinarlos, se obtiene el resultado que se desarrolla en las siguientes páginas. Algunas de estas ideas son:

- Conexión de sistema de PLC, Accionamiento y Servomotor.
- Programación del autómata con el software correspondiente.
- Cálculo de sistemas mecánicos para la aplicación final.
- Elección de componentes para la aplicación final.
- Diseño de interfaz Scada para uso en la demostración y en la aplicación real.

4. Descripción del proceso y elementos constitutivos

En este apartado se explicará el funcionamiento de los aparcamientos automatizado que se diseñan actualmente y la división en elementos que presentan.

4.1. Funcionamiento general

Un aparcamiento robotizado es un mecanismo para el almacenamiento de vehículos, por lo general automóviles, que es gestionado por un equipo programable de control.

El usuario estaciona su automóvil en un punto de recepción o entrega, finalizando en este primer punto la participación del cliente. El sistema incorpora equipos para obtener las dimensiones del vehículo, para detectar que este es posible estacionarlo en el interior, para evitar daños en el coche y en el propio aparcamiento. Tras esto, el vehículo entra en la etapa de aparcamiento, en donde se realiza de forma automática los movimientos necesarios para estacionarlo en un punto y del mismo modo, se encarga de la retirada de este para la retornarlo de nuevo al dueño.

4.2. Elementos constitutivos de un aparcamiento robotizado

En este subapartado se mencionarán los distintos componentes que conforman un aparcamiento inteligente, siguiendo el orden de presentación respecto a cada una de las etapas en donde participan cada elemento durante el proceso de estacionamiento.

4.2.1. Cabina de recepción y entrega de vehículos

Se trata del único elemento accesible y visible para el usuario. Como ejemplo, se puede observar la Ilustración 5, donde se muestra el esquema de una cabina (Sotés, 2007) con los elementos que la conforman.

Para permitir el acceso del usuario existen distintos métodos de identificación personal, tarjetas, etc. De esta forma, se permite el acceso al usuario al aparcamiento.

Se trata del lugar en donde se realiza la entrega del vehículo. En este componente es donde se ubican los distintos sensores que permiten la comprobación de las dimensiones del automóvil para su correcta colocación, como son los encargados de medir el ancho del vehículo, del largo que presenta este y de la altura de la carrocería. Además, se debe comprobar que la puertas se encuentren cerradas para comenzar con el proceso de aparcamiento.

Para más información y mayor comodidad hacia el cliente a la hora de dejar o recoger su vehículo, se incorpora una pantalla de texto en la que se le informa de si debe ir hacia adelante o hacia atrás para poder ubicar el vehículo en la posición adecuada.

En caso de existir alguna anomalía en el proceso de verificación del vehículo, hay un mando de parada de emergencia que puede ser accionado desde la cabina.

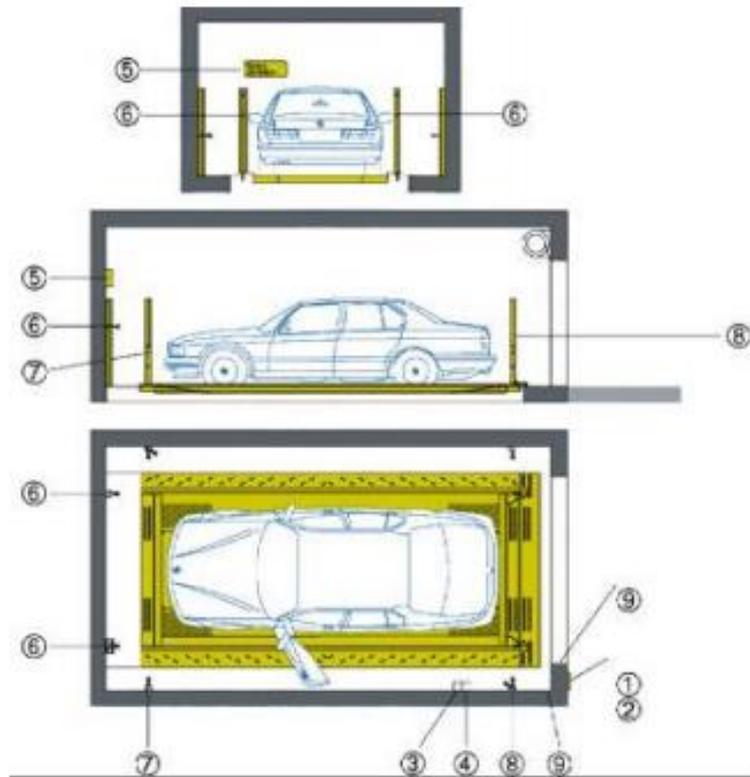


Ilustración 5. Cabina de acceso

1. Panel de control para identificación del usuario
2. Receptor de control remoto
3. Parada de emergencia
4. Mando de apertura de puerta
5. Pantalla de textos
6. Sensores para registro de ancho del vehículo
7. Sensores para registro de largo del vehículo
8. Sensores para registro de alturas de carrocerías
9. Sensores control de puertas

4.2.2. Plataforma de traslado de vehículos

Es el componente donde se deposita el automóvil y permite al sistema desplazar el vehículo y depositarlo en las estanterías donde se almacena. El coche permanece sobre ella durante todo el proceso de aparcamiento.

La plataforma de vehículos está pensada para que realice un movimiento en profundidad, eje Z y debe incorporar un sistema de amarre o de anclaje para evitar cualquier movimiento del vehículo durante la fase de traslado.

Otra opción es directamente la del uso de una plataforma con dos carriles longitudinales en donde se colocan las ruedas del vehículo. Mediante este sistema, en realidad no se deposita el vehículo directamente en su plaza de aparcamiento, sino se realiza un intercambio de la plataforma.

Este tipo de plataforma están pensada para soportar cargas de hasta 2500 kg.

4.2.3. Unidad de almacenamiento y recuperación

Se trata de la máquina encargada del transporte de los vehículos hasta la zona de estacionamiento y también de la retirada de ellos cuando deben ser devueltos. Su movimiento es controlado por un sistema informatizado de control, que a su vez está conectado a una unidad de control central, capaz de alertar de posibles fallos del sistema, y permite la solución a distancia. Se encarga del movimiento en vertical y en horizontal, o en incluso de realizar movimientos circulares según el tipo de aparcamiento.

En la Ilustración 6 se observa el robot que se utiliza en el aparcamiento de la fábrica de Volkswagen, *Car Towers*.



Ilustración 6. Robot en etapa de traslado

4.2.4. Estructura de almacenamiento

Son estructuras de acero que funcionan como esqueleto para soportar el espacio de almacenamiento de los automóviles y el sistema de transporte. Son concebidas de forma modular y desmontables por lo que se consigue que su instalación pueda realizarse con la obra civil completada, a través del hueco de la cabina.

En la Ilustración 7 se muestra una estructura de almacenamiento.



Ilustración 7. Estructura de almacenamiento

Las distintas variantes según la ubicación de la estructura de almacenamiento se muestran en las ilustraciones 8, 9 y 10:

- **Altura**

Se tratan de aquellas estructuras en donde el punto de recepción se encuentra en el piso inferior del aparcamiento, y las plazas se encuentran en los pisos superiores. Es una solución implementada para aquellos proyectos en donde no se quiere o no se puede realizar excavación en el terreno.

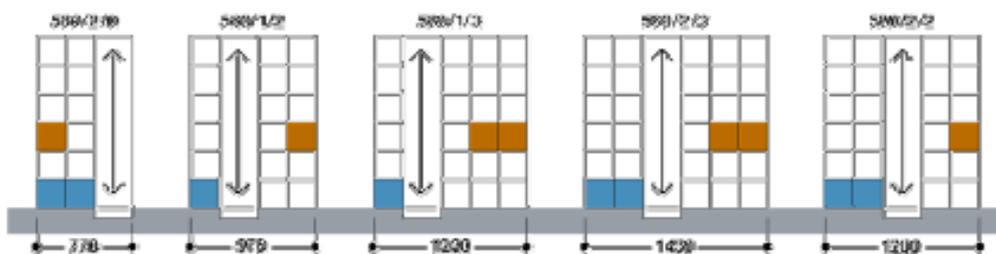


Ilustración 8. Esquema estructura de almacenamiento tipo altura

- **Bajo rasante**

Esta variante es totalmente contraria a la vista anteriormente, puesto que el punto de recepción se encuentra en el punto más elevado del aparcamiento y, por tanto, se trata de un aparcamiento subterráneo.

Este tipo de aparcamiento se utiliza en aquellos casos en los que exista un límite o una prohibición de altura, pero esté permitido la excavación del terreno.

En este caso, la ventaja principal que presenta es que no se produce un gran cambio visual en la ubicación en donde se vaya a implementar el aparcamiento en comparación con el caso anterior.

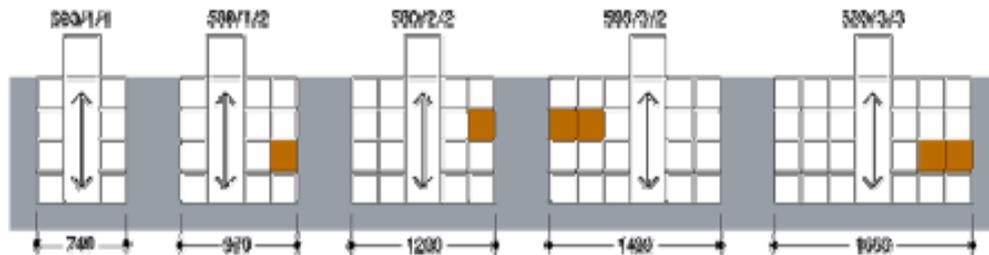


Ilustración 9. Esquema estructura de almacenamiento tipo bajo rasante

- Altura – Bajo rasante

Esta modalidad de aparcamiento es la que el punto de recepción no se encuentra en ninguno de los dos niveles extremos del aparcamiento, y por lo cual, tienen niveles tanto superiores como inferiores.

Este tipo de aparcamiento está pensado para implementarse en aquellos proyectos en donde exista una limitación de altura de la edificación, pero que permita poder realizar plazas subterráneas para poder tener un número de plazas adecuadas.

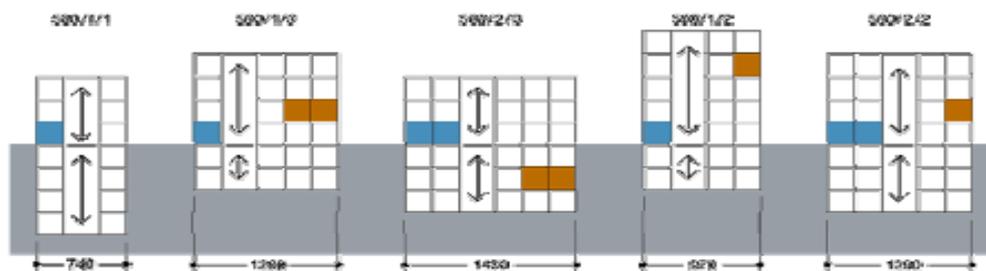


Ilustración 10. Esquema estructura de almacenamiento tipo altura - bajo rasante

4.3. Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad en cualquier aparcamiento robotizado son clave para poder mantener los vehículos en el estado en el que sus propietarios los depositan. Para ello, se emplean varios dispositivos que permiten que el funcionamiento sea el adecuado.

- Dispositivo de identificación

El primer sistema de seguridad que se encuentra en cualquier aparcamiento moderno es el de identificación del usuario. Este se puede realizar de varias formas actualmente, como puede ser mediante el uso de un chip inductivo para tarjetas de cada propietario, un sistema infrarrojo para leer códigos de barras o QR.

- **Sensores de medida del vehículo**

Como se ha comentado en el subapartado 4.2.1, en la cabina de recepción, son necesarios varios sensores que permitan obtener las dimensiones del vehículo, para poder así asegurar que el sistema puede maniobrar sin producir ningún daño a la estructura, al automóvil e incluso al propio mecanismo. Por ello, el objetivo de estos equipos es evitar que vehículos que superen ciertas dimensiones puedan acceder al aparcamiento.

- **Báscula**

Del mismo modo que los sensores de medida del vehículo, es necesario el uso de un sistema que permita obtener la masa del vehículo para evitar posibles daños en la maquinaria del aparcamiento.

- **Finales de carrera**

Sensores que cortan la alimentación en caso de sobrepasar los límites de cada uno de los ejes en sus extremos.

- **Limitador de velocidad**

Cada uno de los ejes deberá de disponer de un sensor que permita conocer la velocidad a la que se está moviendo el sistema, ya que la maquinaria está pensada en trabajar a una cierta velocidad límite.

- **Sistema de posicionamiento**

El sistema de posicionamiento permite ubicar en todo momento la posición del robot y así cuando se encuentre en la posición de la plaza deseada, se detenga en el momento correcto para dejar el vehículo.

En este sistema se pueden usar imanes, sensores inductivos, si se utiliza un sistema encoder en la máquina, este es capaz de transmitir la posición en la que se ubica en todo momento el sistema.

- **Sistema de paracaídas**

Este sistema proviene de la industria de los ascensores y debido a las características que presenta la aplicación con la que se trabaja, deberá ser incorporado para la parte correspondiente al elevador o eje Y.

Se trata de una unidad mecánica que tiene como objetivo evitar la caída accidental de la plataforma que transporta los vehículos. Este sistema se coloca en la parte inferior de la plataforma de transporte.

El equipo actúa únicamente cuando la velocidad de descenso es superior a un valor determinado. Este libera unas cuñas contra las guías para frenar la plataforma, impidiendo que esta caiga libremente. Esto se produce en cualquier situación, incluso en la hipótesis en la que se cortaran todos los cables que la sujetan.

- **Dispositivo de parada de emergencia**

Como en cualquier aplicación de carácter mecatrónico, se debe incorporar un sistema que permita interrumpir la alimentación del sistema de forma inmediata. La presente aplicación no será una excepción, por lo que deberá ser provista de dicho sistema de seguridad.

4.4. Sistemas de tracción

Los sistemas de tracción son los encargados de transmitir el movimiento en el aparcamiento, en cada uno de sus ejes para que este pueda desplazarse y funcionar correctamente.

Cada uno de los accionamientos que conforman el aparcamiento, actuarán en el momento correspondiente, puesto que dentro de lo que es el proceso de aparcamiento o recogida, existe una secuencia que debe cumplirse y que está ligada al programa implementado en el sistema de control.

Existen varios tipos de equipos de tracción, de los cuales se pueden diferenciar principalmente en equipos eléctricos, los cuales pueden ser motores síncronos o asíncronos, con reductora o sin reductora, etc; y en equipos hidráulicos. Esto se encuentra más desarrollado en el apartado 6.5.

Además, en este tipo de aplicación que se está tratando, se debe considerar que los equipos de tracción a utilizar son distintos entre ellos, ya que existe una diferencia de cargas a mover entre cada uno de los ejes.

4.5. Normativa

El diseño de los sistemas de almacenamiento de vehículos debe cumplir las normativas vigentes correspondientes las cuales son las siguientes:

- DIN EN 14010.
- CTE 2006.
- Normativa Europea de Máquinas (98/37/CE y 2006/42/CE).
- Ordenanza de Aparcamientos correspondiente al municipio.
- Recomendaciones de diversos departamentos de prevención de incendios.

5. Requisitos

En este punto se van a mostrar los requisitos que debe cumplir la propuesta de aparcamiento robotizado, siempre pensando que esta es la más adecuada para el mercado actual y también de cara al futuro, con vista futuras implementaciones.

El tipo de aparcamiento que se desea realizar está pensado para un uso privado para varios propietarios, orientado a las grandes ciudades y en donde sea posible implementar esta opción tanto en edificios que no dispongan de aparcamiento, como en aquellos donde se quiere modificar el aparcamiento clásico por este tipo de solución. Esto permite que la superficie por plaza sea mucho menor con respecto a los parking convencionales.

Para este proyecto se va a considerar que el aparcamiento debe tener 9 plazas de aparcamiento, más una plaza destinada a la cabina de recepción y entrega del automóvil. Será un aparcamiento de tipo alto – bajo rasante, con 3 plazas ubicadas en alto o en el primer piso, 3 plazas ubicadas a la misma altura que la cabina de recepción, y 3 ubicadas en el sótano.

El aparcamiento al estar enfocado a la comodidad del cliente, los tiempos deben ser mínimos, oscilando entre los 90 segundos y los 200 segundos según la plaza en la que se deba aparcar el vehículo, con el objetivo de que los clientes no tengan que esperar en exceso para poder disponer de sus coches. Para ello, también se piensa en la implementación de un sistema de espera, en donde si el cliente llega, pero el sistema se encuentra ocupado, no tenga que esperar hasta que finalice el proceso este para identificarse. Al llegar, el usuario puede identificarse y cuando el aparcamiento haya finalizado con el proceso en el que se encuentra, atienda directamente la petición del usuario en espera.

Otro de los métodos de ahorro de tiempo será la implementación en el modo automático de manera optimizada, pensado para aquellos momentos del día donde puedan venir varios propietarios a aparcar su vehículo. Cuando el sistema finalice cualquier proceso, sea de recogida o devolución del vehículo, este siempre acabará con la plataforma de traslado ubicada en el punto de recepción.

Como otra idea que debe existir, el aparcamiento deberá tener la capacidad de realizar el movimiento simultáneamente en los ejes X e Y, con la misma premisa de reducir los tiempos.

El aparcamiento debe estar pensado para albergar una gran variedad de modelos de turismo, con distintas características con respecto a sus dimensiones y a la masa que tengan estos, y como se ha especificado en el apartado 4.2.2, la carga máxima es de 2500 kg. Las dimensiones máximas del vehículo podrán ser de 5,20 metros de largo, por 2,10 metros de ancho y una altura máxima variable entre 1,60 y 2,00 metros. Aunque haya variedad entre ellos, el sistema debe ser capaz de presentar un comportamiento adecuado en todo momento.

Tal y como ha sido nombrado en el apartado 1, el sistema de control que se vaya a implementar debe ser ideado para poder reutilizarse en futuros proyectos y en donde las modificaciones que pueda sufrir el programa sean leves o mínimas. Esto debe ser la premisa a la hora del planteamiento de la parte electrónica correspondiente. Además, debe estar pensado para poder aplicarse a distintos tipos de equipos dentro del ecosistema de la empresa Siemens, ya que las herramientas de desarrollo son de dicha empresa.

El código debe ser modular, por si en caso de necesitar alguna modificación futura para mejorarlo o directamente reutilizarlo para otro proyecto como se ha comentado con anterioridad, con el objetivo de reducir de esta forma los tiempo de ingeniería invertidos para dicho fin.

Tener la posibilidad de implementar distintos modos de funcionamientos para las diversas situaciones en la que se pueda encontrar el personal encargado de la vigilancia del sistema. El sistema de supervisión incorporará distintas pantallas por las cuales el personal pueda navegar y diferenciando los modos de funcionamiento, para que resulte sencillo de interpretar la información que se les proporciona mediante dicho sistema, sin la necesidad de albergar mucha información en una única pantalla, lo cual es contraproducente.

Visualizar a tiempo real información relevante como es la posición del sistema portador de vehículos, el estado de las plazas y del aparcamiento en general con un semáforo de estados.

Por otro lado, que se tenga un registro de los errores que surjan en el sistema, informando cual es el error, cuando ha sucedido y el estado de este.

Realizar un modo de mantenimiento, lo cual es indispensable en las máquinas de hoy en día, en donde un operario cualificado sea capaz de evaluar y solucionar los desajustes que puedan surgir en el aparcamiento.

Implementar sistemas de tracción para el sistema de elevación como se ha explicado en el apartado 4.4, calculando las secciones de cableado con respecto a la normativa vigente y las protecciones eléctricas que debe incorporar.

6. Estudio de soluciones alternativas

En este apartado se van a mostrar distintas ideas y soluciones existentes dentro de la industria para la implementación de aparcamientos automatizados, y de los cuales se va a adoptar una de las propuestas que se encuentran en el mercado dentro de cada uno de los ámbitos que se desarrollan a continuación.

6.1. Tipos de sistemas de aparcamiento automatizado

Para este apartado, se van a tratar los distintos tipos de aparcamientos automatizados que existen, ya que la diferencia principal que existen entre ellos es el sistema de almacenamiento de vehículos.

Se debe tener en cuenta que la ubicación deseada para el aparcamiento que se está ideando, es una zona urbana, de uso para un público general, con vistas a reducir los tiempos de dedicación y la seguridad de los vehículos.

6.1.1. Aparcamiento tipo torre

Este sistema está ideado para mover los vehículos de forma automática con el uso de un elevador vertical o torre que ubica el coche a la altura deseada y luego lo desplaza horizontalmente, para estacionarlos en la plaza correspondiente.

Esta solución está orientada a edificios residenciales o industriales de mediana a gran escala, así como edificios destinados a negocios de parking.

Como ejemplo más popular, se encuentra las *Car Tower* de la multinacional germana Volkswagen, el cual se ha hablado previamente y se puede ver en la Ilustración 4 del presente documento.

Este tipo de aparcamiento tiene una gran capacidad de almacenamiento, lo cual es una de sus ventajas más importante. Otra ventaja es la seguridad que tiene, ya que se encuentra dentro de un edificio dedicado para tal fin.

Sin embargo, suelen ser tipos de aparcamientos pensados para un uso más industrial y no tanto en las ciudades, ya que suelen necesitar la realización de un edificio nuevo y, por consiguiente, según el proyecto, puede ser un impedimento para su realización debido a las normativas municipales que pueda existir relacionadas con la altura máxima o la contaminación visual según la ubicación en la que vaya a construirse.

Además, es un tipo de aparcamiento que necesita de una mayor cantidad de desarrollo y diseño para su aplicación final.

6.1.2. Aparcamiento tipo noria - carrusel

Este sistema está ideado para ser operado directamente por el conductor, puesto que, al identificarse, por ejemplo, con el uso de una llave electrónica, indica el número del espacio correspondiente al vehículo.

Inmediatamente, el estacionamiento comienza a girar, detectando el sentido en el que el giro sea menor, para ofrecer la plaza en la que se puede aparcar el vehículo, en donde el conductor deposita el coche y lo extrae. La noria permanece inmóvil hasta la llegada de otro conductor.

Existen los sistemas tipo noria tanto en orientación vertical como en horizontal. De este último, se puede observar en la Ilustración 3 un esquema de su funcionamiento.

Son sistemas que pueden ubicarse tanto al aire libre como en edificios ya existentes o incluso dentro de un aparcamiento convencional, lo cual es una ventaja considerable y le permite su utilización en grandes ciudades.

Sin embargo, una de las desventajas más significativas es que no aprovechan todo el espacio que se dispone como puede ser el caso de otros tipos de aparcamiento. Además, de su limitación de plazas de aparcamiento. No presenta un punto de recepción y recogida específico para el cliente. Al ser una estructura y dejar los coches al descubierto por la ausencia de una estructura física dedicada para el almacenamiento de los vehículos, sobre todo en el caso de los aparcamientos al descubierto, estos tienen el riesgo de dañarse por agentes externos como pueden ser la climatología o actos vandálicos.

6.1.3. Aparcamiento tipo lift & slide – tipo Puzzle

Como bien aparece en el título de este subapartado, este sistema se conoce más con el sobrenombre del tipo Puzzle. Está pensado para acceder de forma independiente a cada espacio para aparcar.

Cuenta con una estructura que posee varias plataformas que desplazan los vehículos en la dirección que sea necesaria (arriba, abajo, izquierda y derecha) para ubicarlo en el espacio más adecuado. Se pueden usar tanto dentro de edificios como al aire libre.

Tal y como se observa en la Ilustración 11 (Hidrolifts, 2018), hay un espacio con el tamaño correspondiente a una plaza. Este espacio permite al equipo de control realizar los cálculos para mover las distintas plataformas hasta dejar la del cliente en el piso inferior, ya sea para estacionar o dejando el vehículo para poder ser recogido por su propietario.



Ilustración 11. Sistema de aparcamiento tipo puzzle

Este sistema tiene como ventaja poder utilizarse en aparcamientos ya existentes en donde se quiere aumentar el número de plazas disponibles. Además, por su forma, se acopla a gran cantidad de sitios a diferencia del tipo noria, 6.1.2. Puede utilizarse tanto en espacios abiertos como en edificios destinados a tal fin.

Sin embargo, presenta como gran desventaja la menor cantidad de plazas disponibles con respecto a otros tipos de aparcamiento. Por otro lado, este tipo de aparcamiento carece de un punto de recepción y recogida específico para mayor comodidad del cliente. Del mismo, al ser una estructura, los vehículos quedan al descubierto, permitiendo así que los coches puedan sufrir daños por agentes externos.

6.1.4. Aparcamiento tipo multi pack – rack & rail

Se trata de un sistema orientado para parking que presentan un tamaño mediano - grande. Este tipo cuenta con un elevador que mueve los coches de forma automática y los transfiere a una plataforma que los desplaza de forma horizontal y ubicándolo en la plaza correspondiente. Están pensados para aparcamiento con gran cantidad de niveles.

Con este tipo, el conductor únicamente debe dejar el vehículo en un punto de recepción y el sistema se encarga de aparcarlo. Del mismo modo, para retirarlo.

Este tipo de aparcamiento está más orientado a un sistema mecatrónico y, además, porque es el que está más orientado para un uso particular y en las ciudades de los que se han visto, ya que cumple con la premisa de necesitar un solar de poca superficie para la edificación. Otra de las ideas a destacar es que este sistema se puede implementar en edificios ya existentes que quieran modernizar su aparcamiento y del mismo modo conseguir un mayor número de plazas. Por ello también, presenta mayor seguridad que en los casos anteriores de aparcamiento tipo noria, 6.1.2 y el aparcamiento tipo puzzle, 6.1.3.

Además, es un sistema que tiene gran capacidad de posibilidades en el sentido de tipo de aparcamiento, tanto en alto, como bajo rasante o para aparcamientos alto y bajo rasante, lo que les permite una mayor adaptación a las normativas municipales, desventaja del tipo torre, 6.1.1.

Por otro lado, es un tipo de aparcamiento dotado con un punto de recogida y recepción específico, pensado para el confort del usuario.

Sin embargo, es un sistema más complejo en su diseño, necesitando más tiempo de desarrollo que en el caso de los aparcamientos aparcamiento tipo noria 6.1.2 y el aparcamiento tipo puzzle, 6.1.3.

6.2. Tipos de sistemas de plataforma de traslado de vehículos

En este subapartado se van a desarrollar los dos tipos de unidades de almacenamiento y recuperación de vehículos que se van a estudiar.

La función de este elemento principal se encuentra descrita en el apartado 4.2.3, y el cual es de gran importancia ya que es el que se encuentra en contacto con el automóvil.

6.2.1. Sistema intercambiador de plataformas

La base de funcionamiento de este modelo de traslado de vehículo es la del intercambio de plataformas. El vehículo se deposita en una plataforma en el punto de recepción, en donde se recoge junto a esta, la cual se ubica en la guía superior de la estructura. Con esto comienza el proceso de transporte del automóvil a su plaza de aparcamiento.

Cuando el robot se ubica en la plaza, se realiza la transferencia de plataformas. Los motores de las guías superiores se ponen en funcionamiento al mismo tiempo en el caso de los motores inferiores, aunque estos funcionan en sentido contrario. Mientras la plataforma superior en donde se encuentra el coche es expulsada del equipo, en la guía inferior se recoge la plataforma que se encontraba ubicada en la plaza.

El proceso es justamente al revés cuando se trata de la operación de devolución del vehículo.

A modo orientativo, en la Ilustración 12 (Valverde Castaño, 2011) se muestra un esquema con el funcionamiento de transferencia de plataformas.

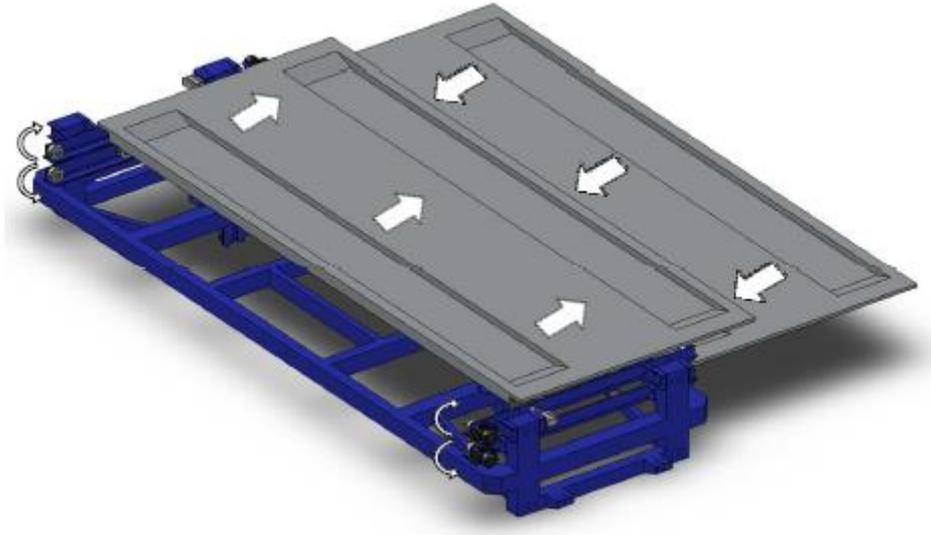


Ilustración 12. Sistema de transferencia de plataformas

6.2.2. Sistema transportador de vehículos

La otra propuesta de funcionamiento del equipo de transporte de vehículos se basa en la utilizada por la empresa alemana Volkswagen y que se puede observar como ejemplo en el apartado 2, en la Ilustración 6, en donde el coche se encuentra directamente en contacto con el sistema de almacenamiento.

Se trata de una plataforma móvil que se desplaza de forma recta para la recogida y retirada del vehículo. En ella van incluidos unas piezas para el anclaje que hacen el funcionamiento de cuña para que se anclan en los neumáticos y permiten así tener el vehículo en disposición para que el movimiento de traslado sea de forma segura dentro del aparcamiento. Durante el proceso de recogida del vehículo por parte de la plataforma, el sistema de anclaje debe estar recogido para evitar daños.

Con la recogida del vehículo, la plataforma retrocede, volviendo así a la estructura y comenzando el traslado a la plaza de aparcamiento correspondiente. En todo momento, el sistema de anclaje se encuentra activo para evitar cualquier movimiento en el vehículo que pueda producir un daño en este.

Cuando el sistema se encuentra en la plaza correspondiente, vuelve a desplegar la plataforma con el vehículo encima y se ubica en la plaza. Para el movimiento de la plaza y evitar rozamientos, se utiliza unas guías ancladas al suelo de la plaza por las cuales se desplaza la plataforma. Cuando se encuentra ya ubicada, el sistema de anclaje suelta el vehículo y se recoge.

Para el proceso de devolución, las etapas del proceso tienen el orden invertido a lo explicado.

A modo de ejemplo, se muestra un caso real en la Ilustración 13 con este tipo de sistema en funcionamiento.



Ilustración 13. Sistema de transporte de vehículos

Esta opción permite mayor polivalencia que en el anterior a la hora de atender a coches de distinto tipo, mayor seguridad puesto que el vehículo se encuentra anclado y ahorro en material, ya que no es necesario tener el mismo número de plataformas como plazas tiene el aparcamiento.

6.3. Subsistema de control

En este subapartado se va a abordar los distintos sistemas de control que existen y que se pueden utilizar para el control de la unidad de almacenamiento y recuperación para el funcionamiento automatizado del aparcamiento.

Se trata del equipo que permite ejecutar el proceso y funcione el aparcamiento de la forma en la que se desea, realizando el desarrollo e implementación del programa de control correspondiente.

6.3.1. PLC

Los PLC (Programmable Logic Controller), o autómatas programables, son equipos computacionales utilizados en la ingeniería de la automatización, con el objetivo de controlar la maquinaria de una aplicación industrial.

Se tratan de dispositivos programables, mediante el uso de un software específico, y que ejecutan el programa que incorporan de forma cíclica y en muy poco tiempo, en milisegundos.

Como en el caso de un ordenador, los PLC incorporan una CPU, que se encarga de ejecutar el programa que se ha escrito por parte del usuario, el cual se encuentra almacenado en la memoria. Además, incluye módulos de entrada y salida y la fuente de alimentación.

La función que tiene este equipo es la de detectar diversas señales del proceso y la de elaborar y enviar acciones según el programa que está ejecutando en respuesta a estas. Además,

recibe configuraciones de los programadores y da información a los mismos, aceptando modificaciones de programación cuando sea necesario.

A diferencia de lo que es una computadora, el PLC está diseñado para trabajar con múltiples señales de entrada y salida, un amplio rango de temperatura, son inmunes al ruido eléctrico, resistentes a las vibraciones y a los impactos.

Por tanto, las características principales y ventajas de los autómatas programables son las siguientes:

- Diseñados para resistir en un entorno industrial y con alta inmunidad al ruido electromagnético.
- Flexibilidad respecto a futuras modificaciones en el proceso de control. Esto se realiza reprogramando las líneas de código deseadas sin necesidad de modificar el entorno hardware (cableado o aparatos).
- Posibilidad de adecuar su arquitectura a las necesidades estrictas de diseño y funcionamiento gracias a la estructura modular que presentan.
- Posibilidad de aumentar sus prestaciones gracias al uso de módulos o tarjetas de expansión.
- Control de varias máquinas con un mismo autómata.
- Control preciso con alta rapidez de respuesta.
- Gran capacidad de comunicación y posibilidad de utilizar módulos especiales de comunicación.

Sin embargo, y como sucede en el caso de otros equipos, las desventajas que presentan este tipo de equipos son la de necesitar un equipo técnico cualificado específicamente para su puesta en marcha, el correcto funcionamiento de los mismo y el mantenimiento.

6.3.2. Sistema embebido

Se tratan de sistemas computacionales diseñados para realizar una o varias funciones dedicadas, que normalmente son a tiempo real.

Son plataformas de hardware libre, basadas en placas con un microcontrolador y su entorno de desarrollo, diseñadas para proyectos de distinta índole y facilitar el uso de la electrónica en los mismos.

Existe variedad en este tipo de equipos, como son las plataformas *Arduino* o *Raspberry Pi*. Esto permite que según la aplicación a la que vaya destinada el equipo, el usuario pueda elegir el más adecuado para cada circunstancia, comparando la potencia de computación y el coste que tenga la placa que vaya a necesitar. Además, suele existir una gran comunidad detrás de estos sistemas, por lo hay una gran cantidad de información en lo que a *software* se refiere.

Suelen estar enfocadas para aplicaciones domésticas o industriales, de carácter no crítico, es decir, que no requieren una velocidad de ejecución elevada en tema de señales y de datos.

Presentan una gran sencillez de programación, versatilidad, y de coste. Este último, tanto inicial como de expansión, ya que existe *hardware* muy asequible y son sistemas muy flexibles,

por lo que, en caso de necesitar una mejora en el equipo o una modificación, estos están preparados para ello.

Sin embargo, y como bien se ha comentado previamente, son equipos destinados a procesos no críticos, y no presentan la robustez y la fiabilidad como en el caso de los autómatas programables.

6.4. Tipos de sistemas de supervisión

Los sistemas de supervisión son los encargados de hacer de nexo entre el sistema de automatización y la persona encargada de la supervisión de este, el técnico u operario.

En ellos se muestra la información necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos que conforman la aplicación, y desde el cuál, las personas pueden actuar en caso de ser necesario y de supervisar el funcionamiento de este.

En este caso, se van a hablar de las dos principales opciones que existen en el mercado y que a diferencia de lo que se ha visto en otros apartados de los distintos tipos de sistemas que existen, como son en los casos de los apartados 6.1 y 6.2, estas pueden ser complementarias en ciertas aplicaciones dentro del ámbito industrial.

6.4.1. Scada

La palabra SCADA son las siglas de *Supervisory Control And Data Acquisitio*, y se trata de un sistema de control industrial encargado de la supervisión, el control y la adquisición de datos, con el objetivo de diagnosticar errores, gestionar la producción y, en definitiva, mejorar los procesos industriales.

Esta opción sirve para supervisar grandes instalaciones, monitorizar y controlar cada una de las fases del proceso a tiempo real, permite establecer alarmas, programar tareas automáticas, almacenar gran cantidad de datos y con la posibilidad que varias personas puedan interactuar con el proceso que supervisa, ya sea de forma local, como remota. Por ello, son sistemas potentes.

Son sistemas escalables, con el objetivo de lograr una mayor conectividad entre los equipos. De esta forma, el sistema permite ir montando una fase sobre otra hasta cumplir con las exigencias que el usuario necesita para hacer eficiente el control y la gestión de producción.

6.4.2. HMI

En este caso, HMI proviene de las palabras Human Machine Interface, que como su propio nombre indica, se relaciona con la interacción entre el hombre y la máquina.

Este sistema permite conocer información sobre el funcionamiento a tiempo de los equipos a través de paneles o visualizadores gráficos a tiempo real.

Los datos son mostrados en pantalla y administrados por lo operarios, permitiendo que la toma de decisiones sea en el menor tiempo posible.

Por ello, el HMI se utiliza más para monitorizar o visualizar lo ejecutado desde el SCADA, por lo que hace a ambos sistemas complementarios como se ha comentado previamente.

6.5. Tipos de sistemas de tracción

Como ha sido comentado previamente en el punto 4.4, los sistemas de tracción son los encargados de transmitir el movimiento al sistema según la orden que haya sido llevada a cabo por parte del subsistema de control, y siguiendo un orden lógico y adecuado, puesto que cada uno de los procesos que realiza el aparcamiento, tienen una secuencia concreta de movimiento.

Para este proyecto, se desarrolla el equipo de tracción correspondiente a la parte elevadora del aparcamiento, en donde se pueden diferenciar dos principales opciones: tracción hidráulica o tracción eléctrica. Dentro de esta última, existe una gran cantidad de opciones según el tipo de motor que se seleccione.

6.5.1. Tracción hidráulica

Se trata de un sistema en el que el movimiento se obtiene gracias al uso de un fluido, que suele ser el aceite, el cual es inyectado a presión mediante un grupo de válvulas, desde un depósito hasta el pistón que está formado por un cilindro y un émbolo.

Se utiliza un motor más una bomba encargada de la inyección del fluido, que únicamente funciona en el movimiento ascendente, ya que, para el movimiento de bajada, se abren las válvulas permitiendo que el aceite salga del pistón.

Como ventaja principal de este sistema, es la posibilidad de instalarse en espacios reducidos y la deslocalización de la sala de máquinas. Presenta un funcionamiento más suave que en el caso de la tracción eléctrica.

No necesitan de contrapeso y tienen menor necesidad de mantenimiento puesto que los componentes están expuestos a un menor desgaste.

Sin embargo, se trata de un sistema enfocado para pocas alturas, que presenta menor velocidad en comparación con los eléctricos, lo que hace que la premisa de tener tiempos reducidos en el aparcamiento se vea afectada.

6.5.2. Tracción eléctrica

Son aquellos mecanismos en los cuales se utilizan un motor eléctrico como tracción. Cuenta con un sistema de suspensión formado por una cabina o, como es el caso, la unidad de almacenamiento y la plataforma de traslado de vehículos, y un contrapeso. La tracción se consigue mediante la adherencia de los cables sobre la polea motriz de la máquina y un freno electromecánico.

A diferencia de la tracción hidráulica, la tracción eléctrica se acciona tanto en los movimientos de subida como de bajada, pero únicamente necesita de un motor, ya que, en el caso de los hidráulicos, se necesita además del motor, una bomba para impulsar el fluido.

Los sistemas eléctricos tienen una mayor regulación que los hidráulicos con el uso de los variadores de frecuencia, lo cual permite que los tiempos de los procesos sean menores respecto a los hidráulicos. Además, no precisan de una instalación de alimentación con tanta potencia de contratación como los otros.

Por otro lado, están orientados a aplicaciones con mayor distancia de recorrido y que cuentan con un uso de mayor frecuencia.

Dentro de la tracción eléctrica, se encuentran varios tipos de motores:

- **Motores con reductora / Motores asíncronos**

Son aquellos motores que precisan de una reductora para poder transmitir el movimiento al elevador que deben accionar. Esto puede ser una desventaja, ya que hay más cantidad de elementos mecánicos, y, por tanto, existe mayor rozamiento y mayor probabilidad de fallo.

Dentro de los motores con reductora, se pueden diferenciar motores de dos velocidades o de una velocidad regulada con un variador de frecuencia. Es cierto que en el pasado existían los motores de una velocidad sin variador, pero obviamente se trata de un sistema que su desventaja principal es la falta de regulación de velocidad, algo fundamental para la aplicación de un aparcamiento eléctrico.

Como ha sido comentado, gracias al avance de la electrónica, los variadores de frecuencia permiten una regulación de velocidad correcta.

Los motores utilizados son los asíncronos, los cuales presentan una construcción simple y más robusta que en el caso de su homónimo, los motores síncronos. Este tipo de motor tiene un coste más reducido que estos últimos.

- **Motores Gearless / Motores síncronos**

Son aquellos motores que no precisan de un sistema de una reductora para poder transmitir el movimiento al elemento elevador del aparcamiento.

Se trata de motores de imanes permanentes que no necesitan un sistema reductor para su regulación. Mediante el uso de un variador de frecuencia, se consigue el control adecuado de este tipo de máquina.

Presenta una mayor estabilidad con el control de un variador de frecuencia en comparación con los motores asíncronos. Permite una alta gama de regulación de la velocidad.

Sin embargo, presentan un coste de fabricación más elevado y tienen menor robustez que los motores asíncronos.

7. Propuesta adoptada

En este punto se va a desarrollar las distintas áreas de la solución elegida para la aplicación, tratando de cumplimentar lo descrito en los apartados anteriores.

En primer lugar, y como ha sido comentado en el apartado 5, el aparcamiento a dimensionar tendrá 9 plazas, y su estructura de almacenamiento será del tipo *altura – bajo rasante*, y orientado para su uso en ciudad, por lo que el sistema de aparcamiento que se va a utilizar es el de tipo *Multi pack – rack & rail*, explicado en el punto 6.1.4. Esto afecta directamente a la hora de la creación del código del sistema, puesto que se debe considerar el comportamiento de este tipo de aparcamiento. Esto se encuentra desarrollado en el apartado 7.3.

El tipo de sistema de plataforma que se ha seleccionado ha sido el de transportador de vehículos, pensando en que se quiere utilizar el menor equipo posible, por ende, el hecho de evitar la utilización del sistema intercambiador de plataformas permite que, en vez de necesitar una cantidad de 10 plataformas, únicamente se utilice una con un sistema de anclaje del vehículo que lo hace más seguro.

Para el subsistema de control se ha seleccionado la opción del autómatas programable, debido a que se necesita un dispositivo que tenga las prestaciones necesarias para poder controlar todos los equipos que incorpora el aparcamiento. Además, son equipos que presentan una alta robustez y que, a futuro, en caso de realizar una modificación o en un nuevo proyecto, tienen la capacidad de ser adaptativos y de poder realizar modificaciones. Por otro lado, el sistema de supervisión que se va a utilizar será un sistema *scada*, puesto que tiene la capacidad de mostrar los datos a tiempo real y el sistema de supervisión estará en un software instalado en un PC, con la idea de supervisar el aparcamiento a distancia. Otro de los puntos para tener en cuenta, es que la empresa instaladora debe tener acceso también a la interfaz gráfica, pensando principalmente desde otro PC, para poder tener la mayor cantidad de datos posibles en caso de haber un funcionamiento errático en el aparcamiento. Toda esta información está desarrollada en el apartado 7.3.

Por último, el equipo de tracción que se ha escogido para el sistema de elevación ha sido de tipo tracción eléctrica por su capacidad de control de velocidad, haciendo que el tiempo de cada uno de los procesos sea el mínimo posible. Dentro de los equipos eléctricos, se ha decidido utilizar los motores asíncronos controlados por variador de frecuencia, ya que es un motor robusto y de precio más reducido que en el caso que los servomotores o motores síncronos. Además, y gracias al avance de la electrónica en el campo de los variadores de frecuencia, el control que se lleve a cabo cumplirá con las exigencias de una aplicación como la del aparcamiento.

A continuación, se desarrollan cada una de las áreas correspondientes a los tres fundamentos básicos de la mecatrónica, en donde la mecánica ha sido estudiada con el diseño del equipo de traslado de vehículos, la eléctrica con la selección del motor para el sistema de elevación, con los cálculos necesarios para el dimensionado del cableado y, por último, la parte electrónica, con el sistema de control que permite el correcto funcionamiento de la aplicación.

7.1. Diseño de sistema de traslado de vehículos

En este apartado se explicará y describirá el diseño de la plataforma móvil, la encargada de aparcar los vehículos, lo cual corresponde al segundo objetivo parcial propuesto en el apartado 1, y que aborda la parte mecánica del trabajo fin de máster.

El diseño ha sido realizado íntegramente con el software CAD 3D SolidWorks, en su versión del año 2019. Esto permite mostrar de una forma más sencilla e intuitiva aspectos mecánicos del productos y los movimientos que debe realizar el robot. Otra de las ventajas del software es que permite realizar estudios mecánicos que se quieren abordar.

El diseño que se propone es conceptual, esto quiere decir que es un prototipo básico y que faltan elementos indispensables para poder llevarlo a su construcción en la vida real, como son los elementos de tornillería, rodamientos, etc. Por lo que, en caso de llevarse el modelo a su construcción, sería necesario un estudio más exhaustivo de esta parte del aparcamiento. Sin embargo, y como uno de los objetivos que se quería obtener en este apartado, es la de acompañar con imágenes del modelo las explicaciones de la memoria y de esta manera sea más sencillo para el lector la comprensión de la idea propuesta por el autor.

El diseño propuesto está altamente inspirado en el equipo que incorpora las *Car Towers* de la fábrica de Volkswagen en Wolfsburg, y el cuál ha sido mostrado en la Ilustración 6 del presente proyecto. Hay que considerar que el sistema de Volkswagen es para un aparcamiento tipo torre, mientras que el del proyecto, y tal como se comentó, la propuesta es la de realizar un aparcamiento tipo *multi pack – rack & rail*.

En este apartado se explicarán los elementos que conforman el robot, el estudio de movimiento y la hipótesis del estudio de cargas de la pieza de anclaje del vehículo.

7.1.1. Partes constituyentes

En este subapartado van a explicarse los elementos principales que conforman el sistema de traslado de vehículos.

El sistema de aparcamiento se divide principalmente en dos parte, la estructura, que se encarga de ser la base principal del equipo, o el esqueleto de este, y en donde los movimientos que le corresponde son los del eje X e Y.

La otra parte es la plataforma portadora de los automóviles, encargada del movimiento del eje Z, y en donde se encuentra el sistema de anclaje del vehículo durante el traslado.

7.1.1.1. Estructura

La estructura es la encargada de los movimientos longitudinal y de elevación del equipo. Está formado por dos columnas y una base, por lo que puede considerarse el esqueleto principal de la unidad de almacenamiento. Está formada por dos elementos:

- Transportador

El transportador es el encargado del movimiento longitudinal del robot en el garaje, el cual se ha denominado eje X.

Para el movimiento, se incorpora unos raíles planos en el suelo del hueco del garaje, por donde deslizará el conjunto. Se deberá considerar el uso de unos centradores que eviten un posible movimiento transversal que haga a la estructura salirse de la guía.

Se trata de un chasis acero formado por una base rectangular y dos columnas. Las columnas se montan sobre la base y son las encargadas de aguantar el peso del sistema. Además, de ser las guías para el movimiento ascendente y descendente.

- Elevador

Como se ha mencionado en el último párrafo, este se encontrará en las columnas de la estructura principal del robot y es el encargado del movimiento en el eje Y.

El mecanismo se basa en principio de contrapeso para la elevación, como es el caso de los ascensores o montacargas. Será necesario la utilización de un contrapeso y con el uso de un motor será lo que permita la transmisión de movimiento y vencer las fuerzas para el movimiento de las cargas, tanto el vehículo como el equipo portador de este.

Puede utilizarse tanto un sistema de cables y poleas, como un sistema de piñones y cadenas. Esto son propuestas que se deberían de estudiar a la hora de realizar el diseño definitivo de la aplicación para su construcción.

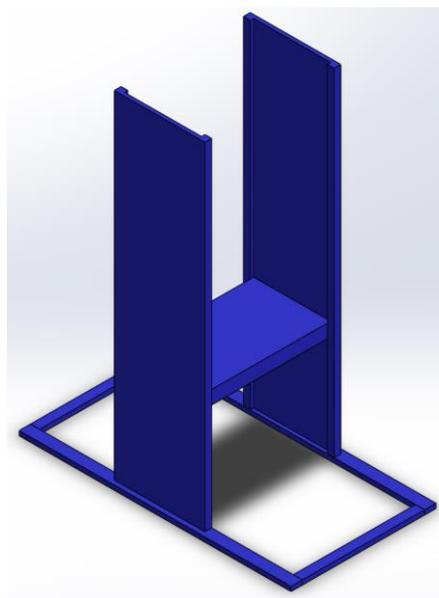


Ilustración 14. CAD de la estructura

7.1.1.2. Plataforma

Es la parte en la que se apoya el vehículo y, por tanto, la más importante del conjunto. En ella, no solamente se estacionará el vehículo, además, deberá estar anclado y permitir el movimiento de este en el eje Z, para depositar el coche en su plaza correspondiente, en el punto de recepción y de la misma manera, recogerlo.

Las partes que conforman la plataforma son:

- **Base**

Se trata del punto de apoyo del vehículo y al cuál el sistema de elevación transmite el movimiento que permite que el coche sea posicionado en el eje Y.

La base deberá incluir un sistema de guías que permita el movimiento del elemento carrito, para que este deslice sobre esta y mueva el vehículo.

- **Carrito**

Es el elemento encargado de mover el automóvil en el eje Z, y el cuál se encuentra normalmente en la base.

Deberá ser accionado por un motor que permita a este deslizarse sobre la base y también sobre las plazas de aparcamiento y la recepción. Por ello, deberá incorporar un sistema de ruedas.

El carrito será la pieza en la cual se ubiquen los sistemas de anclajes de las ruedas.

- **Anclajes**

Se trata del sistema encargado de evitar el movimiento del vehículo durante la fase de transporte.

La idea de su diseño inicial es la de ser un sistema móvil y retráctil capaz de ajustarse al tamaño de la rueda de cada vehículo.

Son piezas críticas, ya que, al estar en contacto directo con el vehículo, son las que soportarán la carga de este.

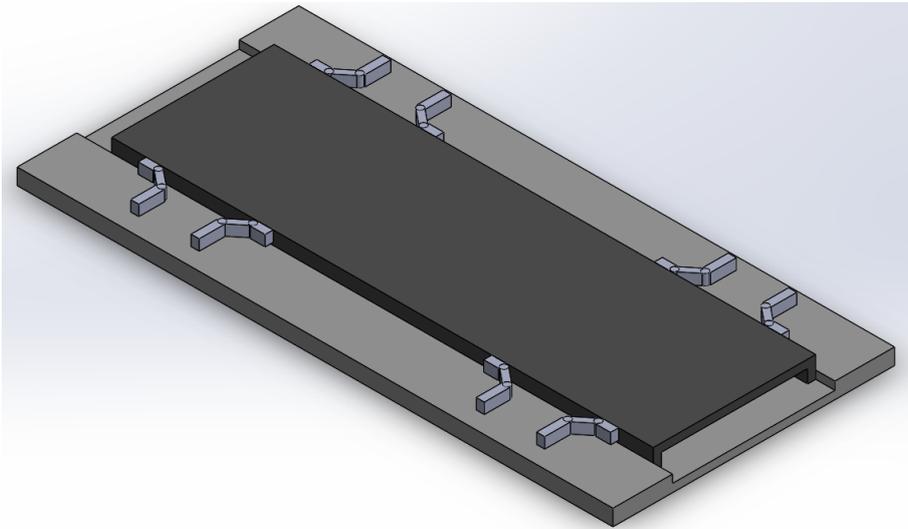


Ilustración 15. CAD de la plataforma

7.1.2. Estudio de movimiento

En esta parte se va a detallar los movimientos que debe realizar el sistema robot en cada una de las etapas que corresponde el proceso de aparcamiento de un vehículo.

Tal y como se muestra en el apartado 7.1.1.1, la estructura es la encargada del movimiento en los eje X e Y, permitiendo ubicar el robot en cualquiera de las plazas que componga el garaje. Con esto, se posiciona en el punto adecuado la plataforma, que es el elemento en donde reposa el vehículo durante los proceso de aparcamiento y de devolución.

Por parte del sistema de plataforma, el movimiento principal es el del carrito, ya que se mueve en lo que se ha denominado eje Z, y que por tanto permitirá al sistema ubicarse por completo en la posición para la recogida del vehículo y la deposición de este.

Por último, y seguramente los movimientos más complejos, deberán ser llevados a cabo en el sistema de anclaje de la máquina. Tal y como se observa en la Ilustración 15, los sistemas de anclajes se encuentran accionados, por los que el proceso sería en el punto en donde el vehículo se encuentra fijado a la plataforma y el robot puede moverse sin problema.

Sin embargo, esta posición no es viable en la situación en la que el sistema debe recoger el vehículo o depositarlo, ya que según lo visto en la Ilustración 15, al producirse el movimiento sobre el carrito, el sistema de anclaje tocaría con las ruedas, produciendo daños tanto en el vehículo como en el propio aparcamiento.

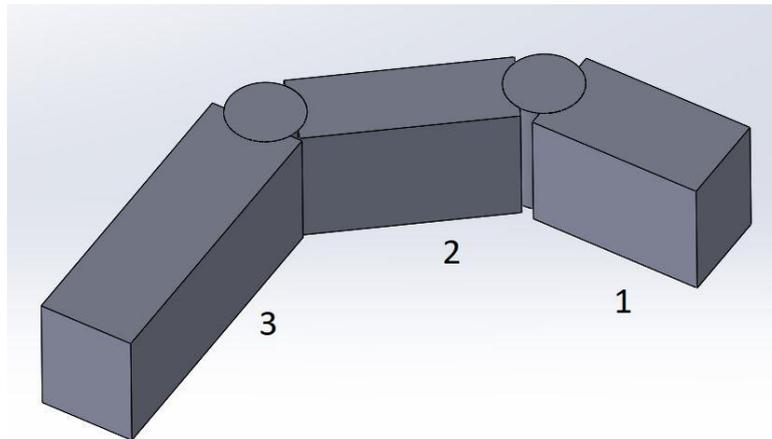


Ilustración 16. Detalle de pieza de anclaje en posición de amarre del vehículo

Para evitar esto, el sistema está ideado para que el anclaje que se encuentra en la posición de amarre como se observa en la Ilustración 16, la pieza 1 se mueva longitudinalmente sobre el carrito, permitiendo así una separación con la otra pieza de amarre de la rueda.

Seguidamente, la pieza 3 se alinearé con la pieza 2, quitándose las piezas de contacto parcialmente de la posición en la que podría contactar con alguna de las ruedas del vehículo en la fase de recogida.

Por último, la pieza 2, girará sobre la pieza que une esta con la 1, permitiendo así alinearla con esta última y poniendo la pieza al completo paralelamente con el carrito. Con esto, se consigue quitar la pieza por completo de la posición en las que se encuentran las ruedas en la base.

El resultado de este proceso que ha sido descrito se muestra la Ilustración 17.

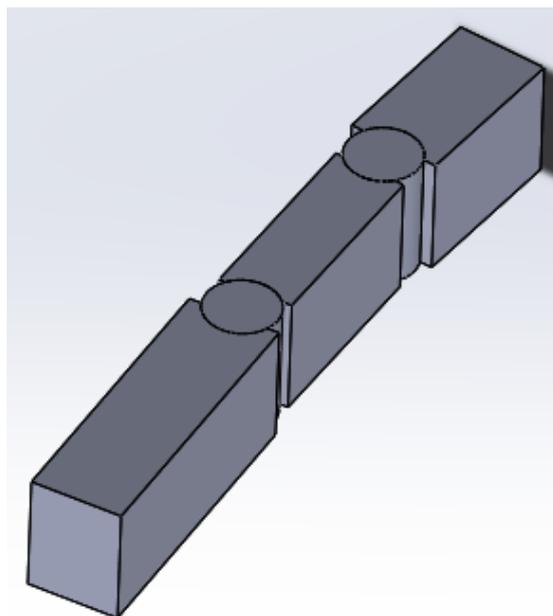


Ilustración 17. Pieza de anclaje en posición de recogida del vehículo

Por ello, el resultado final del movimiento del sistema de anclaje, junto con el del carrito, en el momento de recoger y de depositar el coche sería el que se muestra en la Ilustración 18

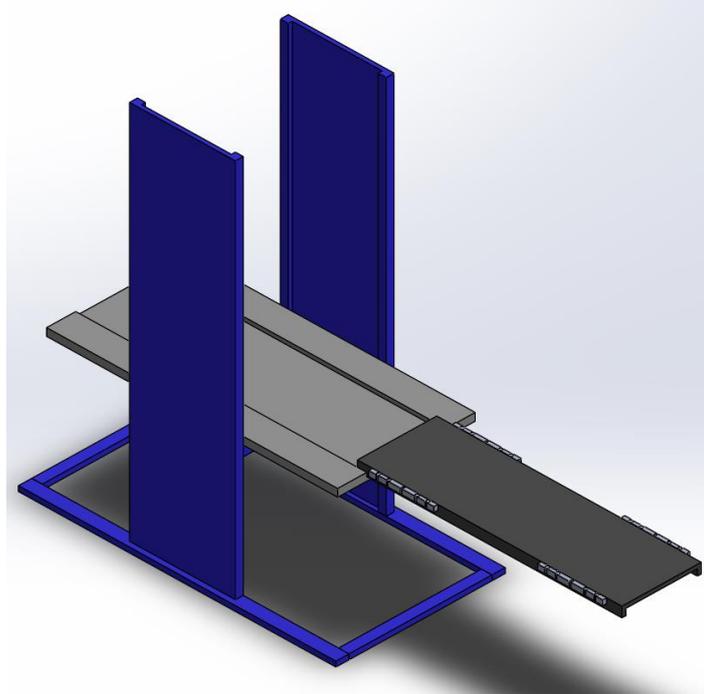


Ilustración 18. Robot en posición de movimiento del carrito con sistema de anclaje recogido

En la situación en la que el carrito se posiciona con el coche y recoge a este, el sistema de anclaje debe estar accionado, lo cual es observable en la Ilustración 19.

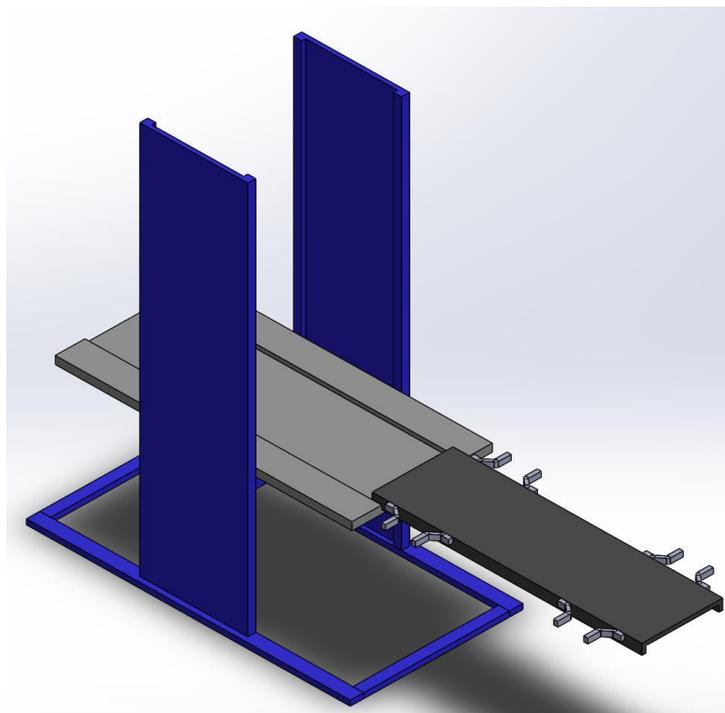


Ilustración 19. Robot en posición de movimiento de carrito con sistema de anclaje desplegado

7.1.3. Estudio de carga

En este apartado se va a desarrollar el estudio de carga realizado a la pieza de anclaje del sistema. Se ha escogido realizar el estudio de esta pieza debido a que es la que se encuentra en contacto con el vehículo directamente, y por el tamaño que esta tiene, puede considerarse como la pieza más crítica del equipo de traslado del vehículo.

De nuevo, y gracias a la múltiples herramientas que incluye el software SolidWorks, se va a utilizar este para el ensayo, más concretamente el complemento SolidWorks Simulation.

Para ello, se abre únicamente la pieza número 3 del sistema de anclaje, como se muestra en la Ilustración 16, en la posición de amarre del vehículo. El software solo permite realizar el estudio de una pieza, por lo que se considera esta ya que es la que va a estar en contacto con la rueda directamente.

El primer paso que se debe realizar es la de fijar las caras correspondientes de la pieza. En este caso, la cara fija es la que se encuentra en contacto con la pieza de unión y la de estudio, la número 3, y la pieza número 2.

El siguiente paso, es añadir la carga correspondiente a la pieza. Se considera la situación más desfavorable, en donde es posible que el conductor haya desplazado unos milímetros la posición del coche en la recepción, por lo que la pieza de un lado tenga toda la superficie en contacto con el neumático.

Para seleccionar la carga del estudio, se debe tener en cuenta cuál es la definición que realiza el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana sobre este tipo de vehículos: *“Vehículo automóvil distinto de la motocicleta concebido y construido para el transporte de personas con una capacidad igual o inferior a 9 plazas incluida la del conductor”* (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana, 2021).

Para conocer la carga que se debe considerar, ya que según la definición vista en el párrafo anterior no hay un peso máximo que defina la clase de vehículo turismo, en la Tabla 1 se muestran varios modelos de coches, de distinto tipo de turismo para seleccionar el más desfavorable para el estudio.

Los datos han sido obtenidos directamente de las fichas técnicas de cada vehículo.

Tabla 1. Tabla de datos técnicos de vehículos

Tipo	Marca	Modelo	Masa (Kg)
Segmento B	Seat	Ibiza	1.112
Compacto	Honda	Civic	1.307
SUV	Skoda	Kamiq	1.332
Berlina	BMW	530d	1.715
Monovolumen	Peugeot	5008	1.536
Todoterreno	Mercedes	ML350	2.130
Deportivo	Porsche	911	1.750

Por tanto, y tras observar las masas de los vehículos calificados como turismos, por motivos de seguridad, se decide sobredimensionar el estudio y considerar que la carga es de 3,5 toneladas.

Para el estudio, y considerando que en el sistema hay 8 punto de anclaje del vehículo, la carga total será la siguiente:

$$\frac{3500}{8} = 437,5 \text{ kg} = 964,52 \text{ lb}$$

Se considera en libras porque es la unidad para la carga en el estudio, en ambas caras de contacto.

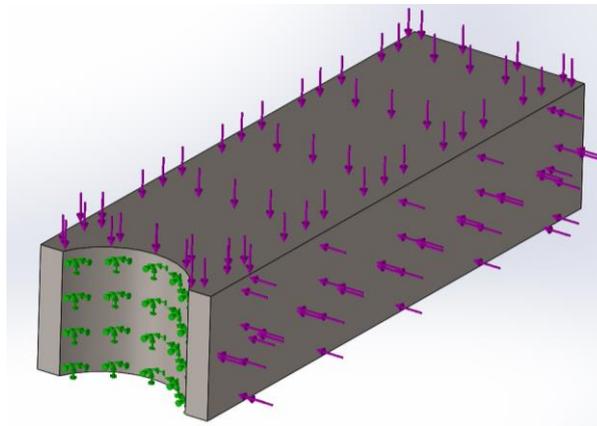


Ilustración 20. Colocación de carga en la pieza de anclaje

El siguiente punto es seleccionar el material de la pieza, el cual será acero. Seleccionando como opción acero aleado, el cual presenta las siguientes características:

Tabla 2. Características acero aleado

Propiedad	Valor	Unidad
Módulo elástico (E)	2.1e+11	N/m ²
Coefficiente de Poisson (ν)	0.28	-
Coefficiente de expansión térmica (α)	1.3e-5	K ⁻¹
Densidad de masa (ρ)	7700	Kg/m ³
Límite elástico	620422000	N/m ²

Ejecutando la simulación, se obtiene un factor de seguridad superior a la unidad, por lo que el resultado obtenido es satisfactorio.

El informe completo del estudio se encuentra en el anexo del presente documento.

7.2. Sistema de elevación

En este apartado se tratará la elección del motor para el sistema de elevación, el cuál corresponde al eje Y, tal y como se ha descrito en el apartado 7.1.1.1.

El primer paso corresponde con el análisis del tipo de carga de la aplicación, ya que, al ser el sistema elevador, presenta una carga constante puesto que en todo momento debe vencerse la fuerza gravitatoria y que se caracteriza de la siguiente forma:

$$T_L(\omega) = C_{LG}$$

Este término podrá tener signo negativo o positivo, si el par tiene mismo sentido o distinto que el de rotación del motor. Puede existir el caso en donde el par resistente sea positivo, ayudando al movimiento. Esto sucederá en dos situaciones:

- Descenso del elevador cuando este se encuentre cargado y supere la masa del contrapeso.
- Ascenso de la plataforma cuando se encuentre vacía puesto que el contrapeso tendrá una masa superior.

Si se contempla el caso de servicio que se está tratando en este caso, se puede considerar un servicio de tipo S4, “*Servicio intermitente periódico con arranque*”. Se trata de series de ciclos idénticos, cada uno de ellos con un periodo de arranque significativo, uno de funcionamiento a carga constante y una pausa.

En el caso de la carga para este caso, y tal como se ha observado en la Tabla 1, los pesos pueden variar, por lo que se ha considerado como situación más desfavorable en la que el vehículo a cargar pese 2500 kg y considerando un peso del sistema de plataforma de 500 kg.

$$\text{Carga máx: } 2500 \text{ (Vehículo)} + 500 \text{ (Plataforma)} = 3000 \text{ kg}$$

Para el sistema de contrapeso, se ha considerado el peso básico que siempre existirá, que será de 2250 kg:

$$\text{Contrapeso : } 500 \text{ (Plataforma)} + 1750 \text{ (Media Vehículos)} = 2250 \text{ kg}$$

Por tanto, la situación más desfavorable será la siguiente:

$$3000 - 2250 = 750 \cdot 9.81 = 7357.5 \text{ N}$$

Considerando el uso de una polea de diámetro $\varnothing 400$, y despreciando los coeficientes de fricción que pueda presentar esta, el par a vencer es el siguiente:

$$T_L = 7357.5 \cdot \frac{0.4}{2} = 1471.5 \text{ N}$$

7.2.1. Elección de motor y variador de frecuencia

Conociendo el par a vencer y que este es constante, se debe elegir un accionamiento que presente un par de arranque y máximo superior al que se ha obtenido previamente. Para ello, se considera los motores trifásicos asíncronos *Simotics* de la empresa Siemens. Se decide utilizar este motor debido a la robustez que presentan los motores asíncronos y a las inercias producidas para esta aplicación.

Dentro del catálogo, y se observa el listado de cargas axiales, que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Cargas radiales motores *Simotics 1LE0141*

Tamaño constructivo	Número de polos	Serie 1LE0141	
		Para X_0 Nm	Para X_{max} Nm
80	2	620	510
	4	790	640
	6	910	740
90	2	700	560
	4	880	720
	6	1020	820
100	2	980	790
	4	1230	990
	6	1420	1140
112	2	980	790
	4	1230	990
	6	1420	1140
132	2	1440	1120
	4	1820	1420
	6	2080	1630
160	2	1560	1240
	4	1970	1570
	6	2260	1800
180	2	1820	1470
	4	2300	1900
	6	2630	2150
200	2	2650	2230
	4	3350	2800
	6	3850	3230
225	2	3000	2540
	4	3700	3000
	6	4250	3470
250	2	3150	2620
	4	3950	3280
	6	4600	3820
280	2	6600	5550
	4	8300	6950
	6	9650	8120
315	2	7100	6200
	4	8700	7250
	6	10000	8500

Con el listado, se decide utilizar el motor de tamaño 132 y 6 polos, que es el primero que presenta un par de arranque y un par máximo superior al de la carga.

La característica de este motor se muestra subrayado en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de motor Simotics 1LE0141 de 6 Polos

Potencia KW	Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed rpm	Eficiencia 100% %	Factor de potencia	Corriente nominal			Torque nominal Nm	Datos de arranque			Peso IM B3 kg	
						220V A	380V A	440V A		Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	Torque Máximo x Tn		
Datos eléctricos motores Serie 1LE0141 IE2 6 Polos 1200 rpm														
0,55	0,75	1LE0141-ODC36-4AA4	80M	1100	68,0	0,72	3	1,74	1,5	4,8	3,5	2	2,4	17,0
0,75	1	1LE0141-OEC06-4AA4	90S	1130	73,0	0,72	3,7	2,15	1,86	6,3	4	2	2,4	22
1,1	1,5	1LE0141-1AC36-4AA4	100L	1160	85,5	0,70	4,9	2,85	2,45	9,1	6	3	3,5	45
1,5	2	1LE0141-1BC16-4AA4	112M	1160	86,5	0,71	6,4	3,7	3,2	12,3	7,5	3	3,5	50
2,2	3	1LE0141-1BC26-4AA4	112M	1160	87,5	0,71	9,5	5,5	4,75	18,1	7,5	3	3,5	55
3	4	1LE0141-1CC06-4AA4	132S	1160	87,5	0,71	12,6	7,3	6,3	24,7	6,5	2,5	3,5	57
3,7	5	1LE0141-1CC26-4AA4	132M	1165	87,5	0,71	15,8	9,1	7,9	30,3	6,5	2,5	3,5	65
5,5	7,5	1LE0141-1CC36-4AA4	132M	1165	89,5	0,75	22	12,7	10,9	45,1	7,5	2,5	3,5	85
7,5	10	1LE0141-1CC86-4AA4	132M	1165	89,5	0,71	31	17,8	15,4	61,5	7,5	2,5	3,5	90
11	15	1LE0141-1DC46-4AA4	160L	1170	90,2	0,76	43	25	21,5	89,8	7,5	2,5	3,5	140
15	20	1LE0141-1DC86-4AA4	160L	1170	90,2	0,73	59	34,5	29,5	122	7,5	2,5	3,5	145
18,5	25	1LE0141-1EC86-4AA4	180L	1180	91,7	0,78	68	39,5	34	150	7,5	2,5	3,5	185
22	30	1LE0141-2AC56-4AA4	200L	1180	91,7	0,80	80	46,5	40	178	7,5	2,4	3	235
30	40	1LE0141-2AC86-4AA4	200L	1182	93,0	0,79	107	62	53	242	7,5	2,4	3	260
37	50	1LE0141-2BC86-4AA4	225M	1182	93,0	0,80	132	76	66	299	8,5	2,6	3,5	340
45	60	1LE0141-2CC86-4AA4	250M	1185	93,6	0,83	151	88	76	363	8,5	2,6	3,5	465
55	75	1LE0141-2CC76-4AA4	250M	1185	93,6	0,83	189	109	94	443	8,5	2,6	3,5	470
75	100	1LE0141-2DC83-3AA4	280M	1185	94,1	0,85			122	604	8,5	2,7	3	565
90	125	1LE0141-2DC73-3AA4	280M	1188	94,1	0,85			153	723	8,5	2,7	3	620
110	150	1LE0141-3AC53-3AA4	315L	1190	95,0	0,84			184	883	8,5	2,4	3	1050
150	200	1LE0141-3AC63-3AA4	315L	1190	95,0	0,85			240	1204	8,5	2,4	3	1060

La forma constructiva dicho motor es la siguiente:

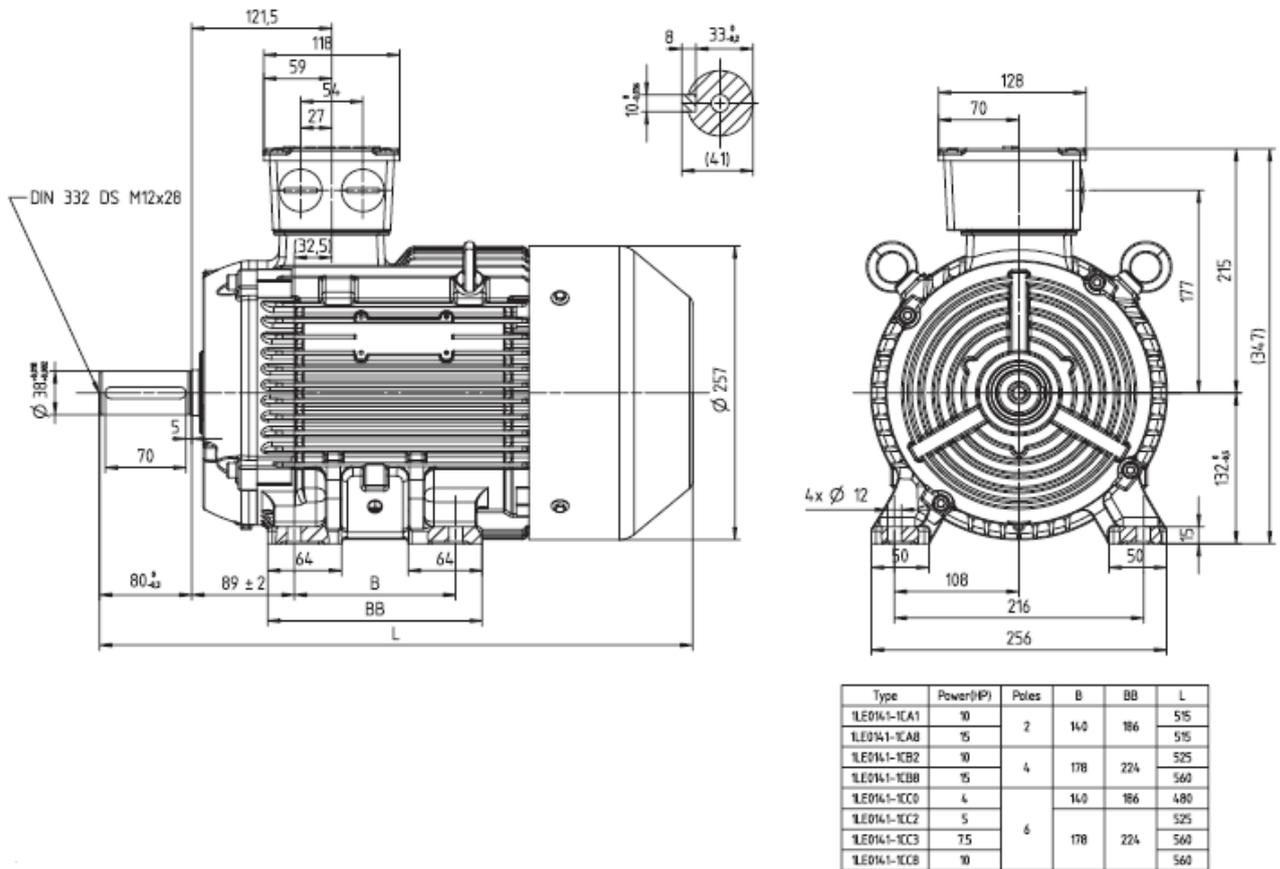


Ilustración 21. Plano motor Simotics 1LE0141 tamaño 132

Junto al motor, se deberá elegir un variador de frecuencia que permita le control de este. Este se ubica entre la fuente de alimentación, la línea eléctrica, y el motor.

Como se puede observar en la Ilustración 22, el funcionamiento de estos equipos se divide en tres etapas, las cuales son: una primera etapa de rectificación, en donde la corriente alterna de la red se convierte en corriente continua. La siguiente etapa es de filtro, en donde se suaviza la forma de onda que se recibe de la primera etapa, puesto que esta presenta un cierto rizado. Por último, se pasa por la etapa de inversor, que convierte la corriente continua en corriente alterna, la cual es la que se suministra al motor con un valor de tensión y de frecuencia deseado que permite el control.

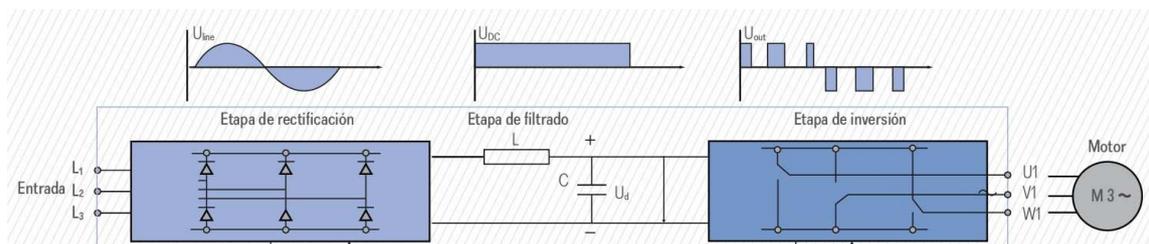


Ilustración 22. Etapas variador de frecuencia

A la hora de elegir este equipo, se debe considerar el tipo de aplicación al que se va a utilizar, si la carga es de par cuadrático o de par constante. Por tanto, se debe considerar la potencia y la corriente de salida para el caso de cargas constantes, considerando lo visto en la Tabla 4.

De nuevo, el equipo que se va a seleccionar es de la empresa *Siemens*, más concretamente de la familia *Sinamics G120P*. Son variadores modulares con IP55 3AC 400V hasta 90kW. A continuación, se muestra la Tabla 5, con el listado de variadores de frecuencia de dicha familia.

Al ser una aplicación de tipo par constante, se debe basar la elección en los datos de las columnas 3 y 4 de la tabla de características del variador. Teniendo en cuenta que la potencia que presenta el motor es de 5.5 kW y la corriente nominal de este es de 10.9, se selecciona el variador de frecuencia con referencia 6SL3223-0DE27-5AA0, el cual se puede apreciar que presenta una potencia nominal de 5.5 kW y una corriente de salida de 13.2 A.



Ilustración 23. Variador Sinamics G120P 6SL3223-0DE27-5AA0

Tabla 5. Características variador de la familia Sinamics G120P

Pot. _{nominal} (VT) basada en I _L ¹⁾	I _{nominal} salida I _L ³⁾	Pot. _{nominal} (CT) basada en I _H ²⁾	I _{nominal} salida I _H ⁴⁾	Tamaño y dimensiones (H x W x D) sin panel	SINAMICS G120P Power Module PM230 Filtro integrado Clase A EN 61800-3 3 AC 380 .. 480 V ±10 % 47 ... 63 Hz	
kW	A	kW	A	mm	Referencia	Precio €
0,37	1,3	0,25	0,9	FSA	6SL3223-0DE13-7AA0	462,86
0,55	1,7	0,37	1,3	460x154x249	6SL3223-0DE15-5AA0	462,86
0,75	2,2	0,55	1,7		6SL3223-0DE17-5AA0	462,86
1,1	3,1	0,75	2,2		6SL3223-0DE21-1AA0	497,40
1,5	4,1	1,1	3,1		6SL3223-0DE21-5AA0	566,49
2,2	5,9	1,5	4,1		6SL3223-0DE22-2AA0	656,30
3,0	7,7	2,2	5,9		6SL3223-0DE23-0AA0	822,10
4,0	10,2	3,0	7,7	FSB	6SL3223-0DE24-0AA0	974,08
5,5	13,2	4,0	10,2	540x180x249	6SL3223-0DE25-5AA0	1.139,89
7,5	18,0	5,5	13,2		6SL3223-0DE27-5AA0	1.485,31
11,0	26,0	7,5	18,0	FSC	6SL3223-0DE31-1AA0	1.881,81
15,0	32,0	11,0	26,0	620x230x249	6SL3223-0DE31-5AA0	2.433,38
18,5	38,0	15,0	32,0		6SL3223-0DE31-8AA0	2.984,94
22	45,0	18,5	38,0		FSD	6SL3223-0DE32-2AA0
30	60,0	22	45,0	640x320x329	6SL3223-0DE33-0AA0	4.444,97
37	75,0	30	60,0	FSE	6SL3223-0DE33-7AA0	5.450,76
45	90,0	37	75,0	751x320x329	6SL3223-0DE34-5AA0	6.651,23
55	110,0	45	90,0	FSF	6SL3223-0DE35-5AA0	7.786,80
75	145,0	55	110,0	915x410x416	6SL3223-0DE37-5AA0	9.344,16
90	178,0	75	145,0		6SL3223-0DE38-8AA0	10.933,97

7.2.2. Dimensionado de conductores

Para el cálculo de la sección del cableado del motor se ha seguido la normativa UNE-HD 60.364-5-52:2014, “Instalaciones eléctricas de baja tensión”.

Para el caso en cuestión, se va a considerar una instalación de referencia del tipo B1, correspondiente a conductores aislados en un conducto sobre una pared. De material de aislamiento del cable se selecciona XLPE (Polietileno Reticulado), debido a que el parking se considera una instalación de pública concurrencia y este material es libre de halógenos. Se debe considerar que el aparcamiento será una zona cerrada, con equipos y vehículos que se encuentran en riesgo en caso de incendio y se prefiere utilizar el aislamiento que mejores propiedades tenga.

De la Tabla 4, se sacan los siguientes valores necesarios para los cálculos:

$$P_n = 5.5 \text{ kW}$$

$$\eta = 0.895$$

$$f. d. p = \cos(\mu) = 0.75$$

$$V = 440 \text{ V}$$

Se debe considerar como máxima caída de tensión 5%, correspondiente a la máxima caída de tensión permitida por el REBT (Reglamento electrotécnico de baja tensión) para el circuito de fuerza.

La longitud entre el motor y el cuadro es de 15 m.

En estos momentos, ya se puede plantear los cálculos de sección mediante los dos métodos existentes:

- **Cálculo de sección por máxima intensidad de corriente admisible**

$$P_{abs} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{5.5 \cdot 10^3}{0.895} = 6145.25 \text{ W}$$

$$I = \frac{P_{abs}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\mu)} = \frac{6145.25}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0.75} = 10.75 \cdot 1.25 = 13.44 \text{ A}$$

El 1.25 del final es porque la normativa obliga a realizar un sobredimensionamiento ya que los motores eléctricos presentan momentos de picos de corriente, como es el caso del arranque.

Conociendo la intensidad, ahora se hace uso de la tabla C.52-1 bis de la norma UNE-HD 60.364-5-52:2014, Tabla 5, y se obtiene la sección mínima para los conductores del motor.

Para este caso, y como se ha indicado previamente, el método de instalación es el B1, con aislamiento XLPE, contando con instalación trifásica y el conductor es de cobre.

Tabla 6. Tabla C.52-1 bis de la norma UNE-HD 60.364-5-52:2014

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																			
	A1	PVC 3	PVC 3	PVC 2		XLPE 3		XLPE 3	XLPE 2											
A2																				
B1					PVC 3	PVC 2						XLPE 3					XLPE 2			
B2				PVC 3	PVC 2							XLPE 3								
C						PVC 3					PVC 2			XLPE 3				XLPE 2		
E								PVC 3					PVC 2				XLPE 3		XLPE 2	
F										PVC 3					PVC 2			XLPE 3		XLPE 2
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
Sección mm²																				
Cobre																				
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	20	21	23	-	
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-		
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-		
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-		
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-		
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-		
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146		
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182		
50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220		
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282		
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343		
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397		
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458		
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523		
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617		
Alu- minio																				
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	-		
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	-		
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	-		
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-		
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	-		
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110		
35	-	-	-	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136		
50	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167		
70	-	-	-	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215		
95	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262		
120	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306		
150	-	-	-	-	-	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353		
185	-	-	-	-	-	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406		
240	-	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482		

Aislamientos termoestables (90°C)		Aislamientos termoplásticos (70°C)	
XLPE: Polietileno reticulado	EPR: Etileno-propileno	PVC: Policloruro de vinilo	

Para este caso en cuestión, la sección mínima del cableado admisible es de 1.5 mm².

- **Cálculo de sección por máxima caída de sección**

Para este caso, se debe conocer la conductividad máxima del aislante con el conductor correspondiente. Esto se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7. Valores de conductividad para cobre y aluminio

	Temperatura del conductor		
	20 °C	Termoplásticos 70 °C	Termoestables 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

Como se ha elegido de aislamiento XLPE, que corresponde a un termoestable, se debe considerar:

$$C = 45.49 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$$

Ahora ya se puede calcular la sección:

$$S = \frac{L \cdot P}{C \cdot u \cdot V} = \frac{15 \cdot 6145.25}{45.49 \cdot (0.05 \cdot 440) \cdot 440} = 0.21 \text{ mm}^2$$

Como sección comercial, se considera 1.5 mm², igual que en el caso anterior.

Aunque estos sean los resultados obtenidos teóricamente, se debe tener en consideración que la sección mínima para cualquier circuito de fuerza es de 2.5 mm².

7.2.3. Protección eléctrica

Para las protecciones eléctricas que debe incorporar el motor, se considera lo indicado en la ITC-BT-47, que abarca la norma UNE 20.460.

Los motores deben incorporar protecciones para los siguientes aspectos:

- **Protección contra sobrecargas**

Los motores deben estar protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos en cada una de sus fases, debiendo ser la primera protección, para el caso de los motores trifásicos, cubrir el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases (Bueno, 2018).

- **Protección contra la falta de tensión**

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, puede provocar un posible accidente, o generar daños en el motor, perjudicando el equipo.

Para cumplir con estas exigencias que pide la normativa, las empresas han desarrollado sistemas denominados “Disyuntor de motor” o “Circuito breaker”.

Estos dispositivos protegen al motor contra cortocircuitos y sobrecargas, abriendo rápidamente el circuito en donde aparece el fallo en cuestión. Se trata de la combinación entre un disyuntor magnético y de un relé de sobrecarga.

Este tipo de elemento presenta la curva de características que se muestra en la Ilustración 24.

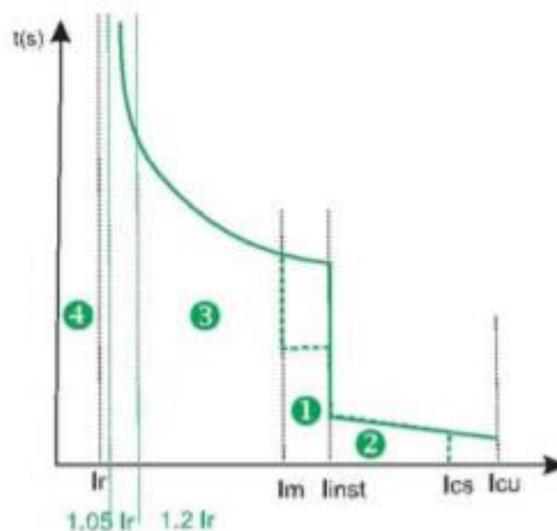


Ilustración 24. Zonas de funcionamiento de un disyuntor magnetotérmico

- Zona 1: Zona de funcionamiento normal.
- Zona 2: Zona de sobrecarga térmica. El disparo se asegura con la característica “térmica”; cuanto mayor sea la sobrecarga, menor será el tiempo de disparo. Esto se denomina “tiempo inverso”.
- Zona 3: Zona de fuertes corrientes elevadas, monitorizada por la característica de cortocircuito, instantánea (menor 5ms).
- Zona 4: Zona intermedia monitorizada por la característica “magnética temporizada” con una función de retarda de 0 a 300ms. Esto es en el caso de algunos disyuntores (electrónicos). La normativa llama a esto como “retardo independiente”, que evita el disparo accidentalmente durante el encendido con picos de corriente de magnetización.

Sus límites son:

- I_r : corriente de reglaje para la protección contra cortocircuito; debe coincidir con el valor de corriente nominal del motor a proteger.
- I_m : corriente de disparo de la protección magnética temporizada.
- I_{inst} : corriente de disparo de la protección magnética instantánea. Esto puede abarcar de 3 a 17 veces I_r , pero normalmente se encuentra entre 10 veces I_r .
- I_{cs} : capacidad de corte nominal de cortocircuito.
- I_{cu} : máxima capacidad de corte en cortocircuito.

Para la selección del dispositivo, se ha escogido el proveedor Schneider Electric, y el dispositivo en cuestión el GV2ME16 – 9/14 A, pensado para motores de 5.5 kW en tensiones de 400/415 V CA 50/60 Hz.

Algunas de las características que presenta este dispositivo es:

- Capacidad de corte de 15 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2.
- Poder de corte de servicio nominal en cortocircuito (I_{cs}) 50 % en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2.
- 14 A de corriente nominal.
- Ajuste protección térmica entre 9 y 14 A.
- Intensidad de disparo magnético 170 A.



Ilustración 25. Circuit breaker GV2ME16-9/14 A

Por ello, y tras la elección de cada uno de los elementos para el sistema de tracción encargado de la elevación, en la Ilustración 26 se puede observar el esquema correspondiente a la conexión del variador de potencia y del motor trifásico.

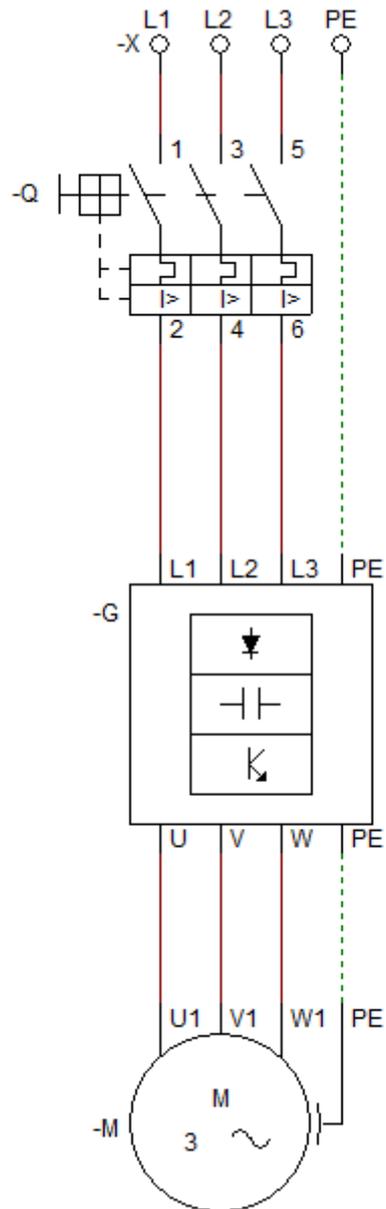


Ilustración 26. Esquema eléctrico variador de potencia y motor trifásico

7.3. Sistema de control

En este punto se va a explicar el funcionamiento del programa de control del parking, teniendo como premisa principal que este debe ser diseñado de tal forma que pueda ser reutilizado para futuros proyectos que presenten una distribución de las plazas de aparcamiento distintas y la variación que pueda presentar el código sea principalmente los valores correspondientes a la ubicación de las plazas del nuevo aparcamiento.

Para la creación del código, se ha hecho uso de la herramienta software TIA Portal de la empresa Siemens, puesto que los equipos utilizados son de dicha empresa, tal y como se ha explicado previamente.

El código completo se encuentra en el anexo del presente documento.

Seguidamente, se muestran los puntos principales relacionados con el código implementado.

7.3.1. Flujogramas

En este punto se van a mostrar los flujogramas con el objetivo de explicar el funcionamiento del proceso de control implementado para el aparcamiento.

Con el arranque del sistema, se debe seleccionar el modo de funcionamiento que corresponda, los cuales son los siguientes:

- Manual
- Automático
- Mantenimiento

Tras la selección del modo de funcionamiento, se accederá a una nueva interfaz gráfica, la correspondiente a cada uno de los modos, y en donde se deberán de activar los motores para poder generar el movimiento deseado. Esto se puede observar en el flujograma mostrado en la Ilustración 27.

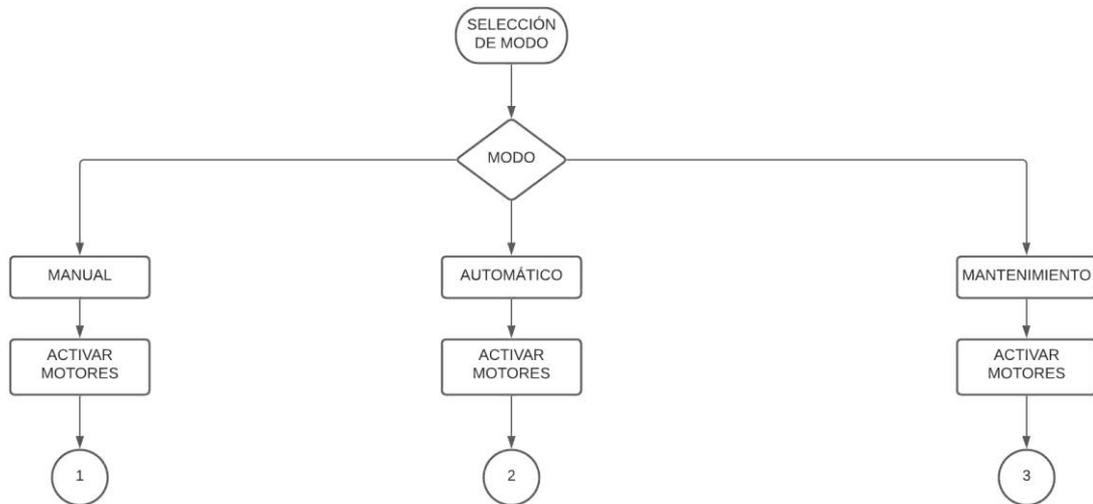


Ilustración 27. Flujograma selección de modos

En el caso de que el usuario seleccione la opción de manual, lo primero que deberá hacer es habilitar aquellos ejes que desea que se muevan cuando active el procedimiento.

Con los ejes debidamente seleccionados, deberán indicarse las coordenadas a las que se desea que se traslade el robot de traslado de vehículos. Con esto configurado, se puede seleccionar la puesta en marcha, con lo que comenzarán los movimientos correspondientes.

En caso de la existencia de algún error durante el proceso, se producirá una parada, la cual se notificará y se deberá entrar al modo mantenimiento para eliminar el error. En caso de que el error sea subsanado, el sistema no retomará la marcha hasta que no se vuelva a seleccionar la puesta en marcha.

Cuando el sistema se haya ubicado en la posición indicada, se podrá volver a seleccionar de nuevo la habilitación de los motores que se desean y las nuevas coordenadas a las que debe ir el sistema, siempre y cuando se desee mantenerse en el mismo modo de funcionamiento.

En el caso contrario de no querer seguir en este modo de funcionamiento, se retornará a la selección de modo.

Todo lo que se ha desarrollado en estos párrafos, se encuentra mostrado de forma esquemática en el flujograma correspondiente, que se trata de la Ilustración 28 de la presente memoria.

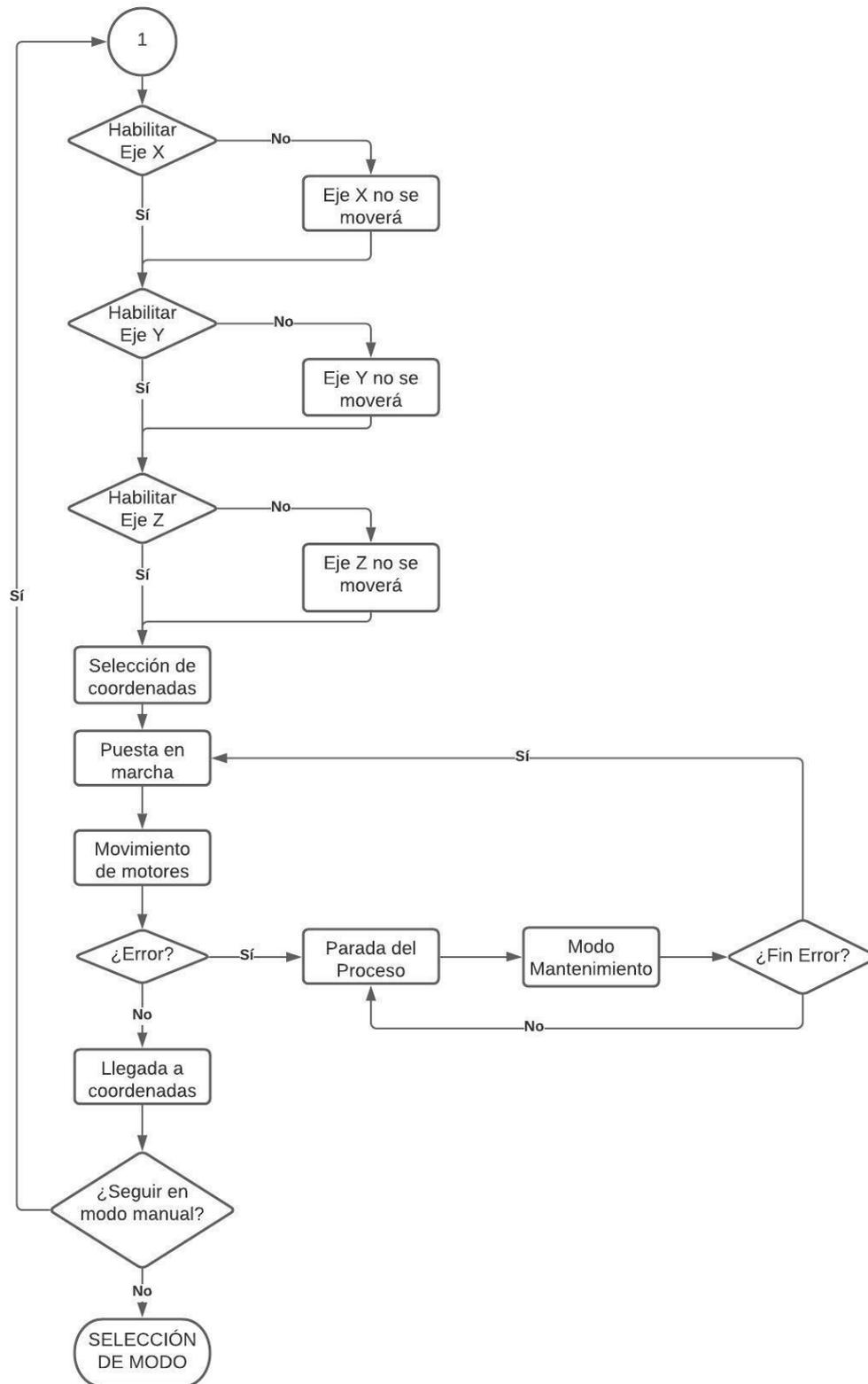


Ilustración 28. Flujograma modo manual

Cuando el sistema se encuentre en modo automático, en donde el cliente selecciona una plaza, el sistema lo primero que debe hacer es saber si se trata de un proceso de recogida o de deposición del vehículo en el aparcamiento.

En caso de ser un proceso de aparcamiento, se moverá el sistema hacia la recepción para poder recoger el vehículo. En caso de aparecer un error durante el proceso de recogida del vehículo, el sistema se para, indicando el tipo de error y entrando en modo mantenimiento. En caso de ser subsanado el error, el sistema volverá a funcionar retomando el proceso de ubicación de la plataforma en la zona de recepción.

Con el vehículo recogido, se produce el movimiento para ir a la plaza correspondiente. De nuevo, si se produce un fallo durante este proceso, aparecerá un error, haciendo que el sistema se detenga hasta que sea subsanado el error.

Cuando ya se encuentra ubicada en la plaza correspondiente, comienza el proceso de aparcamiento del vehículo, en donde, en caso de no existir ningún problema, cuando la etapa haya terminado, se finaliza el proceso de aparcamiento. Si hay un error, como en los casos anteriores, el sistema parará y lo notificará.

Para la situación en el que el cliente quiere recoger su vehículo aparcado, lo primero será que el sistema se ubique en la plaza, recoja el coche, lo lleve hasta el punto de recepción y lo deposite en el mismo.

Si durante alguno de los procesos llegara un cliente distinto, esta solicitud se encontraría en reserva, haciendo que el sistema conforme finalice la operación, atienda la siguiente de inmediato.

Cuando se finaliza alguno de los procesos, si se sigue en modo automático, el sistema se encuentra en *standby* hasta la llegada de la siguiente solicitud. Por el contrario, si se quiere cambiar de modo, se puede volver al punto de modo de selección.

De nuevo, se ha realizado un flujograma con la explicación de este modo que puede ser observado en la Ilustración 29.

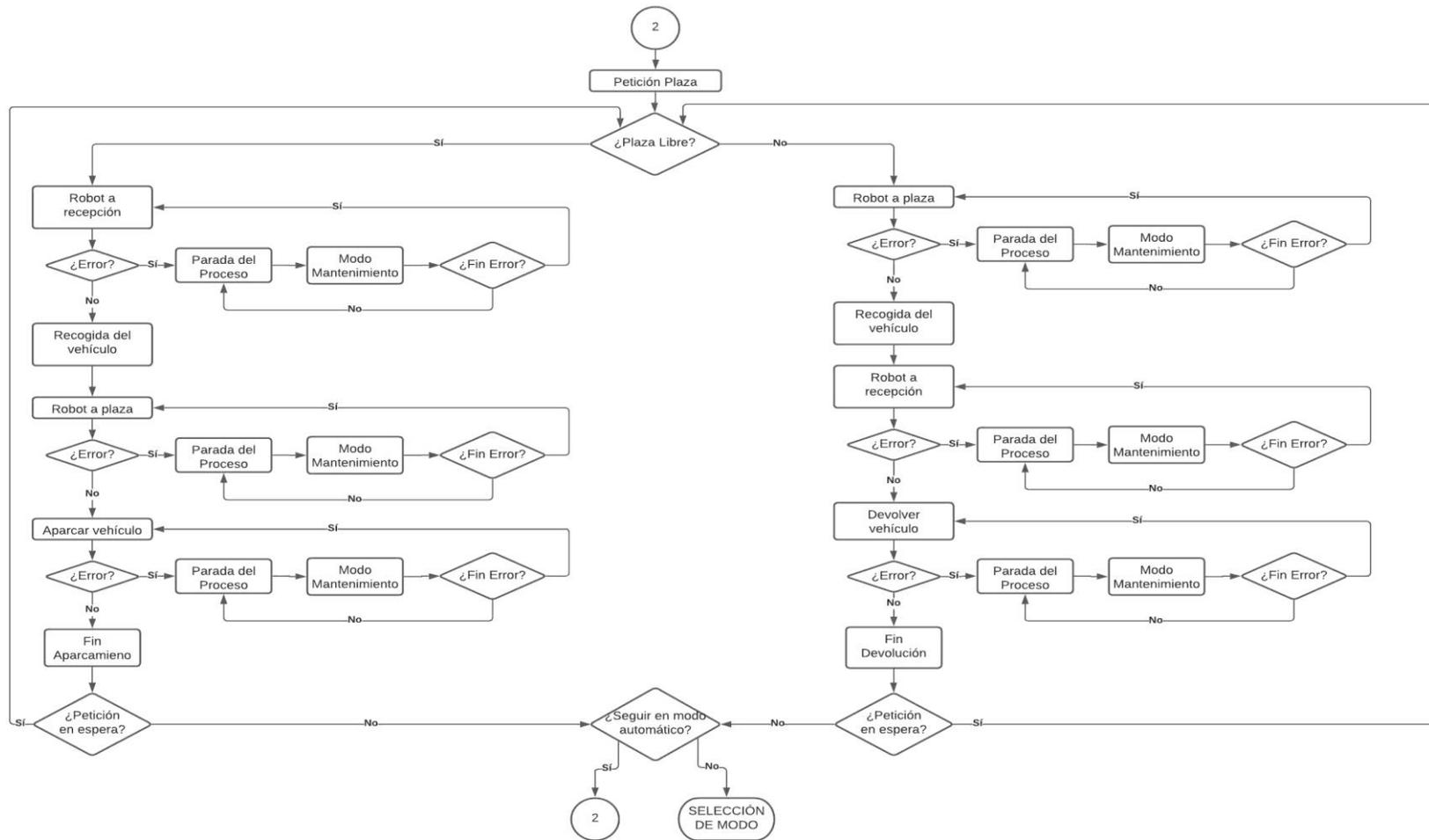


Ilustración 29. Flujoograma modo automático

Se entra al modo de funcionamiento de mantenimiento con la existencia de un desajuste. En este tipo de funcionamiento, únicamente podrá moverse un eje en cada momento, si la posibilidad de realizar movimientos simultáneos.

Lo primero que se debe realizar tras la selección del eje con el que se quiere trabajar, será configurar la velocidad de giro del motor. Con ello, se indica el sentido de giro de este hasta que se encuentre ubicado. Tras la ubicación en la posición correcta, se indica que el sistema se encuentra en *home*.

Con esto realizado, si se desea modificar otro de los ejes, el usuario deberá permanecer en el modo de funcionamiento y repetir los pasos explicados. En caso de que se haya finalizado, se puede salir del modo de funcionamiento y elegir uno de los otros dos tipos que existen en el sistema.

En la Ilustración 30 se puede observar el esquema completo de lo explicado en este subapartado.

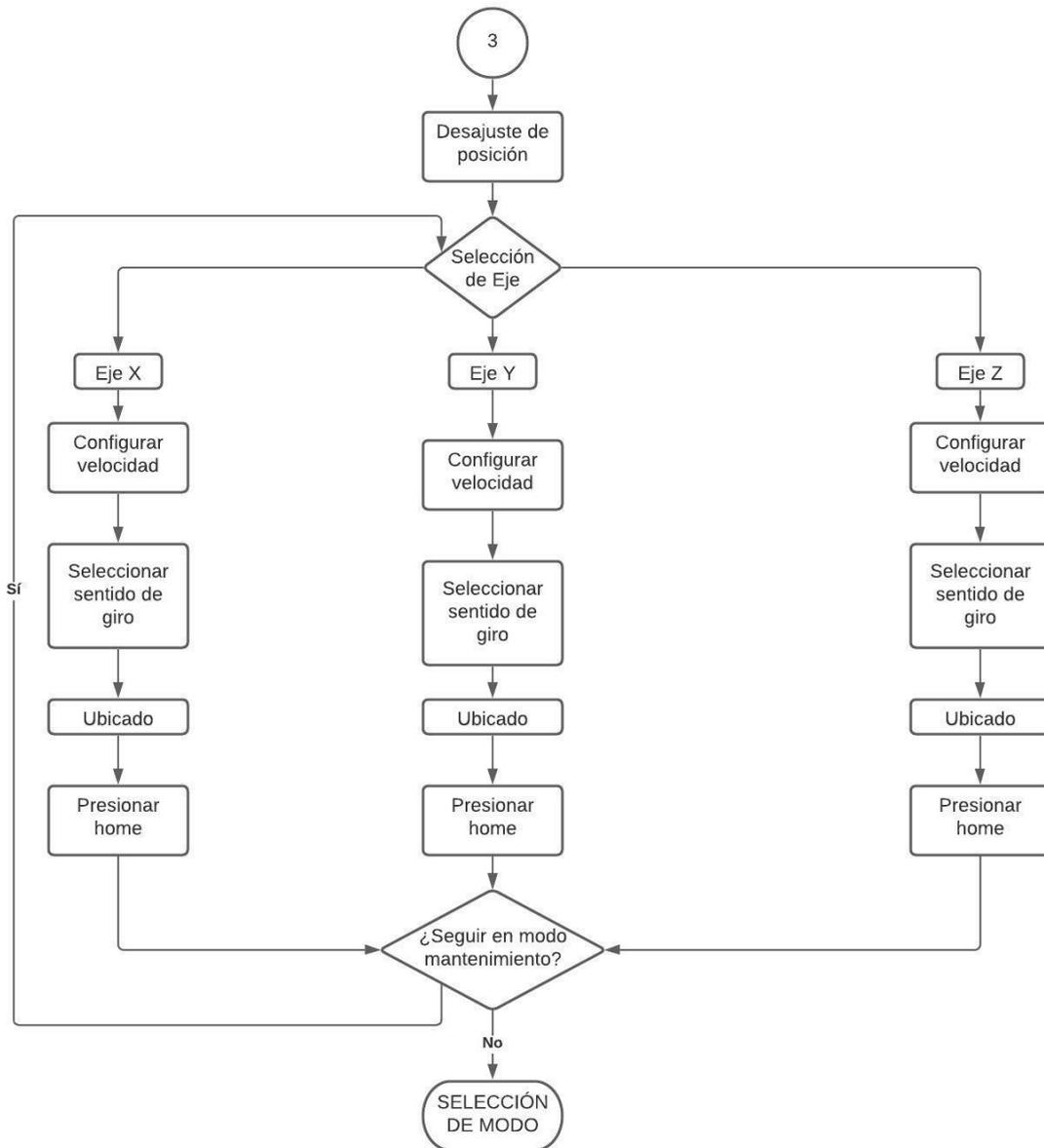


Ilustración 30. Flujograma modo mantenimiento

7.3.2. Modos de funcionamiento

El control implementado debe permitir que la estructura encargada del traslado de los vehículos sea controlada de distintas formas según las necesidades de la situación en la que se encuentre.

Los funcionamientos que se implementan son los nombrado previamente en el apartado 7.3.1.

El modo automático es el encargado de realizar el proceso de forma normal, o en situación cotidiana. Sin embargo, se debe considerar que pueden existir situaciones en las que el control de la plataforma sea de forma manual y obviamente, para en caso de existir una avería o un desajuste por parte de la ubicación del robot de traslado, es necesario la existencia de un modo de mantenimiento.

7.3.2.1. Modo manual

El modo manual permite el movimiento libre de cualquiera de los ejes correspondientes a la estructura del sistema de almacenamiento de vehículos a una posición que desee el técnico de control. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, para este control, cuando la estructura sobrepase los límites de alguno de los ejes, esta se detendrá por motivos de seguridad.

Para la realización de este modo, se utilizan los bloques de función de los objetos tecnológicos de ejes de posición y el posicionamiento es en modo absoluto. Estos se colocarán en el programa principal o *Main*. Este modo tiene como particularidad, que el accionamiento de cada eje se moverá a la posición indicada, lo cual lo diferencia en caso de haber elegido un movimiento en forma relativa, ya que el servomotor se desplazaría tanto como se le indica en la entrada posición del bloque.

Se decidió utilizar el modo absoluto debido a que resultaba más interesante para la aplicación, ya que considerando que el técnico quisiera mover la estructura de forma manual, sería más cómodo para esta persona colocar directamente la posición a donde debe de ir el objeto, en vez de ir desplazando paso a paso la estructura, pudiendo así ahorrar tiempo y no tener la necesidad de realizar cálculos de distancia.

Se indica al bloque de función la posición en donde debe ubicarse cada uno de los ejes, los cuales deben de estar habilitados cada uno individualmente, y activando el botón de posicionamiento, estos comenzaran a moverse hasta llegar al punto indicado. El bloque trabaja en configuración 3, haciendo que sea el autómatas quien calcule el sentido de giro en el cual debe girar el servomotor según la posición en la que se encuentra actualmente y a la que debe de ir.

7.3.2.2. Modo automático

Este es el modo de funcionamiento principal o normal de la aplicación, puesto que en la mayoría del tiempo es el que se encontrará en uso.

El *modus operandi* cuando este el sistema en automático es el funcionamiento esperado por los clientes cuando quieran hacer uso del aparcamiento. En él, el propietario se identificará por medio de algún sistema descrito en el apartado 4.3, y estacionará el vehículo en la zona de recepción. A la vez, cuando el PLC que controla todo el sistema recibe dicha señal, ubica el robot porta vehículos hasta la posición de recepción, primero moviendo simultáneamente los ejes X e Y del sistema. Cuando estos se encuentran ubicados, se mueve el eje Z, correspondiente a la plataforma.

Con el coche ya en la plataforma, el eje Z girará en sentido contrario para ubicar el vehículo en la estructura y así comenzar el desplazamiento de la estructura hasta llegar a la plaza correspondiente al cliente. Del mismo modo que se ha explicado en el párrafo anterior, al estar la estructura ubicada en el punto de deposición del vehículo, se accionará de nuevo la plataforma para estacionar el vehículo en la plaza correspondientes. Tras depositar el vehículo, la plataforma volverá a su ubicación normal en la estructura.

En este punto, se debe diferenciar el modo de funcionamiento en el que se encuentre la estructura:

- **Modo económico.**

En caso de encontrarse este modo activo, el proceso de aparcamiento del vehículo se da por finalizado, ya que, con el objetivo de ahorrar energía, el sistema entrará en modo *standby* y no se activará hasta recibir la próxima petición por parte de un nuevo cliente.

- **Modo optimización.**

Esta forma de trabajo del aparcamiento tiene como objetivo reducir los tiempos de espera por parte de los clientes. Pensado para las franjas horarias en las cuales el aparcamiento recibe más coches para ser estacionados, el proceso tiene aún que realizar algunas acciones antes de darse por finalizado.

Partiendo del momento en el que el vehículo ha sido depositado y la plataforma se encuentra en la estructura, se mueve el robot hasta el punto de recepción. Esto está pensado para en el caso en el que venga otro cliente, ya se encuentre con la estructura en el recepción y el tiempo de espera por parte del cliente sea mínima, evitando de esta forma posibles colas debido a la espera en los momentos de mayor afluencia de propietarios cuando van a dejar sus vehículos.

Con esto se da por finalizado la explicación de la deposición del vehículo.

En el caso de que se quiera retirar el vehículo, el proceso será inverso. La estructura se moverá para ubicarse en la plaza en la que se ha solicitado recoger le coche, se accionará el eje Z para mover la plataforma y recoger el vehículo.

Con el vehículo ya recogido, este se moverá a la estructura y se desplazará el sistema hasta el punto de recogida o recepción, depositando el vehículo para que pueda recogerlo el cliente.

Este modo de funcionamiento se ha programado con bloques de función propios, los cuales son llamados desde el programa original y cumpliendo la premisa principal de que el programa está ideado para que pueda reutilizarse en otros proyectos en donde la ubicación de las plazas sea distinta y necesitando simplemente una modificación en el bloque de datos en donde se colocan las posiciones de cada una de ellas.

Otra de las ideas que se han añadido a este funcionamiento, ha sido la utilización de un sistema en espera, para el caso en el que se encuentre en mitad de un proceso, el siguiente cliente que tenga que ser atendido, al identificarse, el sistema cuando finalice el proceso en el que se encuentre, atienda la siguiente petición. Así, el cliente no debe esperarse para identificarse cuando el proceso se encuentre libre.

7.3.2.3. Modo mantenimiento

El mantenimiento está pensado para ser utilizado por un técnico cualificado en caso de que el sistema necesite ser revisado a causa de un fallo o un desajuste en las posiciones.

Cuando se utilice esta forma de trabajo, se activará un modo JOG, permitiendo mover cualquiera de los ejes de forma individual y reubicar el robot a la posición correspondiente. La velocidad de movimiento podrá ser seleccionada, ya que se deben considerar que, al aparecer un desajuste en las posiciones, está es mínima y es necesario trabajar a velocidades reducidas para tener una mayor precisión.

El técnico hará uso de un sistema de flechas, indicando estas la orientación del movimiento de cada uno de los ejes y pudiendo seleccionar este también la velocidad como se ha comentado previamente. Cuando considere el técnico que la estructura vuelve a estar en la posición idónea, deberá seleccionar el botón *home*, indicando que dicha posición corresponde con el punto 0 del eje con el que ha trabajado.

Como en los anteriores modos, para la programación se hace uso de las funciones correspondientes al objeto tecnológico de eje de posición. Estos bloques han sido el movimiento JOG y el *home*. Los bloques se han añadido en el programa principal.

En caso de que el lector quiera conocer con mayor detalle el programa implementado, este se encuentra completo en el anexo del presente documento.

7.3.3. Sistema scada

Una de las ventajas que presenta TIA Portal, es que incluye la herramienta WinCC, con la cual se diseñan las interfaces gráficas de supervisión y no es necesario utilizar otro software a parte del de programación.

El sistema scada a desarrollar deberá disponer de varias pantallas por las cuales el usuario pueda navegar y así trabajar de una forma más correcta para visualizar la información necesaria en cada situación y con un tamaño de los elementos adecuado. Por ello, se han desarrollado 5 pantallas que se explicarán más adelante.

Cada una de estas pantallas parten de una misma base común, puesto que en todas ellas deberá existir información correspondiente con la hora y la fecha, indicador de la pantalla en la que se encuentra en todo momento el responsable del control y un botón de salida del sistema por si fuera necesario.

Se quiere realizar un diseño inicial limpio, genérico, pero pensado también para que, en el futuro, el sistema en caso de sufrir ciertos cambios pueda adecuarse a las especificaciones del aparcamiento al que vaya destinado y al diseño que un futuro cliente pueda querer. Este es el caso del color de fondo o el vehículo que indica el estado de la plaza en el sistema scada.

Se deberá conocer en todo momento el estado de las plazas, la posición de la plataforma móvil y si esta última tiene en ese preciso momento un vehículo transportando o si se encuentra libre.

Del mismo modo, las pantallas de funcionamiento deben disponer de un sistema indicador del estado del aparcamiento mediante tres luces al estilo de un semáforo.

Con estas premisas se desarrolla cada una de las pantallas de la interfaz gráfica, tal y como se explica seguidamente.

- **Pantalla de inicio.**

Se trata de una pantalla de bienvenida que aparece cuando el proceso se pone en marcha y que hace de nexo entre el resto de las pantallas que se han creado. Su objetivo es permitir la navegación entre las distintas imágenes, por lo que es una pantalla de paso.

- **Pantalla de modo manual.**

Es la que se encarga de permitir el control manual del sistema, permitiendo al usuario activar los servomotores en ella, habilitar los ejes, indicar la posición a la que debe de ir de forma numérica y activar el movimiento. En ella se puede visualizar el estado del aparcamiento. Además, presenta un botón que permite realizar una parada de emergencia en caso de ser necesario, interrumpiendo el movimiento del sistema inmediatamente.

Presenta botones para poder ir a las otros modos de funcionamiento o a la pantalla de inicio.

Se muestra la parte correspondiente a la matriz de posiciones en la Ilustración 31. La pantalla al completo se encuentra en el anexo del presente documento.



Ilustración 31. Detalle de la pantalla manual

- **Pantalla modo automático.**

Se trata de la pantalla que visualiza el estado del aparcamiento, en donde se puede observar la posición de la plataforma a tiempo real, si hay un vehículo en la fase de traslado, la posición de las plazas y de la recepción y el estado de estas, ocupado o libre.

También se puede conocer el estado en el que se encuentra el proceso: activo, ocupado o parado.

Se indica la plaza a la que se está atendiendo en ese mismo momento mediante un recuadro de texto, mientras que, en otro se visualiza la plaza que se debe atender a posteriori en caso de que haya un cliente en espera.

También presenta la posibilidad de elegir entre los dos modos de funcionamiento que presenta este modo: económico y optimización. Cada modo tiene su indicador lumínico para conocerse cuál es el que se encuentra activo. Además, presenta un botón que para el sistema inmediatamente.

Presenta botones para poder ir a las otros modos de funcionamiento o a la pantalla de inicio.

En la Ilustración 32 se muestra un detalle de la imagen creada para este modo, más concretamente el que muestra la estructura, el estado de las plazas y la posición del sistema móvil. La pantalla al completo se encuentra en el anexo del presente documento.

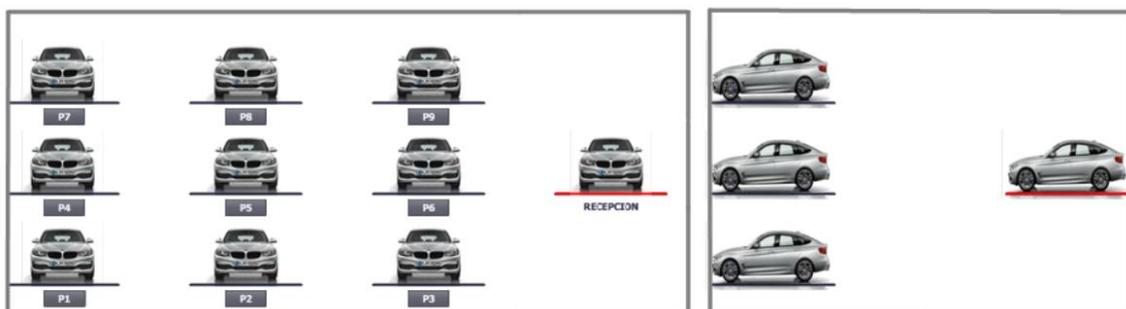


Ilustración 32. Detalle pantalla modo automático

- **Pantalla de mantenimiento.**

El último modo es el de mantenimiento, en donde la pantalla que se ha diseñado, y tal como se ha explicado previamente en el apartado 7.3.2.3, se implementa un modo JOG que permite el reajuste de la posición de la estructura en caso de haber una ligera diferencia de posición que podría generar daños en los vehículos y en cualquier componente que conforma el aparcamiento.

La pantalla, al igual que el resto, incluye botones que permite navegar al usuario por los distintos modos o salir a la pantalla inicial. Del mismo modo, se encuentran los botones de activación de los accionamientos, el botón de parada de emergencia y la simulación del estado del aparcamiento.

Como característica principal de dicha pantalla, incluye un sistema de flechas que permite el movimientos de cada uno de los accionamientos en ambos sentidos de giro, y de un sistema de entrada para indicar a la velocidad que deben girar estos. Los botones de *home* permiten definir al operario el punto 0 de cada eje cuando se ubica la plataforma en el punto de recepción, permitiendo así el ajuste del sistema.

Se debe considerar que este modo de funcionamiento es para personal autorizado, ya que se utiliza en caso de revisión o de fallo del aparcamiento.

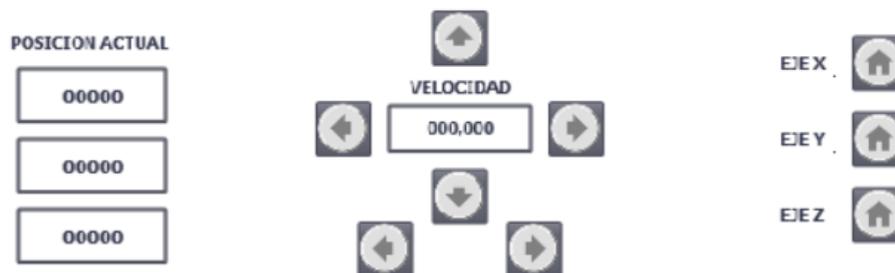


Ilustración 33. Detalle de mandos del modo mantenimiento

- **Pantalla de registro de alarmas.**

Esta imagen está diseñada para visualizar el estado del sistema, las alarmas que han podido surgir durante el funcionamiento del aparcamiento, el momento en el que han ocurrido y si se encuentran presentes o si ha sido erradicado el fallo. Cada una de las alarmas incluyen un pequeño texto descriptivo a modo de explicación.

Para ello, incorpora una opción propia de TIA Portal que se encarga de mostrar esto en un listado, para su fácil programación e interpretación.

Para la visualización de las pantallas y leer la explicación concisa de cada una ellas, el lector puede ver esta información en el anexo del presente proyecto.

8. Descripción de puesto de trabajo

En este apartado se va a describir el puesto de trabajo para la comprobación del correcto funcionamiento del programa de control que se ha sido diseñado.

Una de las premisas que se querían llevar a cabo era la de realizar una demostración del funcionamiento del programa para poder ser mostrado, como idea enfocada para que el cliente pueda ver como es el funcionamiento previamente a la realización del proyecto real. Para ello, se hace uso de equipos pertenecientes al Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) de la Universidad Politécnica de Valencia, los cuales consisten en la utilización de servomotores, accionamientos y autómatas inteligentes. Para poder realizar la demostración, se deberá realizar la configuración de los equipos.

Los equipos que han sido utilizados son los siguientes:

- Software TIA Portal V16 y WinCC.
- PLC Siemens S7-1200.
- Servoaccionamiento Siemens Sinamics S210.
- Servomotor Siemens SIMOTICS.
- Fuente de alimentación externa de 24V CC.
- HUB Ethernet.

Se utiliza una computadora para la realización del programa de control, el cual está conectado con el PLC, para la transferencia de datos. Además, se utiliza dicho ordenador como equipo dotado del sistema de supervisión scada. El autómata programable está dotado de 2 puertos ethernet, por lo que el segundo puerto se utilizará para conectarse al HUB, el cual permitirá la comunicación con los servoaccionamientos del sistema. Cada uno de ellos se conecta a un servomotor.

A modo de orientación, se muestra el esquema de la Ilustración 34, para que el lector pueda entender las conexiones que se han llevado a cabo.

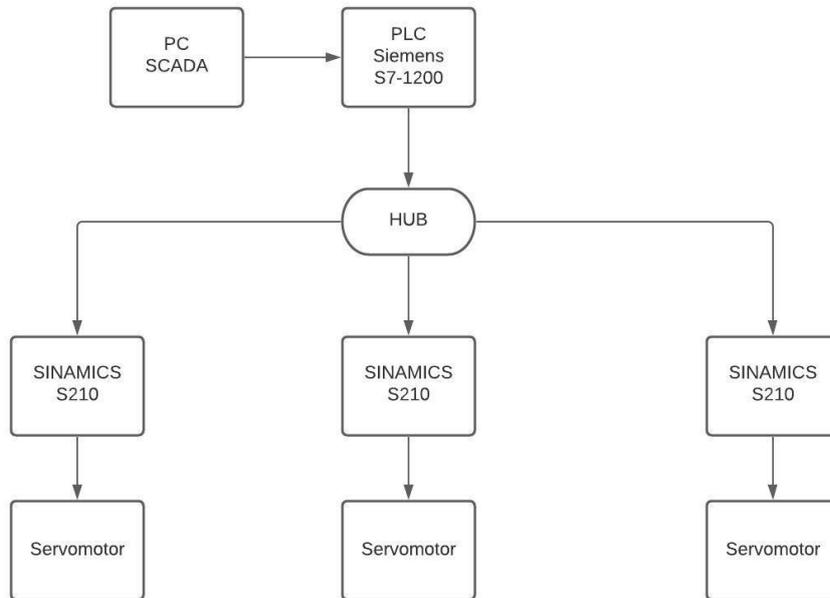


Ilustración 34. Esquema de puesto de simulación

8.1. Especificaciones de equipos

En este subapartado se van a explicar las características de cada elemento de los que conforman el puesto de simulación.

8.1.1. PLC Siemens S7-1200

La utilización de un autómatas programable permite diseñar un proceso totalmente automatizado y controlado. Además de diseñar una interfaz gráfica scada que permita la supervisión del sistema a tiempo real.

Los autómatas programables fueron creados como dispositivos electrónicos programables con el objetivo de gobernar, en tiempo real, máquinas o procesos dentro de la industria. Sin embargo, esta definición se ha quedado obsoleta debido a la evolución que han vivido estos dispositivos con el paso del tiempo. En el presente, los PLC disponen de una gran variedad de módulos de expansión especiales para el control de procesos continuos que los hacen mucho más versátiles.

Como se ha comentado con anterioridad, el autómatas programable es el S7-1200, y más concretamente se decide utilizar el CPU 1215C AC/DC/RLY (Ref. 6ES7 215-1BG40-0XB0).

En la Ilustración 35, se puede observar el modelo en cuestión que se utiliza para el banco de ensayo.



Ilustración 35. Autómata Siemens S7-1200 CPU 1215 AC/DC/RLY

Toda la información que se va a mostrar en los siguientes párrafos, ha sido obtenida directamente del manual de la empresa Siemens correspondiente con el PLC Siemens S7-1200. (Siemens, 2014)

Las siglas *AC/DC/RLY* de la denominación del PLC, indican lo siguiente:

- Alimentación eléctrica de 85 a 264 V de AC.
- Fuente de alimentación interna de 24 V DC.
- Salidas de tipo relé.

Alguna de las características que presenta el autómata son las siguientes:

- 14 entradas digitales, 6 de ellas HSC (High Speed Counting).
- 10 salidas digitales.
- 2 entradas analógicas.
- 2 salidas analógicas.
- Interfaz de comunicación PROFINET mediante Ethernet.
- 125 kbyte de memoria de trabajo.
- 4 Mbyte de memoria integrada.

Para más información de las características del dispositivo, se remite al manual del fabricante.

8.1.2. Servoaccionamiento Siemens Sinamics S210

El servoaccionamiento, o servodriver, es el elemento encargado de controlar el servomotor para que este actúe conforme requiere el proceso y de protegerlo en caso de fallo, puesto que ambos elementos se encuentran en comunicación en todo momento. El objetivo de esto es que el motor no sufra daño en ninguna situación. Para ello, corta la alimentación al servomotor e informa al PLC del tipo de error que existe.

Para la aplicación que se está diseñando, en el banco de ensayo se decide utilizar el Siemens Sinamics S210. Se puede observar el equipo en la Ilustración 36.



Ilustración 36. Servodrive Siemens Sinamics S210

De la placa de características que tiene gravada el convertidor, se pueden conocer las siguientes características:

- Referencia: 1P 6SL3210-5HB10-4UF0.
- Alimentación monofásica alterna 200-240V 5.0A 50/60Hz.
- Alimentación continua 24V 1.6^a.
- Salida trifásica alterna 2.6^a 0-550Hz.
- IP20.
- Motor 0.4kW.

Para que el lector conozca como se realizan las conexiones del equipo, se muestra la Ilustración 37, extraída directamente del manual del dispositivo (Siemens, 2019):

Las conexiones internas que presenta el convertidor son las que se puede observar en la Ilustración 38 (Siemens, 2019):

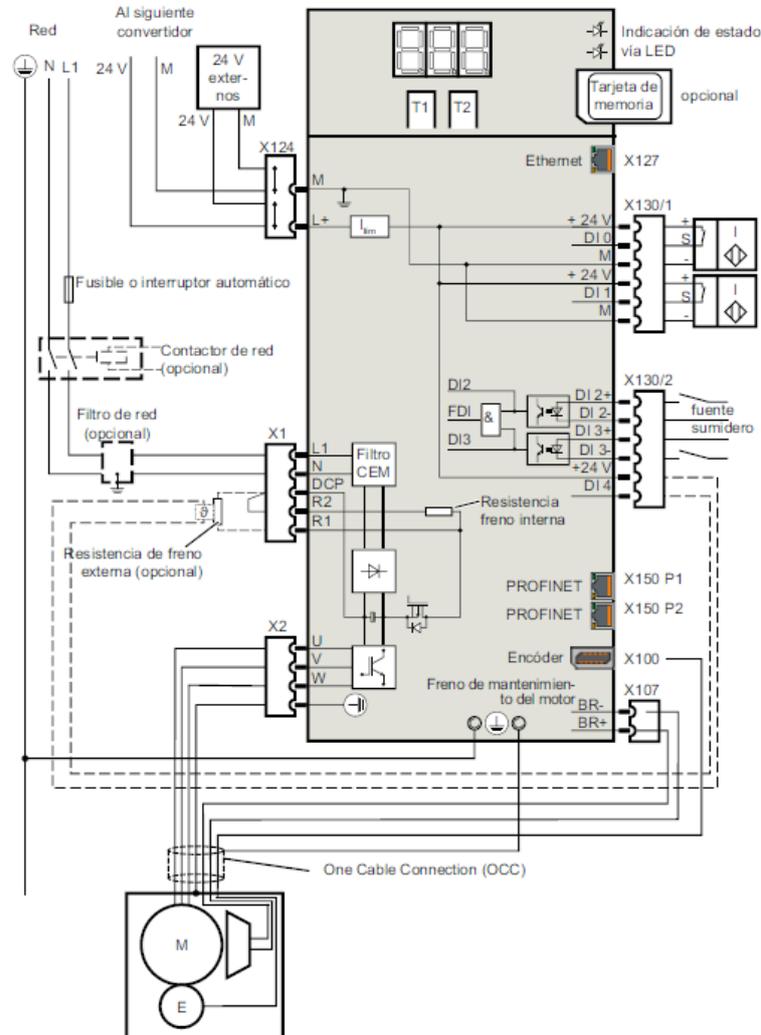


Ilustración 38. Conexiones internas Siemens Sinamics S210

Para la puesta en marcha del equipo, en la cual se permite la parametrización de este (modo de funcionamiento, dirección IP, diagnóstico, prueba de funcionamiento, etc.), existen dos métodos:

- Utilización del servidor web.
- Mediante el uso de TIA PORTAL.

Para la comunicación con el autómat programable, se hace uso de la interfaz de comunicación PROFINET, mediante cable Ethernet RJ45.

Como se ha comentado con anterioridad, al utilizarse más de una unidad de estos equipos, aunque no es necesario, se optó por la utilización de HUB para la comunicación entre el PLC y los distintos servodrive.

Las dimensiones que presenta este equipo son las de la Ilustración 39:

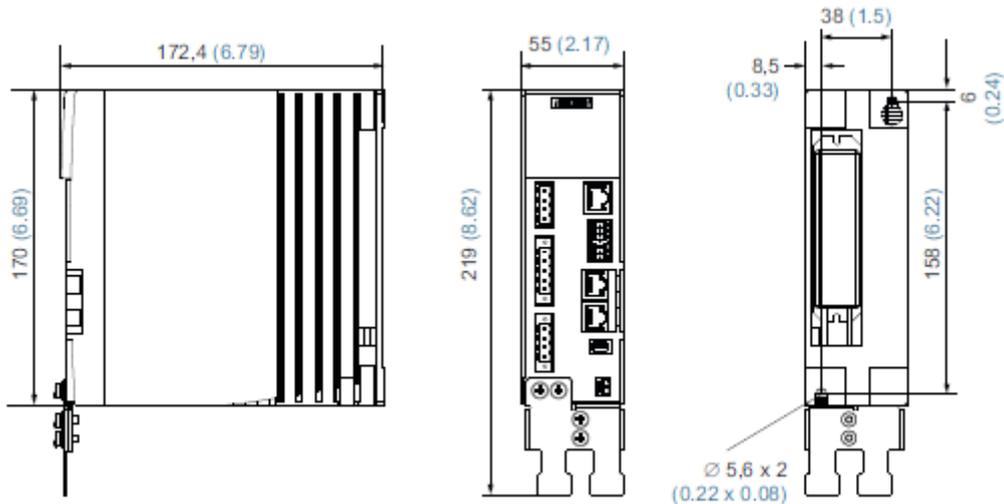


Ilustración 39. Plano acotado Sinamics S210 FSB, 1 AC, dimensiones en mm (pulgadas)

8.1.3. Servomotor Siemens Simotics

Los servomotores son dispositivos de accionamientos que permiten un control preciso tanto en su utilización en control de velocidad, posición y par. Gracias a esta característica que presentan, sus aplicaciones en la industria son aquellas que presentan la necesidad de alta precisión, como puede ser una línea de mecanizado, máquinas CNC, etc. En este tipo de trabajos, las tareas se repiten infinitas veces, a muy alta velocidad, lo que para el servomotor no es ningún inconveniente. Sin embargo, la repetición constante y a alta velocidad, sería algo que un variador de frecuencia no podría asumir.

El servomotor, además, tiene la ventaja de poder mantener el par desde velocidad nula, hasta la velocidad nominal.

Otra idea que se debe tener en cuenta es que los servomotores trabajan en bucle cerrado, lo que les permite medir en todo momento la posición del eje. Para ello, los servomotores tienen incorporados un encoder.

Los encoders ópticos son sensores que permiten detectar el movimiento de rotación del eje. La idea de su funcionamiento es la de convertir una magnitud (posición lineal y angular), en una señal digital. Son colocados solidariamente al eje el cual se quiere conocer su posición. Se utiliza luz para conocer sus medidas. Detectando la presencia o ausencia de luz a través del disco, que permite determinar la posición. Por ello, se añade la Ilustración 40, en donde se indica las distintas partes del encoder.

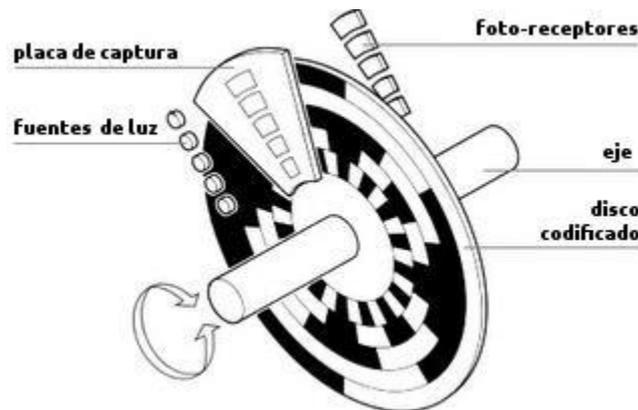


Ilustración 40. Esquema encoder

Como accionamiento para observar el funcionamiento del programa que se propone, el movimiento se llevará a cabo con tres servomotores Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0. Esta nomenclatura tiene el siguiente significado (Ilustración 41):

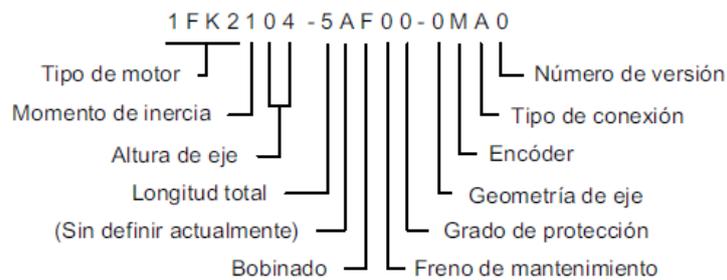


Ilustración 41. Explicación del número de referencia

Alguna de las características a las que se hacen referencia son las siguientes:

- **1FK21:** High Dynamic – Motor con inercia del rotor reducida.
- **1FK2104:** Altura del eje AH 40.
- **1FK2_04:** Clase térmica 155 (F) para una sobretensión del devanado de $\Delta T = 100$ K con una temperatura ambiente de $+40$ °C.
- **Refrigeración:** Refrigeración natural.
- **Rango de servicio:** De -15 a 40 °C, con reducción de potencia en caso de temperaturas más elevadas.
- **Grado de protección EN 60034-5 (IEC 60034-5):** IP64 (Opcional IP65).

Con respecto al encoder que este servomotor equipa, su código es AM22DQC, por lo que se trata de un encoder absoluto multivuelta 22 bits + 12bits (letra identificativa: M).

El servomotor presenta la siguiente placa de características (Ilustración 42):



Ilustración 42. Placa de características Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0.

De la placa de características se puede obtener la siguiente información (Tabla 8):

Tabla 8. Tabla de características obtenida de la placa de características del servomotor Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0.

Descripción/Datos Técnicos	Valor
Referencia	1FK2104-4AK10-1MA0
Nº de serie	YF M9627 9526 01 005
Par Rotor en parado (M_0)	1.27 Nm
Intensidad Rotor parado (I_0)	2.4 A
Velocidad máx. ($n_{m\acute{a}x}$)	8000 /min
Par nominal (M_N)	1.27 Nm
Intensidad nominal (I_N)	2.4 A
Velocidad nominal (n_N)	3000 /min
Tensión inducida a la velocidad nominal (U_{IN})	107V
Clase térmica del sistema de aislamiento	Th.Cl.155 (F)
Masa del motor	3 kg
Grado de protección	IP64
Clase de refrigeración (EN60034-6)	IC410
Identificación tipo de encoder	AM22DQC G02
Datos freno de mantenimiento	24VDC – 13w – 3.3Nm

43. Las dimensiones que presenta el servomotor son las que se muestran en la Ilustración

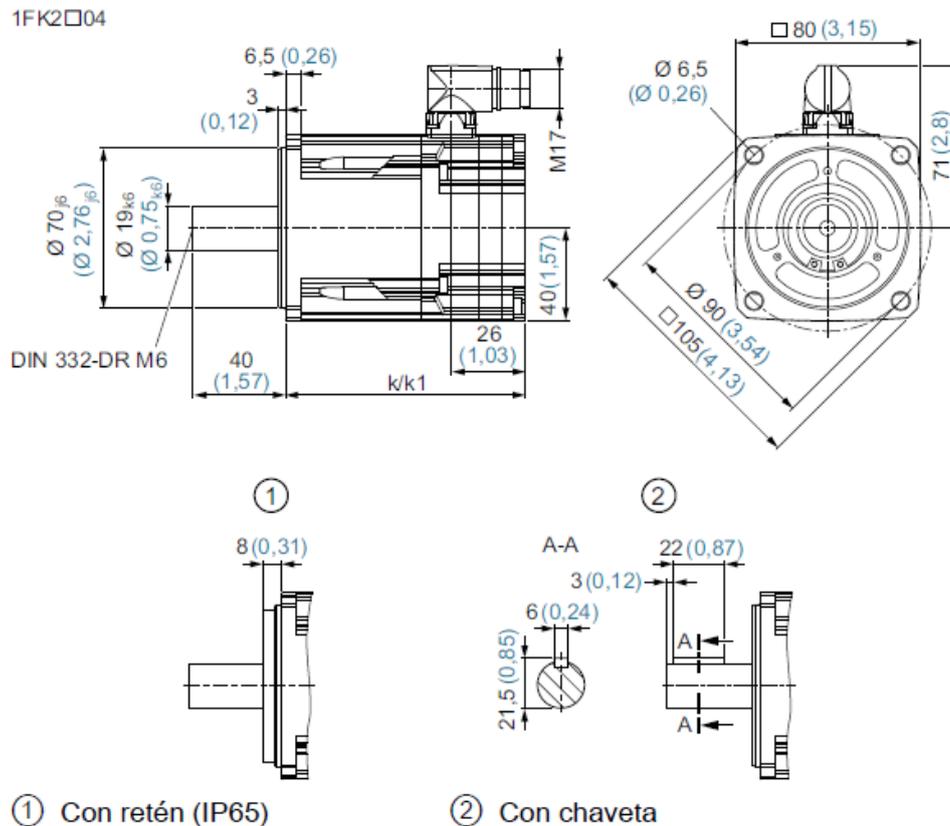


Ilustración 43. Plano acotado Simotics 1FK2, altura de eje 40, dimensiones en mm (pulgadas)

Para el caso del modelo que se utiliza en los ensayos, considerar que tiene chaveta y el valor de la cota k es de 98 mm (3.86”).

Toda la información que se ha mostrado en este subapartado ha sido obtenida directamente desde el manual de Siemens correspondiente al accionamiento S210 (Siemens, 2019). En caso de necesitar más información el lector, se remite al manual.

8.1.4. Computadora

Para la programación del PLC, ha sido necesario el uso de un ordenador que dispusiera del software Siemens TIA Portal. En el apartado 7.3 de la presente memoria, se explica con más detalle en que consiste la programación propuesta por el autor y como ha sido desarrollado.

Además, el PC se ha utilizado como estación de trabajo en donde se simulaba la interfaz scada diseñada para la supervisión del sistema y la simulación del aparcamiento robotizado, como previamente ha sido indicado en el punto 7.3.3.

8.2. Protocolo de comunicación

En este apartado se va a explicar el protocolo que se utiliza para la comunicación entre los equipos que se utilizan en el puesto de simulación. Este es el protocolo PROFINET, el cual se utiliza para la comunicación entre el ordenador y el autómatas programable, y el autómatas programable y los servodrivvers.

Para esto último, y tal como se ha comentado en previamente, se decide utilizar un dispositivo HUB para la comunicación entre el PLC y los servoaccionamientos, con el objetivo de centrar dichas conexiones en un mismo punto.

El estándar PROFINET se trata de la evolución del estándar abierto de Ethernet Industrial utilizado para los sistemas automatizados. Permite la comunicación en tiempo real desde el nivel de campo (PLCs y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet).

PROFINET es capaz de establecer prioridades en la red, evitando así colapsos en la red debido a una posible saturación, lo cual le otorga un aumento de seguridad en términos de comunicación.

PROFINET recibe el nombre porque es PROFIBUS sobre Ethernet, ofreciendo soluciones para fábricas y procesos automatizados, para seguridad, aplicaciones que requieran de control de movimiento sincronizado, como es el caso de los sistemas de tres ejes y una aplicación como la que se expone en este proyecto. La comunicación PROFINET se basa en los protocolos Ethernet, UDP, TCP e IP.

Para la comunicación entre el controlador y el servomotor, se utiliza la interfaz PROFIDrive de PROFINET.

Las características principales del protocolo PROFINET de comunicación son las siguientes (Aula 21, 2020):

- Instalación flexible y topología de red.
- Escalable a tiempo real.
- Gran disponibilidad.
- Seguridad integrada (PROFIsafe).
- Desarrollo continuo.
- Alta velocidad.
- Diagnóstico avanzado.
- Facilidad de instalación.

8.3. Montaje banco de ensayos

Para este punto se va a abordar las ideas correspondientes al banco de ensayos montado en el DIE por parte del autor durante la fase de desarrollo correspondiente al programa de control y del diseño de la interfaz gráfica.

Basándose en el esquema mostrado previamente en la Ilustración 34, se realiza la interconexión de los distintos equipos.

Para la comunicación entre el PC y el PLC, se utiliza un cable ethernet. Del mismo modo, y ya que el autómatas programable incluye un segundo puerto ethernet, este se conecta con el HUB de la empresa TP-link que se ha utilizado.

El HUB que se utiliza, dispone de 8 puertos RJ45, aunque únicamente se utilizan 4 de ellos, ya que contando con el del autómatas programable, los otros 3 son los correspondientes a cada uno de los controladores de los servomotores.

Como se ha comentado en el apartado 8.2, para la conexión entre los servodrivs y los servomotores, se utiliza los cables correspondientes a PROFIdrive.

Para la alimentación de los equipos, se hizo uso de cableado monofásico para conectar el autómatas programable y los 3 controladores a la línea de 230 V AC y de 50 Hz. Además, y tal como se especifica en el subapartado 8.1.2, es necesario alimentar con tensión continua a los 3 controladores, por lo que se necesitó de una fuente de alimentación externa que fuera capaz de proporcionar los 24 V CC necesarios para el funcionamiento de los equipos.

Por ello, el puesto de trabajo que se realizó para los testeos quedó de la forma en la que se muestran en la Ilustración 44.

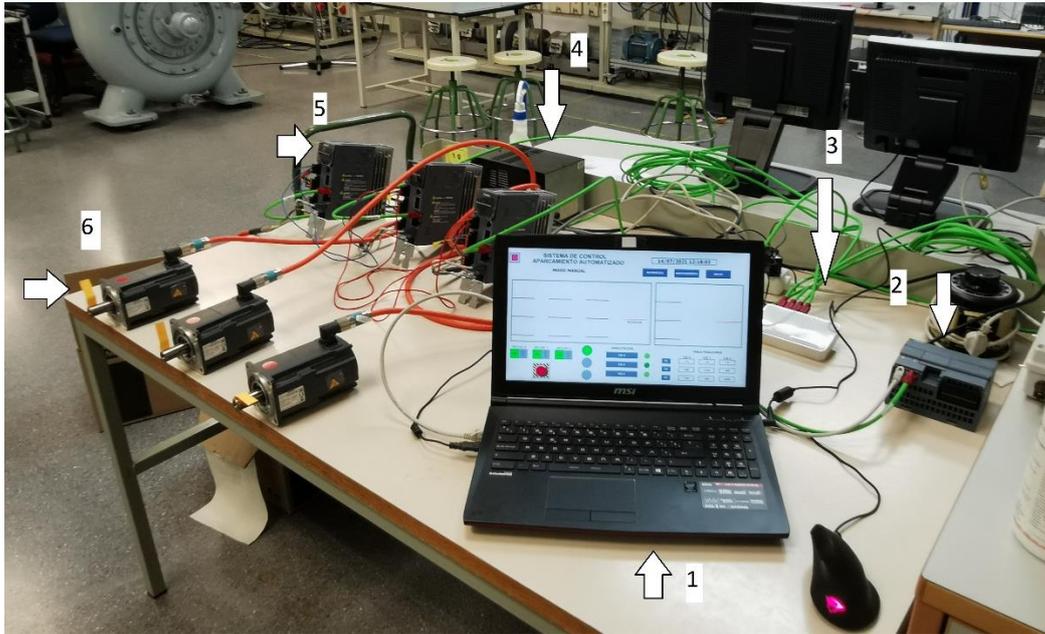


Ilustración 44. Banco de pruebas

- 1- PC.
- 2- Autómata programable Siemens S7-1200.
- 3- HUB TP-Link.
- 4- Fuente de alimentación externa de tensión continua.
- 5- Servodrivers Sinamics S210.
- 6- Servomotores Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0.

9. Conclusiones

En el presente proyecto ha sido posible abarcar campos de las distintas ramas que conforman un sistema mecatrónico gracias a la idea de la aplicación de un aparcamiento automatizado: electrónica, mecánica y eléctrica.

Se han puesto en práctica conocimientos adquiridos por el alumno durante la fase de estudio del Máster de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Valencia. Del mismo modo, se han utilizado software que han sido conocidos por primera vez en el transcurso del máster y volver a usar programas estudiados en el Grado de Ingeniería Eléctrica y profundizar aún más en ellos.

Se ha conseguido diseñar y comprobar un sistema de control para la aplicación que se trabajaba, con unos resultados satisfactorios y cumpliendo una de las premisas principales que se tenía desde el principio, el diseño de un programa que pudiera ser reutilizado para distintas configuraciones de aparcamientos y sin la necesidad de un elevado cambio en el código, permitiendo así un ahorro en tiempo en futuros proyectos o demostraciones en los cuales se vayan a utilizar.

Correcta configuración de los equipos de la empresa Siemens con el software TIA Portal, los cuáles eran desconocidos por el alumno. Otra idea a destacar es el hecho de haber utilizado un PLC S7-1200, que tiene un menor coste que el S7-1500, pero que ha demostrado su correcto funcionamiento en la aplicación en el banco de ensayo.

Diseño de una propuesta de sistema aparca coche con el software SolidWorks, permitiendo así cumplimentar la parte mecánica del proyecto. Mientras, para la parte eléctrica, la elección de un accionamiento y teniendo que ser selectivo a la hora escoger el equipo correspondiente al sistema de elevación con el uso de catálogos de distintos proveedores, algo muy importante en el mercado laboral.

Se trata de una aplicación que actualmente es implementada y que se verá aumentada con el paso del tiempo debido a lo comentado en el apartado 2, en las ventajas de los aparcamientos automatizados, puesto que cada vez hay un menor número de metros cuadrados en las grandes ciudades para edificar y con la existencia de edificios abandonados que podrían utilizarse para albergar este tipos de aparcamientos, puesto que el número de vehículos propios sigue hoy en día en números respetables y es algo que va a perdurar por mucho tiempo. Además, las personas cada vez prefieren una vida más automatizada, como es el caso del desarrollo de los vehículo autónomos, haciendo que los individuos tengan que realizar menos tareas que pueden considerar superfluas o que simplemente no son de su agrado.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

2. Anexo

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021



Anexo

1. Programa de control.....	86
1.1. Configuración	86
1.2. Programación	87
1.3. Programa completo.....	92
2. Scada	126
2.1. Inicio	126
2.2. Manual.....	128
2.3. Automático.....	130
2.4. Mantenimiento	132
2.5. Alarmas.....	134
3. Informe estudio de carga	136

1. Programa de control

En este punto se va a mostrar todo el programa de control que se ha implementado para el correcto funcionamiento del aparcamiento automatizado.

1.1. Configuración

El primer punto que se debe abordar cuando se trabaja con el software de programación TIA Portal, para este proyecto se ha hecho uso de la versión 16, debe ser el de la configuración de los equipos correspondientes.

Cuando se abre el TIA Portal, el primer paso a realizar es la de crear un proyecto, lo cual se lleva a cabo en una primera interfaz de fácil interpretación y que presenta grandes similitudes con cualquier interfaz que se puede observar en programas compatibles con el sistema operativo Windows, indicando el nombre que debe llevar el documento que se crea y la ubicación de este dentro del disco duro del equipo que se utiliza para programar.

Con el proyecto creado, el usuario se encontrará con la interfaz de trabajo mostrada en la Ilustración 45.

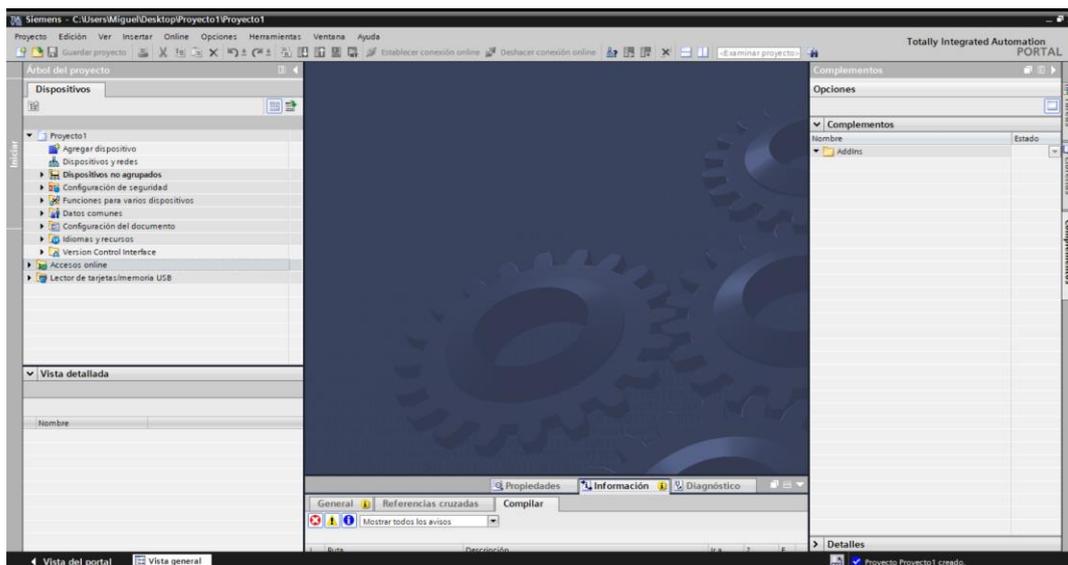


Ilustración 45. Interfaz básica de TIA Portal

Se deben añadir los equipos correspondientes para poder trabajar con ellos y para ello se debe usar la columna de la izquierda, en el icono donde indica "Agregar dispositivo". Cuando este es seleccionado, emerge una nueva ventana mostrando los distintos dispositivos que incluye la versión de TIA Portal con los que se puede trabajar. Para este caso, se añadieron todos los equipos explicados en el apartado 8.1 de la memoria, con el PC que incluye WinCC para poder crear el Scada a posteriori.

Tras añadir todos los equipos necesarios para la aplicación, se selecciona el punto de "Dispositivos y redes", en donde se realizan de forma virtual, las interconexiones entre los

equipos. Para este caso, se puede observar el esquema necesario para el puesto de trabajo en la Ilustración 46.

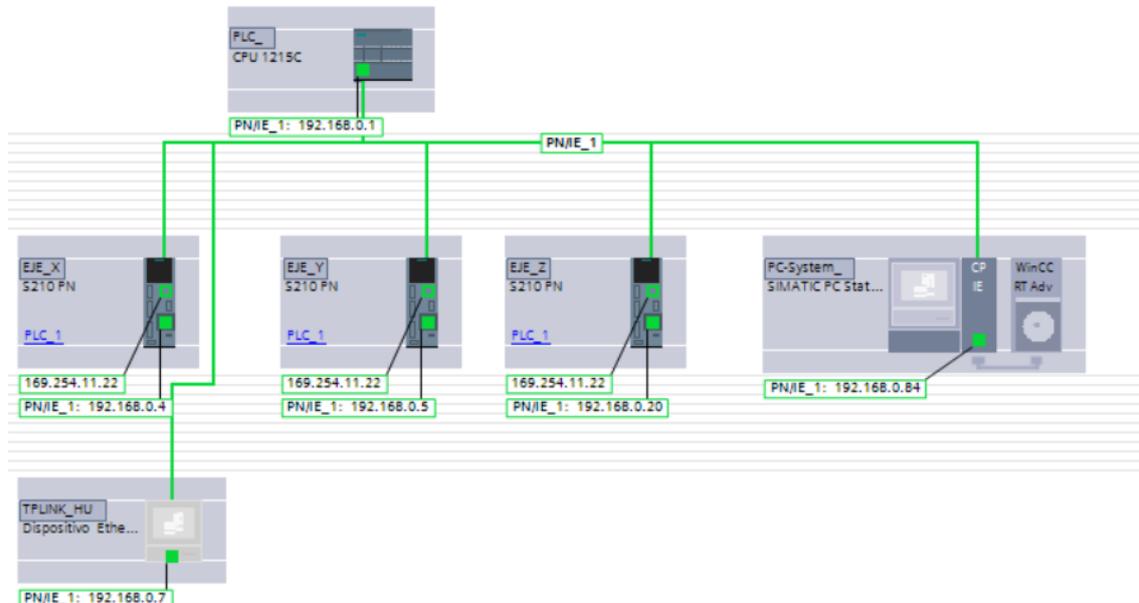


Ilustración 46. Esquema en TIA Portal de la vista de redes

Asociando una dirección IP correspondiente a cada uno de los equipos correspondientes y realizando el montaje de la Ilustración 44, se verifica la conexión online y que el software es capaz de detectar cada uno de los equipos.

Tras ello, se le asocia a cada equipo la IP correspondiente como se ha definido en la Ilustración 46 y colocándoles a todos la misma máscara de subred: 255.255.255.0.

Para mayor detalle de la configuración a realizar para cada equipo en concreto, se remite a la lectura de los manuales correspondientes al PLC (Siemens, 2014) y a los de los servocontroladores (Siemens, 2019).

1.2. Programación

El siguiente paso a realizar es el corresponde con la programación del PLC para que el funcionamiento de los equipos sea el deseado en su conjunto y se pueda llevar a cabo la aplicación del parking automatizado.

A la hora de abordar esta fase del proyecto, se debe conocer los distintos lenguajes con los que se pueden programar en TIA Portal, los cuales son:

- Diagrama de contactos o Ladder(KOP).
- Texto estructurado (SCL).
- Diagramas de función o puertas lógicas (FUP).

Es cierto que existen más lenguajes dentro del mundo de la automatización industrial como son el lenguaje *Grafcet*. Sin embargo, con la versión de TIA Portal con la que se ha realizado el proyecto, aparecían como opciones las enumeradas previamente.

De los lenguajes disponibles, se deciden utilizar el KOP y el SCL. Se descarta el de las puertas lógicas debido a que el autor se encuentra más familiarizado con los otros dos y ambos dan la opción de crear un código más limpio y fácil de interpretar.

El programa principal o Main se realizará mediante lenguaje KOP y se abarcan las siguientes acciones:

- **Activación de accionamientos.**

Son los bloques encargados de permitir la comunicación entre el controlador y el servomotor.

- **Parada de ejes.**

Son los bloques encargados de parar los servomotores cuando se activan.

- **Modos manuales.**

Bloques correspondientes con los modos manuales y de mantenimiento.

- **Llamada a los bloques de función del modo automático.**

Bloques correspondientes al modo automático. Estos se pueden observar en la Ilustración 47.

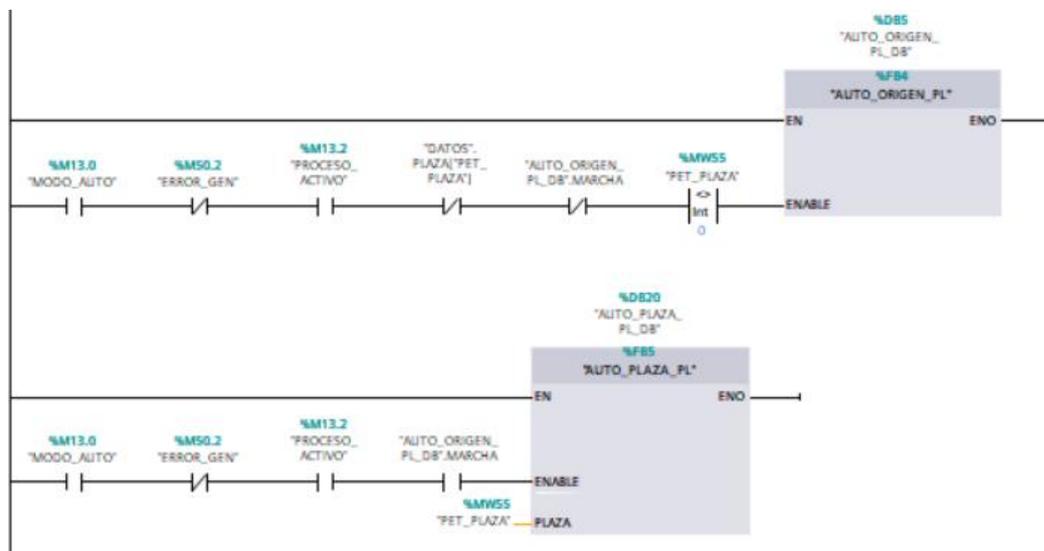


Ilustración 47. Fragmento código principal en el segmento del modo automático

- **Posicionamiento para la interfaz gráfica.**

Función dedicada a transformar las señales de los encoders de cada uno de los servomotores a datos enteros para poder visualizar en el SCADA la posición exacta de la plataforma.

- **Llamada al bloque de función de alarmas.**

Activación de las alarmas.

- **Señalización de estados.**

Encargado de indicar el estado en el que se encuentra el sistema en cada momento.

Además, con el lenguaje KOP se trabajará también el bloque de función correspondiente a las alarmas. Las distintas alarmas con las que cuenta el sistema en caso de error son las que se indican a continuación:

- **Tiempo de proceso excedido.**

En el caso en que el proceso de aparcamiento o retirada de vehículos tarde más de un tiempo normal o habitual, se considera que el funcionamiento no es el habitual y que ha podido surgir algún fallo.

- **Sobrepasar los límites.**

Cuando se superan los límites establecidos.

- **Parada de emergencia.**

En caso de producirse una parada de emergencia en el sistema, esta debe quedar registrada.

- **Petición de plaza incorrecta.**

Se considera la posibilidad de un fallo por parte del autómatas en la que active el proceso contrario a la situación real en el modo automático. Esto quiere decir que en caso de que se active el proceso de aparcamiento del vehículo y la plaza ya está ocupada, y viceversa, la de retirar un vehículo en una plaza que se encuentre fallida.

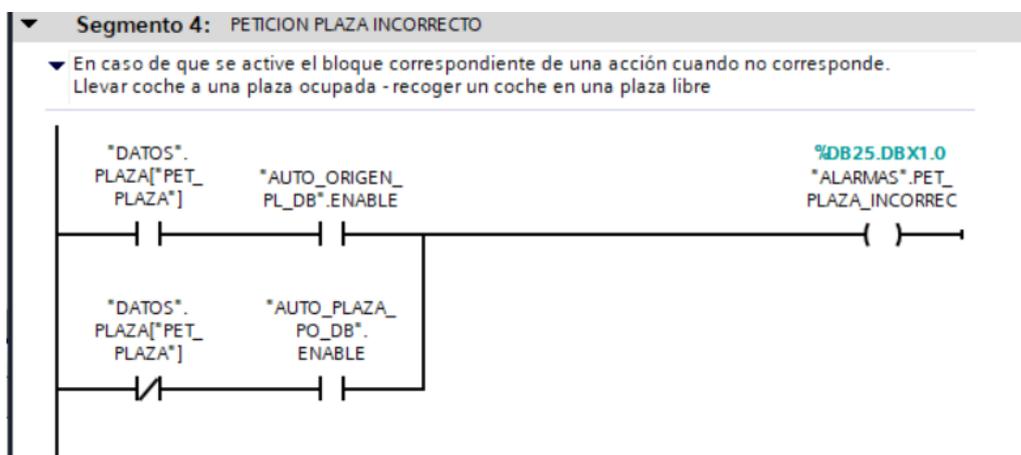


Ilustración 48. Parte de código bloque de función alarmas - avisos, segmento petición de plaza incorrecto

- **Error en eje.**

Situación en la que los variadores de los servomotores presenten algún fallo.

El texto estructurado (SCL) se utiliza para la programación de los bloques de función del modo automático. Esta elección se debe a que se trata del proceso con mayor complejidad a la hora de realizar dentro del apartado de programación y el texto estructura resultaba la opción más correcta a la hora de realizar un programa más pulido y de planteamiento más sencillo con respecto al de diagramas de contactos para esta parte del programa.

Para afrontarlo de forma más sencilla, se decide diferenciar las 4 etapas dentro del proceso del modo automático, por lo que se han realizado cada etapa en un bloque de función propio, los cuales son:

- **Ir a origen cuando la plaza está libre.**

Se encarga de ir a recoger el coche que ha depositado el propietario en la zona de recepción.

- **Ir a plaza cuando está libre.**

Tras recoger el coche en la recepción, la plataforma de traslado de vehículos lleva el coche a la plaza correspondiente. Se puede ver la forma de programación de estos bloque en la Ilustración 49.

```

54 □ #IEC_Timer_0_Instance(IN:=#SITUADO_X_Y AND #SITUADO_Z[1],
55     PT:=T#5s,
56     Q=> #AUX_2);
57
58 □ IF #AUX_2 = TRUE THEN
59
60     #SALIDA_PLATAFORMA := TRUE;
61     #i := 1;
62
63 END_IF;
64
65 □ #SR_Instance_3(SET := #ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[1] AND #SALIDA_PLATAFORMA,
66     RESET := #AUX,
67     Q => #SITUADO_Z[2]);
68
69 □ #IEC_Timer_0_Instance_2(IN := #AUX_2 AND #SITUADO_Z[2],
70     PT := T#1s,
71     Q => #AUX);
72
73 // FIN DE PROCESO DE DEPOSITAR VEHICULO

```

Ilustración 49. Parte del código del modo automático en el bloque de función de plaza libre

- **Ir a plaza cuando está ocupada.**

Va a recoger el vehículo del cliente que ha solicitado su retirada del aparcamiento.

- **Ir a origen cuando la plaza está ocupada.**

Tras la retirada del vehículo de su plaza, la plataforma se encarga de llevarlo al punto de recepción para ser devuelto el coche a su propietario.



Como uno de los objetivos principales a la hora de realizar el programa es el hecho de que este pueda ser reutilizado en futuras instalaciones que presenten características diferentes a las de este proyecto, se decide utilizar bloques de datos correspondientes a los datos principales del aparcamiento: Ubicación de las plazas en los tres ejes y estado de las plazas.

También ha sido utilizado un bloque de datos para las alarmas, para poder registrarse en la interfaz gráfica y conocer de primera mano el posible fallo que existe en el sistema por parte del operario.



1.3. Programa completo

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
MC-Servo [OB91]					
MC-Servo Propiedades					
General					
Nombre	MC-Servo	Número	91	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	1.0	ID personal- izado	
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.		
▼ Input					
Initial_Call		Bool			
PIP_Input		Bool			
PIP_Output		Bool			
IO_System		USInt			
Event_Count		Int			
Synchronous		Bool			



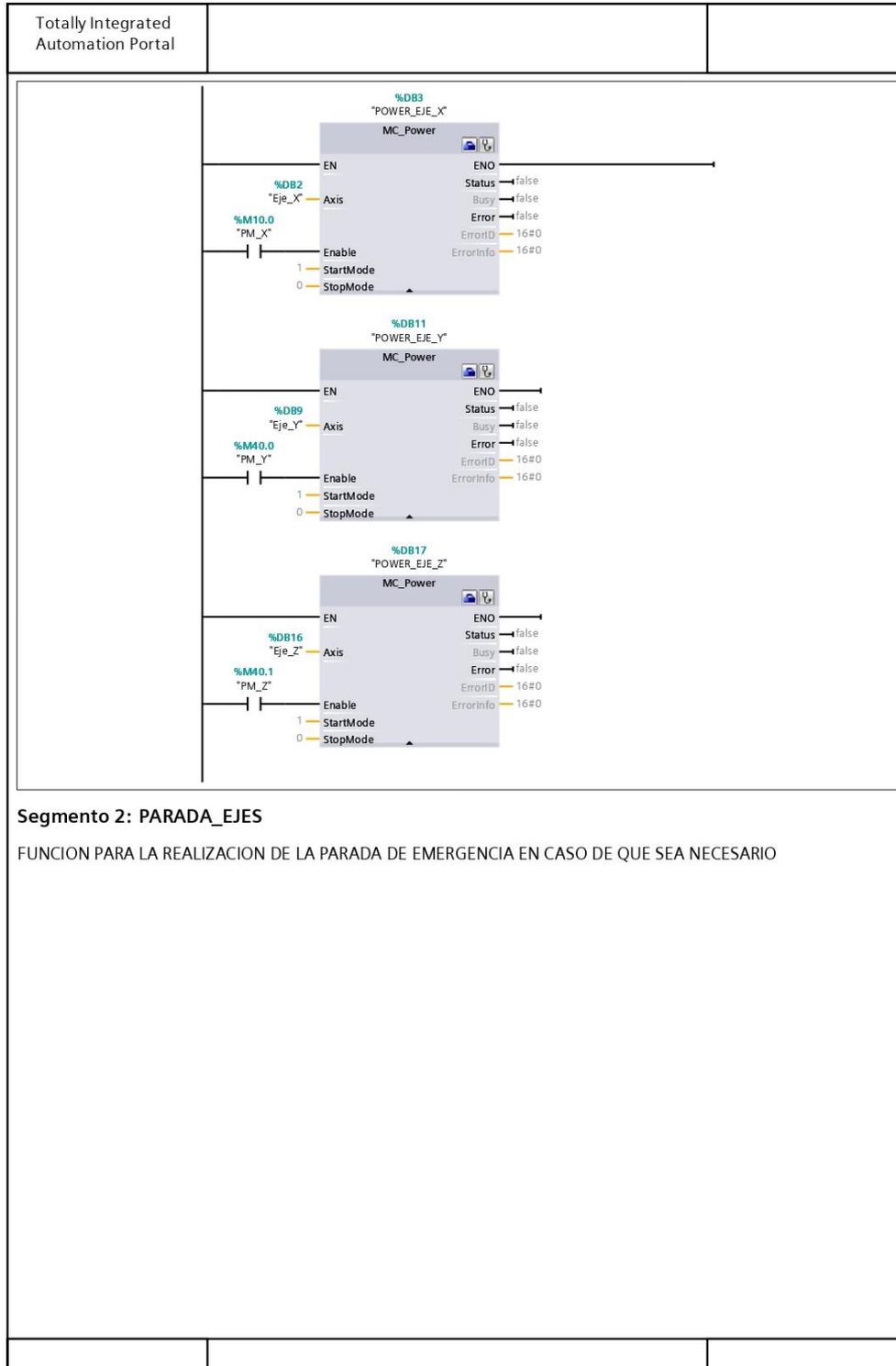
Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
MC-Interpolator [OB92]					
MC-Interpolator Propiedades					
General					
Nombre	MC-Interpolator	Número	92	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	1.0	ID personali- zado	
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.		
▼ Input					
Initial_Call		Bool			
PIP_Input		Bool			
PIP_Output		Bool			
IO_System		USInt			
Event_Count		Int			
Reduction		UInt			

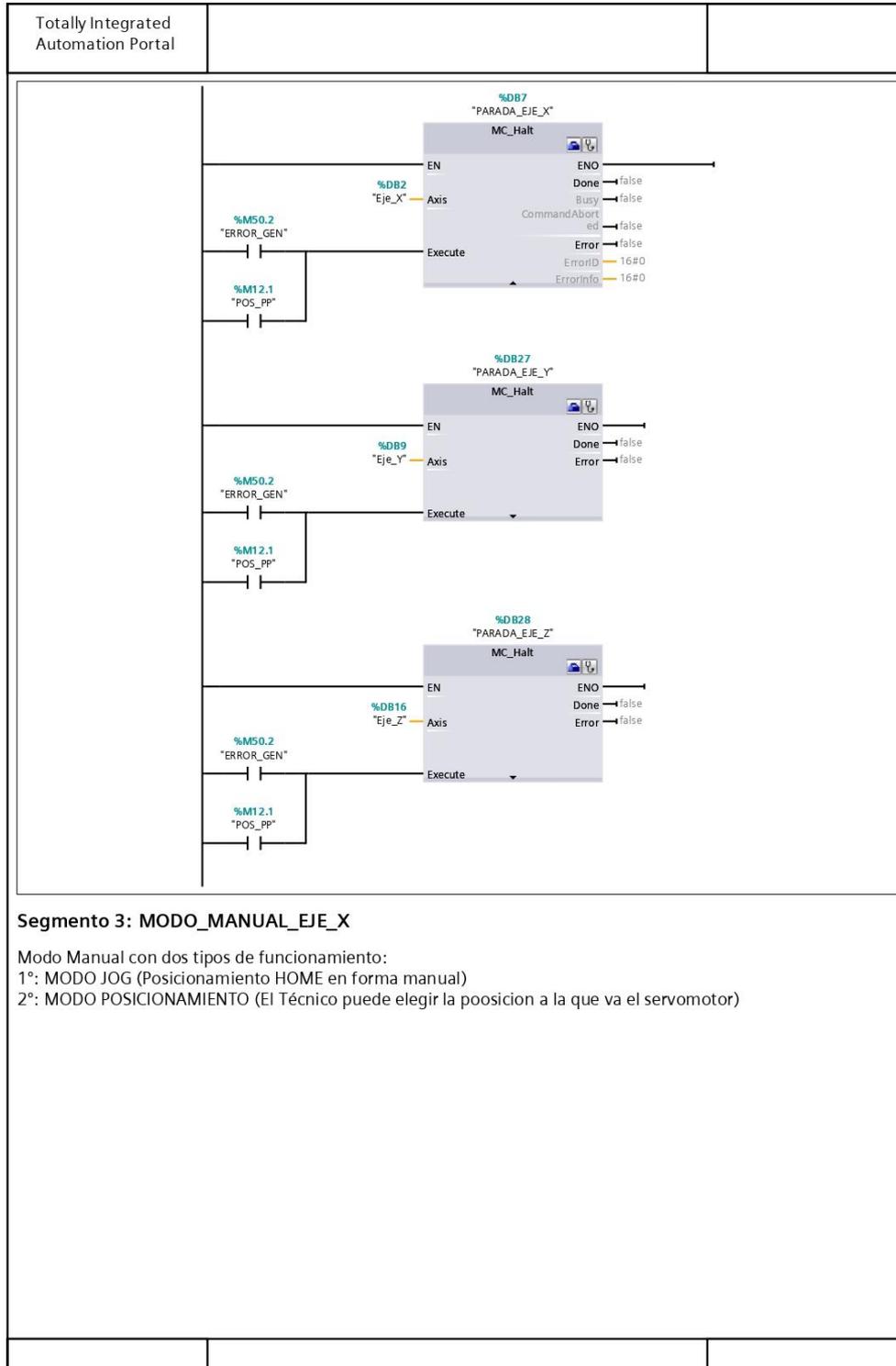


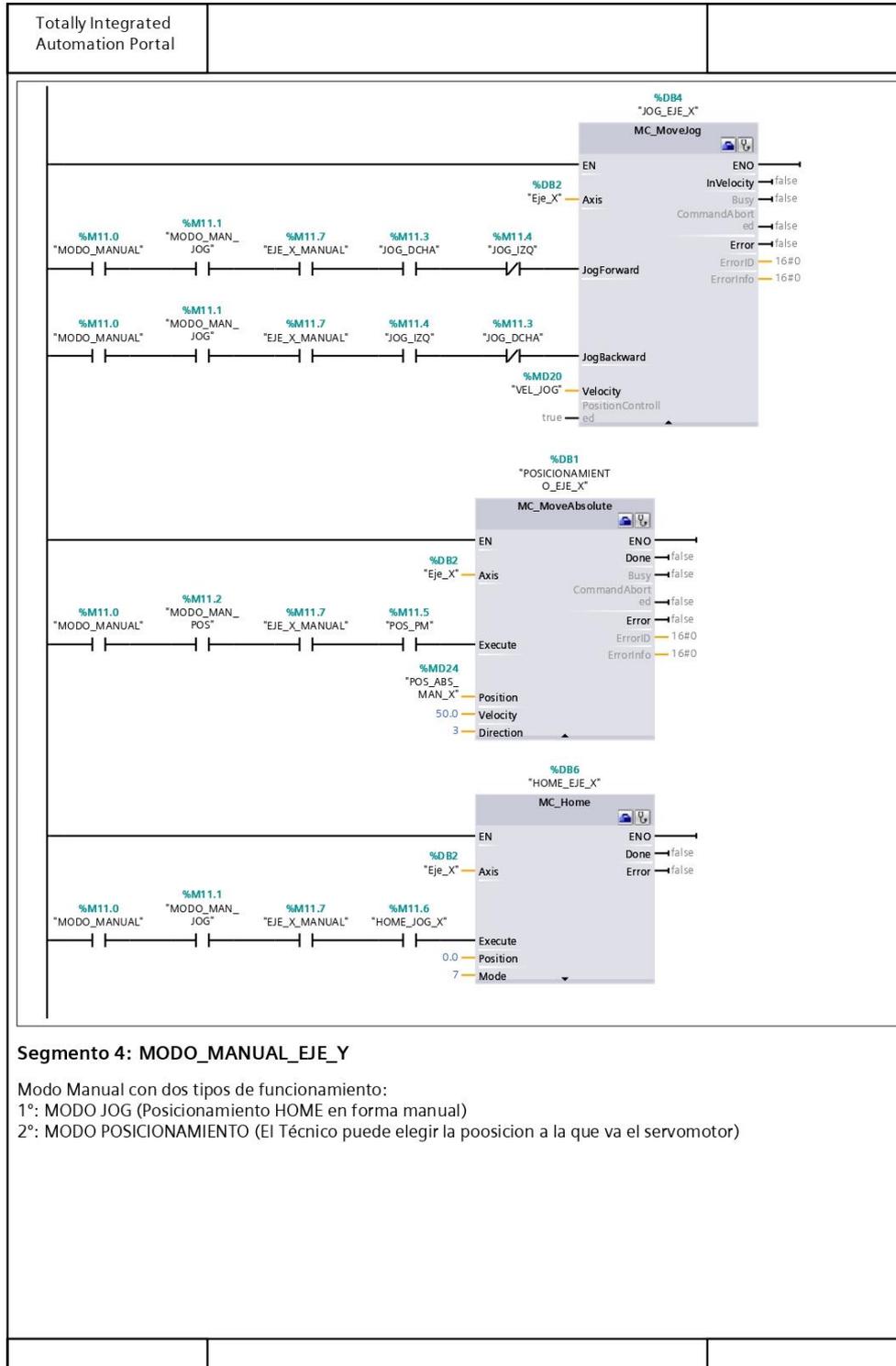
Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
DATOS [DB50]					
DATOS Propiedades					
General					
Nombre	DATOS	Número 50	Tipo	DB	
Idioma	DB	Numeración	Manual		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personal- izado	
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia		
▼ Static					
PLAZA	Array[0..9] of Bool		False		
LUZ	Array[0..9] of Bool		False		
POSICION_X	Array[0..9] of Real		False		
POSICION_Y	Array[0..9] of Real		False		
POSICION_Z	Array[0..2] of Real		False		

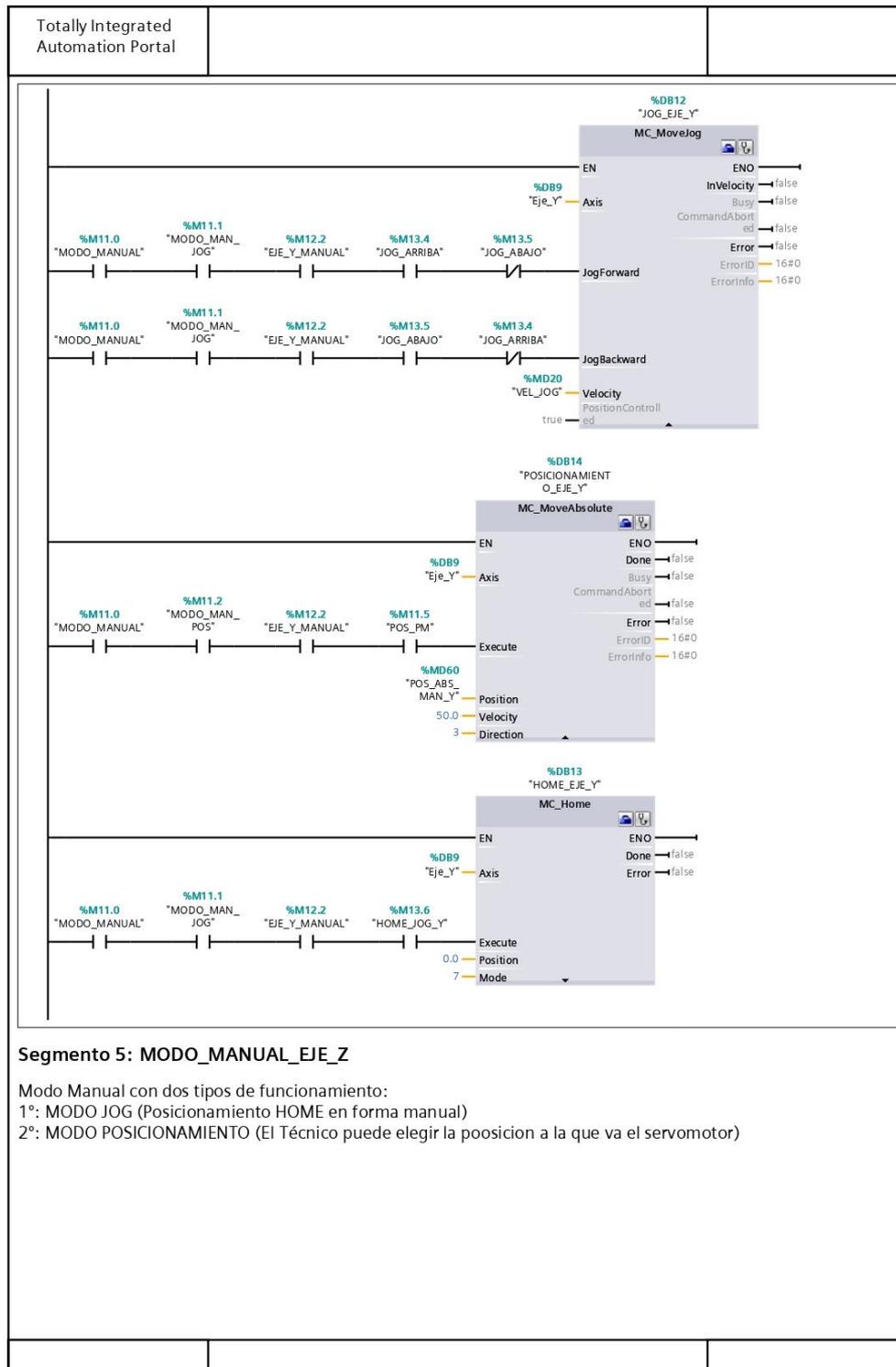


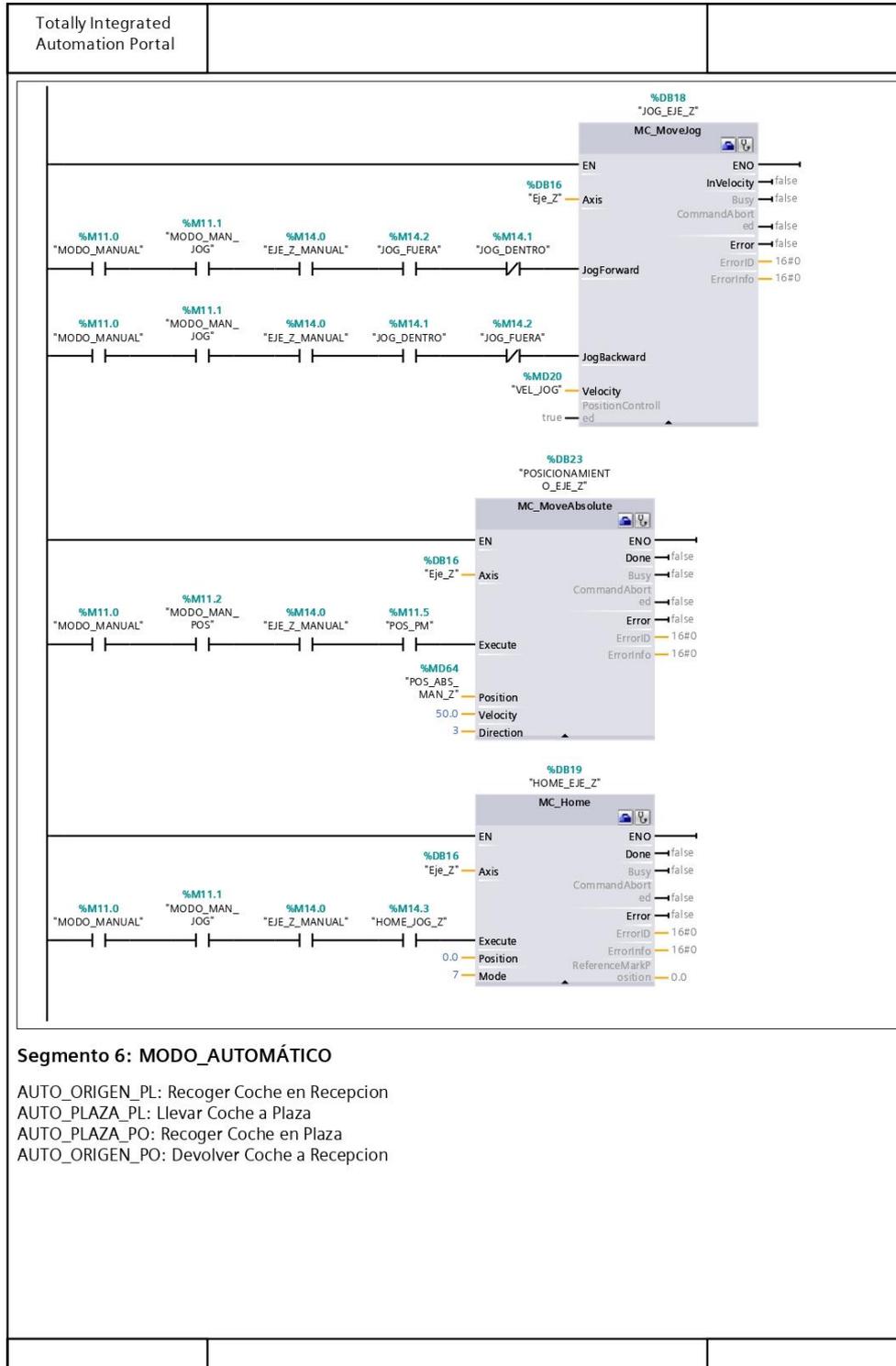
Totally Integrated Automation Portal			
Bloques de programa			
Main [OB1]			
Main Propiedades			
General			
Nombre	Main	Número	1
Idioma	KOP	Numeración	Automático
Información			
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
		Comentario	Programa principal para el correcto funcionamiento de los distintos elementos que conforman el parking automatizado
Familia		Versión	0.1
		ID personalizado	
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input			
Initial_Call		Bool	
Remanence		Bool	
Temp			
Constant			
Segmento 1: ACTIVAR_EJES			
Habilitacion de accionamientos			

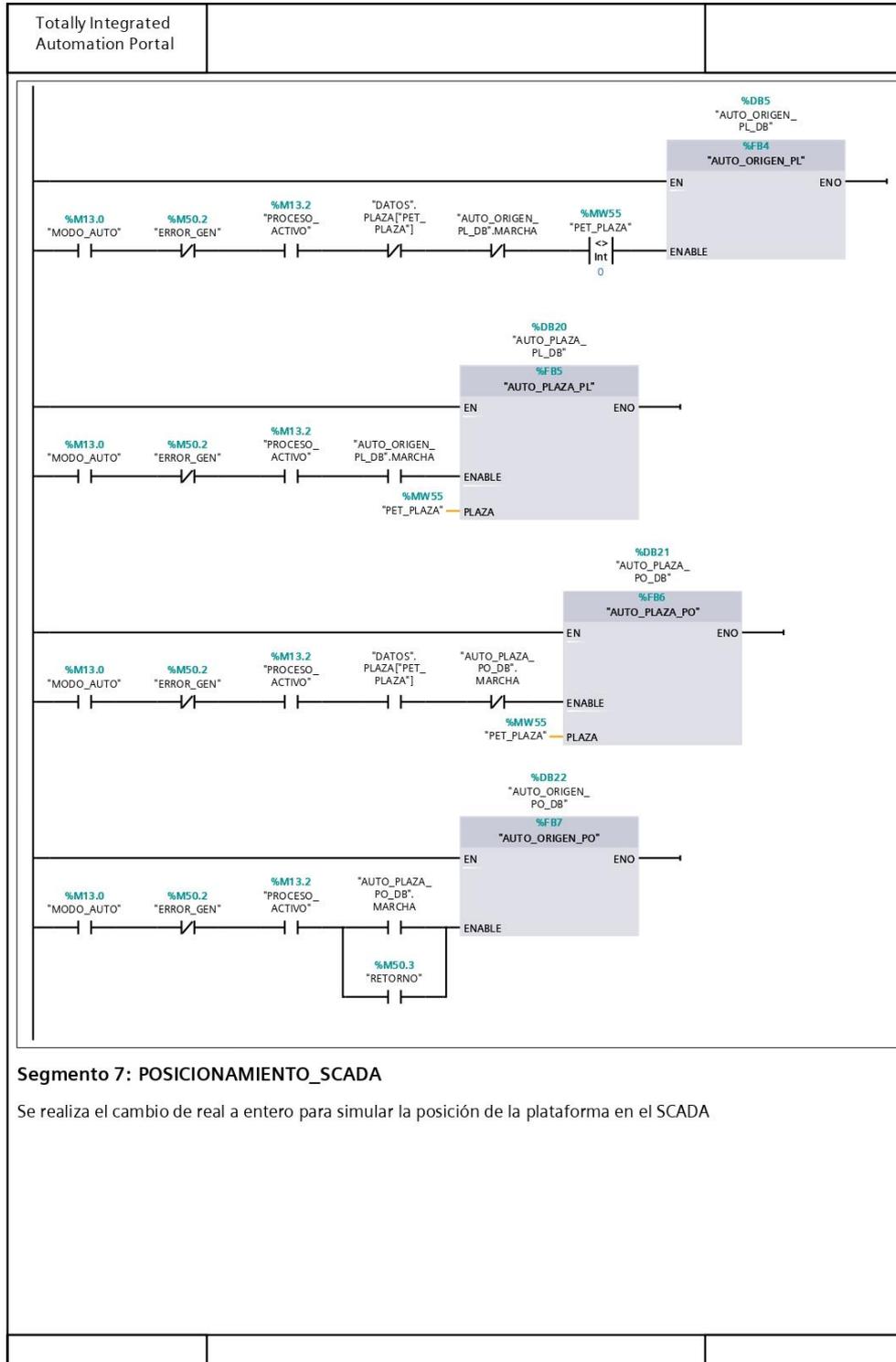


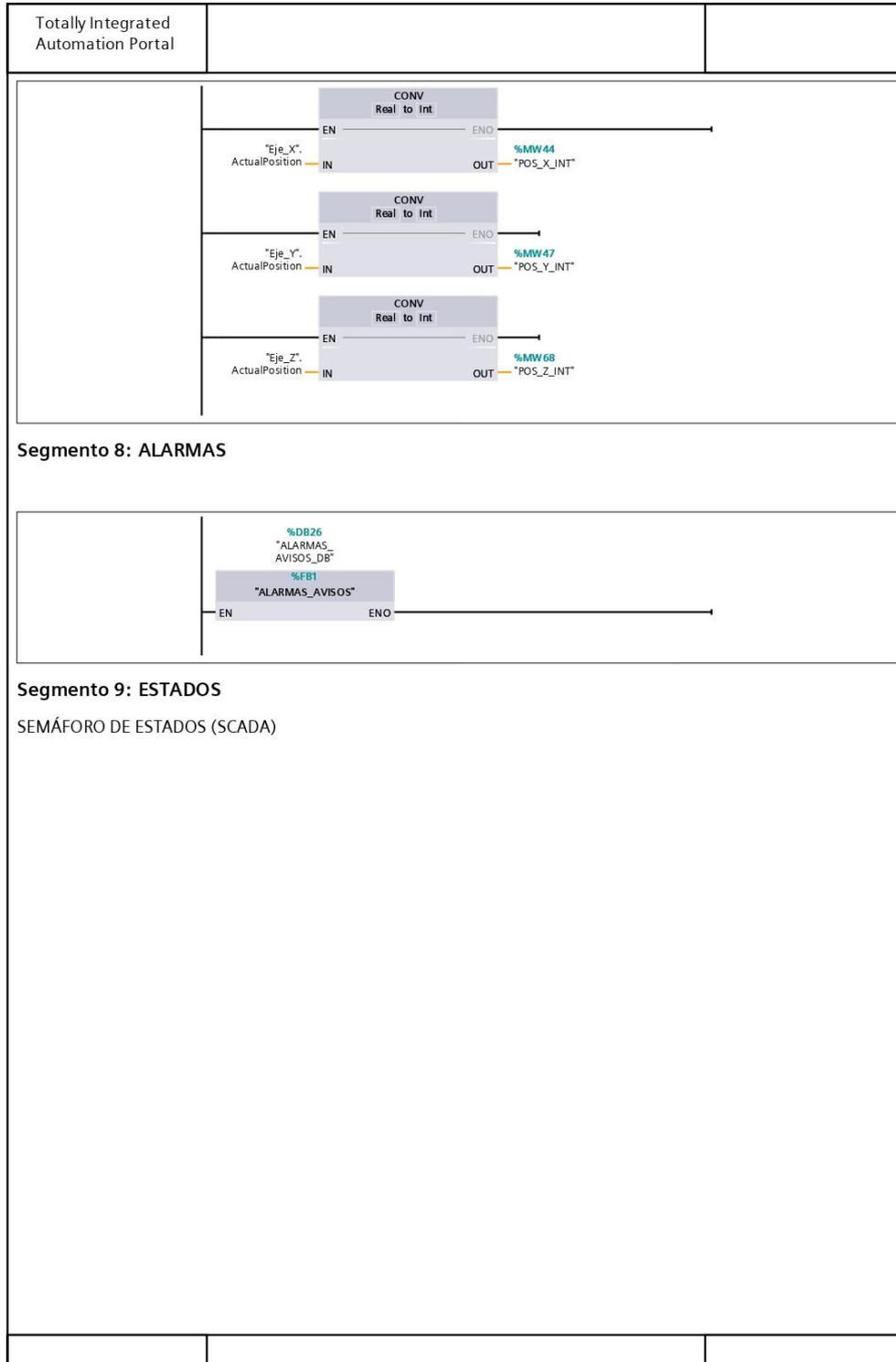


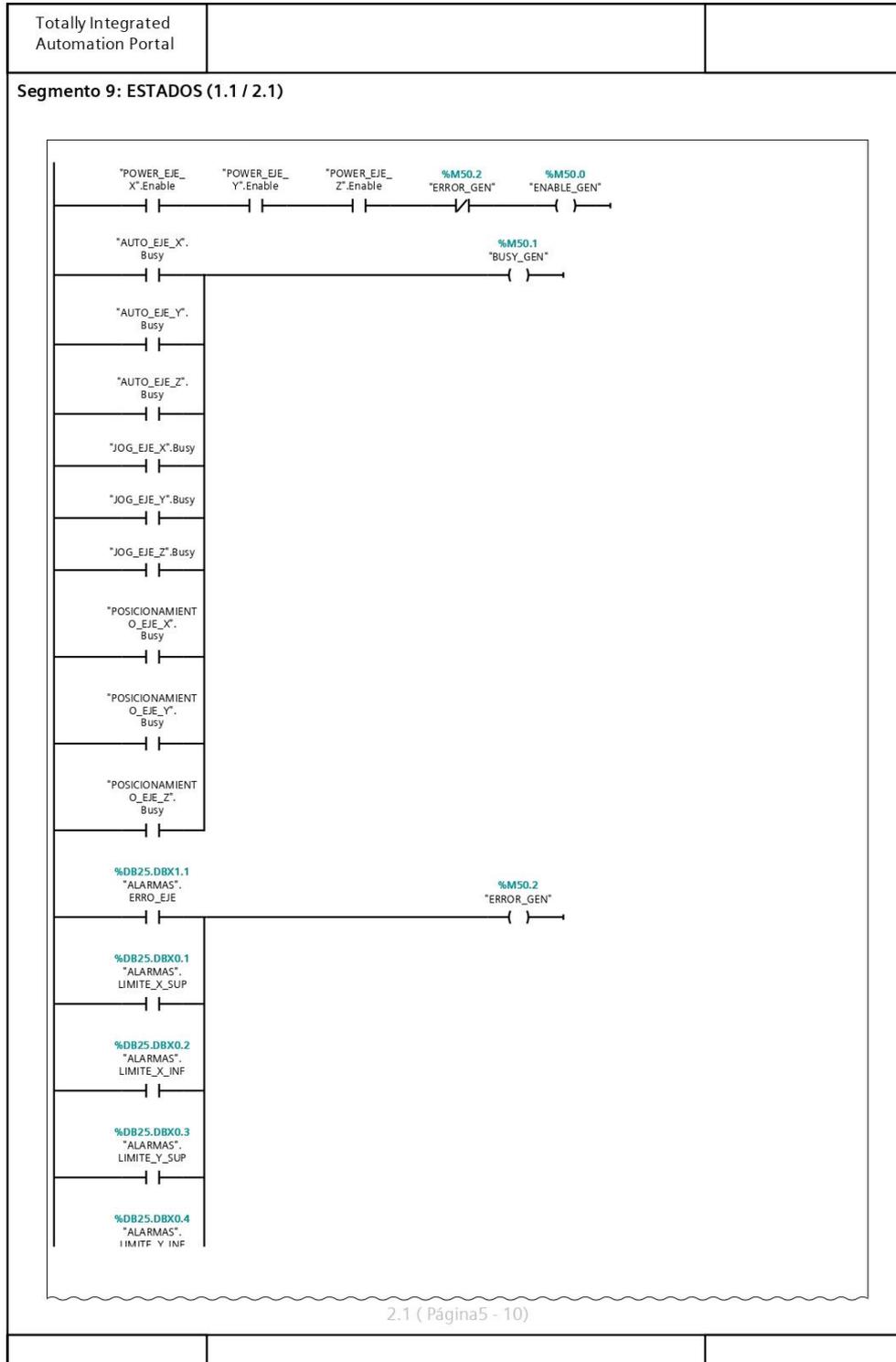


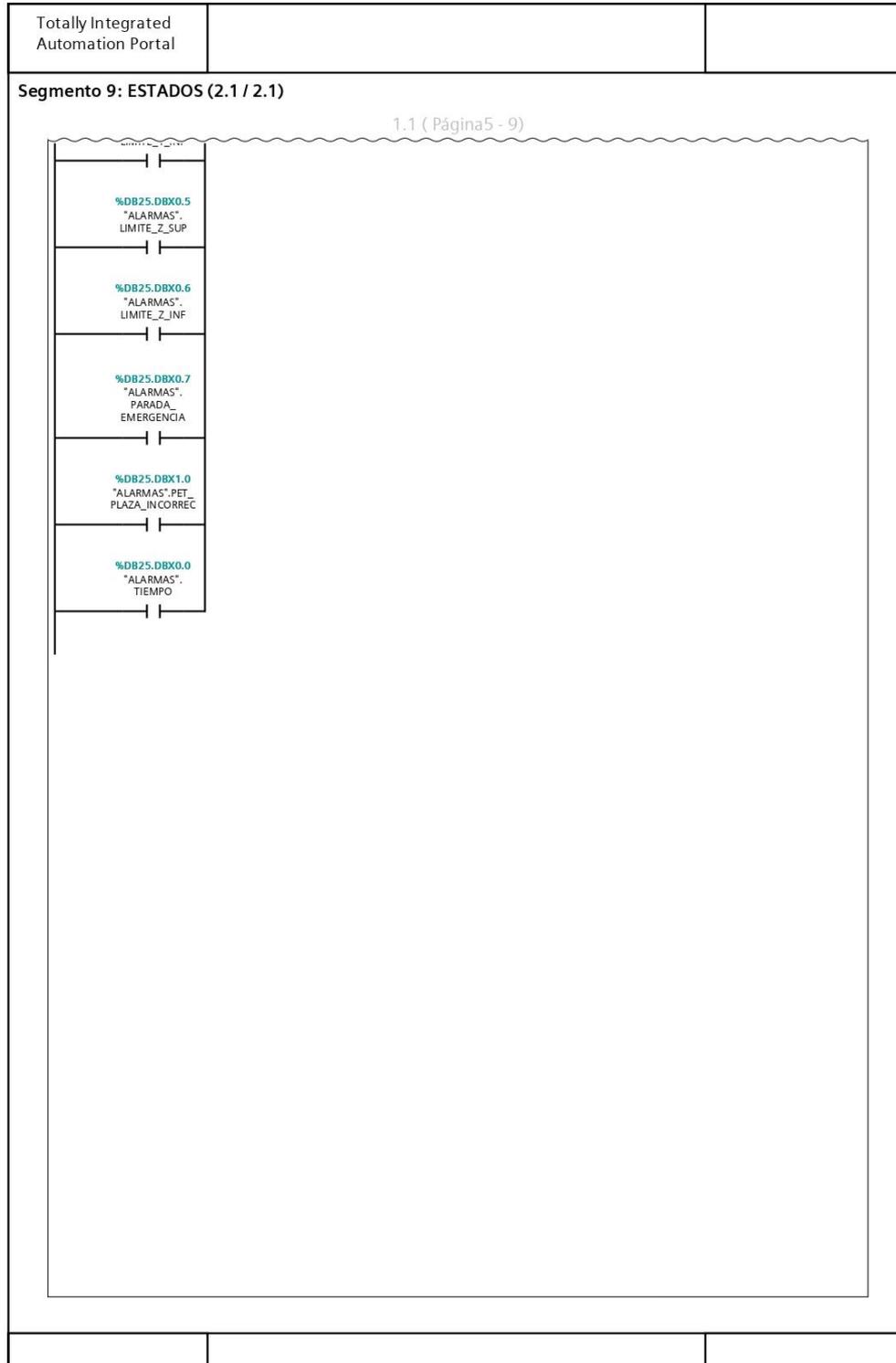












Totally Integrated Automation Portal					
<h2 style="margin: 0;">Bloques de programa</h2> <h3 style="margin: 0;">SR [FB3]</h3>					
SR Propiedades					
General					
Nombre	SR	Número	3	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Nombre			Tipo de datos		
▼ Input			Valor predet.		
SET	Bool	false		No remanente	
RESET	Bool	false		No remanente	
▼ Output			Remanencia		
Q	Bool	false		No remanente	
InOut					
Static					
Temp					
Constant					
Segmento 1:					

Totally Integrated Automation Portal																																																																													
<h3>Bloques de programa</h3> <h4>AUTO_ORIGEN_PL [FB4]</h4>																																																																													
AUTO_ORIGEN_PL Propiedades																																																																													
General																																																																													
Nombre	AUTO_ORIGEN_PL	Número	4	Tipo	FB																																																																								
Idioma	SCL	Numeración	Automático																																																																										
Información																																																																													
Título		Autor		Comentario																																																																									
Familia		Versión	0.1	ID personali- zado																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Valor predet.</th> <th>Remanencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▼ Input</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> ENABLE</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> Output</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> InOut</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▼ Static</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> AUX</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> AUX_1</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> SITUADO_X_Y</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> SITUADO_Z</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> ORIGEN</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> MARCHA</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> SR_Instance</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> IEC_Timer_0_Instance</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> SR_Instance_1</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> IEC_Timer_0_Instance_1</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td> Temp</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Constant</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	▼ Input				ENABLE	Bool	false	No remanente	Output				InOut				▼ Static				AUX	Bool	false	No remanente	AUX_1	Bool	false	No remanente	SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente	SITUADO_Z	Bool	false	No remanente	ORIGEN	Bool	false	No remanente	MARCHA	Bool	false	No remanente	SR_Instance	"SR"			IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente	SR_Instance_1	"SR"			IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		No remanente	Temp				Constant			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia																																																																										
▼ Input																																																																													
ENABLE	Bool	false	No remanente																																																																										
Output																																																																													
InOut																																																																													
▼ Static																																																																													
AUX	Bool	false	No remanente																																																																										
AUX_1	Bool	false	No remanente																																																																										
SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente																																																																										
SITUADO_Z	Bool	false	No remanente																																																																										
ORIGEN	Bool	false	No remanente																																																																										
MARCHA	Bool	false	No remanente																																																																										
SR_Instance	"SR"																																																																												
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente																																																																										
SR_Instance_1	"SR"																																																																												
IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		No remanente																																																																										
Temp																																																																													
Constant																																																																													
<pre> 0001 // IR A RECEPCION 0002 "AUTO_EJE_X"(Axis := "Eje_X", 0003 Execute := #ENABLE AND "AUTO_PM", 0004 Position := "DATOS".POSICION_X[0], 0005 Velocity := 250.0, 0006 Direction := 3); 0007 0008 "AUTO_EJE_Y"(Axis := "Eje_Y", 0009 Execute := #ENABLE AND "AUTO_PM", 0010 Position := "DATOS".POSICION_Y[0], 0011 Velocity := 250.0, 0012 Direction := 3); 0013 0014 // ACTIVAR SITUADO CUANDO PLATAFORMA UBICADA EN RECEPCION 0015 #SR_Instance(SET := #ENABLE AND "Eje_X".ActualPosition = "DATOS".POSICION_X[0] 0016 AND 0017 "Eje_Y".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Y[0], 0018 RESET := #AUX, 0019 Q => #SITUADO_X_Y); 0020 0021 // TEMPORIZADOR 2 SEC ANTES DE MOVER EJE Z 0022 #IEC_Timer_0_Instance_1(IN:=#SITUADO_X_Y, 0023 PT:=T#2s, </pre>																																																																													



Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0024 Q=>#AUX_1); 0025 0026 // IR A RECEPCION 0027 "AUTO_EJE_Z"(Axis:="Eje_Z", 0028 Execute:=#ENABLE AND #AUX_1, 0029 Position:="DATOS".POSICION_Z[0], 0030 Velocity:=100.0, 0031 Direction:=3); 0032 0033 // ACTIVAR SITUADO CUANDO PLATAFORMA UBICADA EN RECEPCION 0034 #SR_Instance_1(SET:=#ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[0], 0035 RESET:=#AUX, 0036 Q=>#SITUADO_Z); 0037 0038 // VISUALIZAR COCHE EN PLATAFORMA 0039 IF #ENABLE = TRUE AND #SITUADO_X_Y = TRUE AND #SITUADO_Z = TRUE THEN 0040 0041 "PLATAFORMA" := TRUE; 0042 #AUX_1 := FALSE; 0043 0044 END_IF; 0045 0046 // SIMULACIÓN DE MEDIDAS DE VEHÍCULO Y RECOGIDA 0047 0048 #IEC_Timer_0_Instance(IN:=#SITUADO_X_Y AND #SITUADO_Z, 0049 PT:=T#5s, 0050 Q=>#AUX); 0051 0052 // ACTIVAR MARCHA PARA IR A PLAZA (BLOQUE AUTO_PLAZA_PL) 0053 IF #AUX = TRUE THEN 0054 0055 #MARCHA := TRUE; 0056 "AUTO_PM" := TRUE; 0057 0058 END_IF;</pre>		

Totally Integrated Automation Portal																																																																																																	
<h2>Bloques de programa</h2> <h3>AUTO_PLAZA_PL [FB5]</h3>																																																																																																	
AUTO_PLAZA_PL Propiedades																																																																																																	
General																																																																																																	
Nombre	AUTO_PLAZA_PL	Número	5	Tipo	FB																																																																																												
Idioma	SCL	Numeración	Automático																																																																																														
Información																																																																																																	
Título		Autor		Comentario																																																																																													
Familia		Versión	0.1	ID personali- zado																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Valor predet.</th> <th>Remanencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▼ Input</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENABLE</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>PLAZA</td> <td>Int</td> <td>0</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>Output</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>InOut</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▼ Static</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SR_Instance</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SITUADO_X_Y</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>SITUADO_Z</td> <td>Array[0..2] of Bool</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>SALIDA_PLATAFORMA</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>IEC_Timer_0_Instance</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>AUX</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>AUX_1</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>AUX_2</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>IEC_Timer_0_Instance_1</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>SR_Instance_1</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>IEC_Timer_0_Instance_2</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>i</td> <td>Int</td> <td>1</td> <td>No remanente</td> </tr> <tr> <td>SR_Instance_2</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SR_Instance_3</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temp</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Constant</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	▼ Input				ENABLE	Bool	false	No remanente	PLAZA	Int	0	No remanente	Output				InOut				▼ Static				SR_Instance	"SR"			SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente	SITUADO_Z	Array[0..2] of Bool		No remanente	SALIDA_PLATAFORMA	Bool	false	No remanente	IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente	AUX	Bool	false	No remanente	AUX_1	Bool	false	No remanente	AUX_2	Bool	false	No remanente	IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		No remanente	SR_Instance_1	"SR"			IEC_Timer_0_Instance_2	TON_TIME		No remanente	i	Int	1	No remanente	SR_Instance_2	"SR"			SR_Instance_3	"SR"			Temp				Constant			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia																																																																																														
▼ Input																																																																																																	
ENABLE	Bool	false	No remanente																																																																																														
PLAZA	Int	0	No remanente																																																																																														
Output																																																																																																	
InOut																																																																																																	
▼ Static																																																																																																	
SR_Instance	"SR"																																																																																																
SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente																																																																																														
SITUADO_Z	Array[0..2] of Bool		No remanente																																																																																														
SALIDA_PLATAFORMA	Bool	false	No remanente																																																																																														
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente																																																																																														
AUX	Bool	false	No remanente																																																																																														
AUX_1	Bool	false	No remanente																																																																																														
AUX_2	Bool	false	No remanente																																																																																														
IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		No remanente																																																																																														
SR_Instance_1	"SR"																																																																																																
IEC_Timer_0_Instance_2	TON_TIME		No remanente																																																																																														
i	Int	1	No remanente																																																																																														
SR_Instance_2	"SR"																																																																																																
SR_Instance_3	"SR"																																																																																																
Temp																																																																																																	
Constant																																																																																																	
<pre> 0001 // IR A PLAZA SELECCIONADA TRAS BLOQUE AUTO_ORIGEN_PL 0002 0003 // SALIR DE RECEPCION 0004 "AUTO_EJE_Z"(Axis := "Eje_Z", 0005 Execute := #ENABLE AND ("AUTO_PM" OR #SITUADO_X_Y OR #SALIDA_PLATAFOR- 0006 MA), 0007 Position := "DATOS".POSICION_Z[#i], 0008 Velocity := 100.0, 0009 Direction := 3); 0010 #SR_Instance_1(SET := #ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSI- 0011 CION_Z[1], 0012 RESET := #AUX, 0013 Q => #SITUADO_Z[0]); 0014 // IR A PLAZA 0015 "AUTO_EJE_X"(Axis := "Eje_X", 0016 Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0], </pre>																																																																																																	



Totally Integrated Automation Portal		
0017	Position := "DATOS".POSICION_X[#PLAZA],	
0018	Velocity := 250.0,	
0019	Direction := 3);	
0020		
0021	"AUTO_EJE_Y"(Axis := "Eje_Y",	
0022	Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0],	
0023	Position := "DATOS".POSICION_Y[#PLAZA],	
0024	Velocity := 250.0,	
0025	Direction := 3);	
0026		
0027	// ACTIVAR SITUADO CUANDO PLATAFORMA UBIADA EN PLAZA	
0028	#SR_Instance(SET:=#ENABLE AND "Eje_X".ActualPosition = "DATOS".POSICION_X[#PLAZA] AND	
0029	"Eje_Y".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Y[#PLAZA],	
0030	RESET:=#AUX,	
0031	Q=>#SITUADO_X_Y);	
0032		
0033	IF #ENABLE = TRUE AND #SITUADO_X_Y = TRUE THEN	
0034		
0035	#i := 2;	
0036		
0037	END_IF;	
0038		
0039	#SR_Instance_2(SET:=#ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[2],	
0040	RESET:=#AUX,	
0041	Q=>#SITUADO_Z[1]);	
0042		
0043	// CUANDO SE LLEGA A PLAZA, SE VISUALIZA EL COCHE EN PLAZA Y	
0044	// SE QUITA IMAGEN ENCIMA DE PLATAFORMA	
0045		
0046	IF #ENABLE = TRUE AND #SITUADO_X_Y = TRUE AND #SITUADO_Z[1] = TRUE THEN	
0047		
0048	"PLATAFORMA" := FALSE;	
0049	"DATOS".LUZ[#PLAZA] := TRUE;	
0050		
0051	END_IF;	
0052		
0053	// TEMPORIZADOR DE DESPOSITAR VEHICULO EN PLAZA	
0054	#IEC_Timer_0_Instance(IN:=#SITUADO_X_Y AND #SITUADO_Z[1],	
0055	PT:=T#5s,	
0056	Q=> #AUX_2);	
0057		
0058	IF #AUX_2 = TRUE THEN	
0059		
0060	#SALIDA_PLATAFORMA := TRUE;	
0061	#i := 1;	
0062		
0063	END_IF;	
0064		
0065	#SR_Instance_3(SET := #ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[1] AND #SALIDA_PLATAFORMA,	
0066	RESET := #AUX,	
0067	Q => #SITUADO_Z[2]);	
0068		
0069	#IEC_Timer_0_Instance_2(IN := #AUX_2 AND #SITUADO_Z[2],	
0070	PT := T#1s,	
0071	Q => #AUX);	
0072		



Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0073 // FIN DE PROCESO DE DEPOSITAR VEHICULO 0074 // SE ACTIVA LA VARIABLE PLAZA 0075 IF #ENABLE = TRUE AND #AUX = TRUE THEN 0076 0077 #AUX_1 := FALSE; 0078 #AUX_2 := FALSE; 0079 #SALIDA_PLATAFORMA := FALSE; 0080 "AUTO_ORIGEN_PL_DB".MARCHA := FALSE; 0081 "DATOS".PLAZA[#PLAZA] := TRUE; 0082 0083 // SI HAY COCHE EN ESPERA 0084 IF "m" <> 0 THEN 0085 0086 "PET_PLAZA" := "m"; 0087 "m" := 0; 0088 0089 // NO HAY COCHE EN ESPERA 0090 ELSE 0091 0092 CASE "TIPO_AUTO" OF 0093 0094 // MODO ECO (SE QUEDA EN PLAZA) 0095 0: 0096 "PET_PLAZA" := 0; 0097 "AUTO_PM" := FALSE; 0098 "PROCESO_ACTIVO" := FALSE; 0099 ; 0100 0101 // MODO OPTIMIZACION (VUELVE A RECEPCION) 0102 1: 0103 "PET_PLAZA" := 0; 0104 "RETORNO" := TRUE; 0105 ; 0106 0107 END_CASE; 0108 0109 END_IF; 0110 0111 END_IF; 0112 0113 0114</pre>		



Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
AUTO_PLAZA_PL_DB [DB20]					
AUTO_PLAZA_PL_DB Propiedades					
General					
Nombre	AUTO_PLAZA_PL_DB	Número	20	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personal- izado	
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia		
▼ Input					
ENABLE	Bool	false	False		
PLAZA	Int	0	False		
Output					
InOut					
▼ Static					
SR_Instance	"SR"		False		
SITUADO_X_Y	Bool	false	False		
SITUADO_Z	Array[0..2] of Bool		False		
SALIDA_PLATAFORMA	Bool	false	False		
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		False		
AUX	Bool	false	False		
AUX_1	Bool	false	False		
AUX_2	Bool	false	False		
IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		False		
SR_Instance_1	"SR"		False		
IEC_Timer_0_Instance_2	TON_TIME		False		
i	Int	1	False		
SR_Instance_2	"SR"		False		
SR_Instance_3	"SR"		False		

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
AUTO_PLAZA_PO [FB6]					
AUTO_PLAZA_PO Propiedades					
General					
Nombre	AUTO_PLAZA_PO	Número	6	Tipo	FB
Idioma	SCL	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia		
▼ Input					
ENABLE	Bool	false	No remanente		
PLAZA	Int	0	No remanente		
Output					
InOut					
▼ Static					
SR_Instance	"SR"				
SR_Instance_1	"SR"				
SR_Instance_2	"SR"				
i	Int	1	No remanente		
AUX	Bool	false	No remanente		
SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente		
SITUADO_Z	Array[0..1] of Bool		No remanente		
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente		
MARCHA	Bool	false	No remanente		
Temp					
Constant					
<pre> 0001 // IR A PLAZA SELECCIONADA PARA COMENZAR PROCESO DE DEVOLUCION 0002 0003 // SALIR DE RECEPCION 0004 "AUTO_EJE_Z"(Axis := "Eje_Z", 0005 Execute := #ENABLE AND ("AUTO_PM" OR #SITUADO_X_Y), 0006 Position := "DATOS".POSICION_Z[#i], 0007 Velocity := 100.0, 0008 Direction := 3); 0009 0010 #SR_Instance_1(SET := #ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[1], 0011 RESET := #AUX, 0012 Q => #SITUADO_Z[0]); 0013 0014 "AUTO_EJE_X"(Axis := "Eje_X", 0015 Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0], 0016 Position := "DATOS".POSICION_X[#PLAZA], 0017 Velocity := 250.0, 0018 Direction := 3); 0019 0020 "AUTO_EJE_Y"(Axis := "Eje_Y", 0021 Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0], 0022 Position := "DATOS".POSICION_Y[#PLAZA], 0023 Velocity := 250.0, </pre>					



Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0024 Direction := 3); 0025 0026 // INDICAR QUE ESTA EN LA PLAZA 0027 #SR_Instance (SET:=#ENABLE AND "Eje_X".ActualPosition = "DATOS".POSI- CION_X[#PLAZA] AND 0028 "Eje_Y".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Y[#PLAZA], 0029 RESET:=#AUX, 0030 Q=>#SITUADO_X_Y); 0031 0032 IF #ENABLE = TRUE AND #SITUADO_X_Y = TRUE THEN 0033 #i := 2; 0034 0035 END_IF; 0036 0037 0038 #SR_Instance_2 (SET:=#ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSI- CION_Z[2], 0039 RESET:=#AUX, 0040 Q=>#SITUADO_Z[1]); 0041 0042 // TEMPORIZADOR DE EXTRACCION DE PLAZA 0043 #IEC_Timer_0_Instance (IN:=#SITUADO_X_Y AND #SITUADO_Z[1], 0044 PT:=T#5s, 0045 Q=>#AUX); 0046 0047 // ACTIVAR MARCHA PARA IR A ORIGEN (BLOQUE AUTO_ORIGEN_PO) 0048 IF #AUX = TRUE AND #ENABLE = TRUE THEN 0049 #i := 1; 0050 "DATOS".LUZ[#PLAZA] := FALSE; 0051 "PLATAFORMA" := TRUE; 0052 #MARCHA := TRUE; 0053 0054 0055 END_IF; 0056 0057</pre>		

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
AUTO_ORIGEN_PO [FB7]					
AUTO_ORIGEN_PO Propiedades					
General					
Nombre	AUTO_ORIGEN_PO	Número	7	Tipo	FB
Idioma	SCL	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personali- zado	
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia		
▼ Input					
ENABLE	Bool	false	No remanente		
Output					
InOut					
▼ Static					
SR_Instance	"SR"				
SR_Instance_1	"SR"				
SR_Instance_2	"SR"				
AUX	Bool	false	No remanente		
SITUADO_X_Y	Bool	false	No remanente		
SITUADO_Z	Array[0..1] of Bool		No remanente		
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente		
i	Int	1	No remanente		
Temp					
Constant					
<pre> 0001 // IR A RECEPCION TRAS BLOQUE AUTO_PLAZA_PO 0002 0003 // SALIR DE PLAZA 0004 "AUTO_EJE_Z"(Axis := "Eje_Z", 0005 Execute := #ENABLE AND ("AUTO_PM" OR #SITUADO_X_Y), 0006 Position := "DATOS".POSICION_Z[#1], 0007 Velocity := 100.0, 0008 Direction := 3); 0009 0010 #SR_Instance_1(SET := #ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSI- 0011 CION_Z[1], 0012 RESET := #AUX, 0013 Q => #SITUADO_Z[0]); 0014 // IR A RECEPCION 0015 "AUTO_EJE_X"(Axis := "Eje_X", 0016 Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0], 0017 Position := "DATOS".POSICION_X[0], 0018 Velocity := 250.0, 0019 Direction := 3); 0020 0021 "AUTO_EJE_Y"(Axis := "Eje_Y", 0022 Execute := #ENABLE AND #SITUADO_Z[0], 0023 Position := "DATOS".POSICION_Y[0], 0024 Velocity := 250.0, 0025 Direction := 3); </pre>					



Totally Integrated Automation Portal		
0026		
0027	// ACTIVAR SITUADO CUANDO PLATAFORMA UBICADA EN RECEPCION	
0028	#SR_Instance (SET:=#ENABLE AND "Eje_X".ActualPosition = "DATOS".POSICION_X[0] AND	
0029	"Eje_Y".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Y[0] AND	
0030	#ENABLE,	
0031	RESET := #AUX,	
0032	Q => #SITUADO_X_Y);	
0033		
0034	IF #ENABLE = TRUE AND #SITUADO_X_Y = TRUE THEN	
0035		
0036	#i := 0;	
0037		
0038	END_IF;	
0039		
0040	#SR_Instance_2 (SET:=#ENABLE AND "Eje_Z".ActualPosition = "DATOS".POSICION_Z[0],	
0041	RESET:=#AUX,	
0042	Q=>#SITUADO_Z[1]);	
0043		
0044	// TEMPORIZADOR DE DEVOLVER VEHÍCULO	
0045	#IEC_Timer_0_Instance (IN:=#SITUADO_X_Y AND #SITUADO_Z[1],	
0046	PT:=T#5s,	
0047	Q=>#AUX);	
0048		
0049	// FIN DE PROCESO DE DEVOLVER VEHICULO	
0050	// SE DESACTIVA LA VARIABLE PLAZA	
0051	IF #ENABLE = TRUE AND #AUX = TRUE THEN	
0052		
0053	#i := 1;	
0054	"AUTO_PLAZA_PO_DB".MARCHA := FALSE;	
0055	"PLATAFORMA" := FALSE;	
0056	"DATOS".PLAZA["PET_PLAZA"] := FALSE;	
0057	"RETORNO" := FALSE;	
0058		
0059	// SI HAY COCHE EN ESPERA	
0060	IF "m" <> 0 THEN	
0061		
0062	"PET_PLAZA" := "m";	
0063		
0064	"m" := 0;	
0065		
0066	// NO HAY COCHE EN ESPERA	
0067	ELSE	
0068		
0069	"PET_PLAZA" := 0;	
0070	"AUTO_PM" := FALSE;	
0071	"PROCESO_ACTIVO" := FALSE;	
0072		
0073	END_IF;	
0074		
0075	END_IF;	
0076		
0077		
0078		



Totally Integrated Automation Portal			
<h3>Bloques de programa</h3> <h4>AUTO_PLAZA_PO_DB [DB21]</h4>			
AUTO_PLAZA_PO_DB Propiedades			
General			
Nombre	AUTO_PLAZA_PO_DB	Número	21
Idioma	DB	Tipo	DB
Información		Numeración	Automático
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	
		ID personalizado	
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ENABLE	Bool	false	False
PLAZA	Int	0	False
Output			
InOut			
▼ Static			
SR_Instance	"SR"		False
SR_Instance_1	"SR"		False
SR_Instance_2	"SR"		False
i	Int	1	False
AUX	Bool	false	False
SITUADO_X_Y	Bool	false	False
SITUADO_Z	Array[0..1] of Bool		False
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		False
MARCHA	Bool	false	False



Totally Integrated Automation Portal																																																																																			
<p>Bloques de programa</p> <p>AUTO_ORIGEN_PO_DB [DB22]</p> <p>AUTO_ORIGEN_PO_DB Propiedades</p> <p>General</p> <table border="1"> <tr> <td>Nombre</td> <td>AUTO_ORIGEN_PO_DB</td> <td>Número</td> <td>22</td> <td>Tipo</td> <td>DB</td> </tr> <tr> <td>Idioma</td> <td>DB</td> <td>Numeración</td> <td>Automático</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Información</p> <table border="1"> <tr> <td>Título</td> <td></td> <td>Autor</td> <td></td> <td>Comentario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Familia</td> <td></td> <td>Versión</td> <td>0.1</td> <td>ID personalizado</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Valor de arranque</th> <th>Remanencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▼ Input</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> ENABLE</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> Output</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> InOut</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▼ Static</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> SR_Instance</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> SR_Instance_1</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> SR_Instance_2</td> <td>"SR"</td> <td></td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> AUX</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> SITUADO_X_Y</td> <td>Bool</td> <td>false</td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> SITUADO_Z</td> <td>Array[0..1] of Bool</td> <td></td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> IEC_Timer_0_Instance</td> <td>TON_TIME</td> <td></td> <td>False</td> </tr> <tr> <td> i</td> <td>Int</td> <td>1</td> <td>False</td> </tr> </tbody> </table>				Nombre	AUTO_ORIGEN_PO_DB	Número	22	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático			Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado		Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	▼ Input				ENABLE	Bool	false	False	Output				InOut				▼ Static				SR_Instance	"SR"		False	SR_Instance_1	"SR"		False	SR_Instance_2	"SR"		False	AUX	Bool	false	False	SITUADO_X_Y	Bool	false	False	SITUADO_Z	Array[0..1] of Bool		False	IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		False	i	Int	1	False
Nombre	AUTO_ORIGEN_PO_DB	Número	22	Tipo	DB																																																																														
Idioma	DB	Numeración	Automático																																																																																
Título		Autor		Comentario																																																																															
Familia		Versión	0.1	ID personalizado																																																																															
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia																																																																																
▼ Input																																																																																			
ENABLE	Bool	false	False																																																																																
Output																																																																																			
InOut																																																																																			
▼ Static																																																																																			
SR_Instance	"SR"		False																																																																																
SR_Instance_1	"SR"		False																																																																																
SR_Instance_2	"SR"		False																																																																																
AUX	Bool	false	False																																																																																
SITUADO_X_Y	Bool	false	False																																																																																
SITUADO_Z	Array[0..1] of Bool		False																																																																																
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		False																																																																																
i	Int	1	False																																																																																



Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
SR_DB [DB15]					
SR_DB Propiedades					
General					
Nombre	SR_DB	Número	15	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personal- izado	
Nombre		Tipo de datos		Valor de arranque	Remanencia
▼ Input					
SET		Bool		false	False
RESET		Bool		false	False
▼ Output					
Q		Bool		false	False
InOut					
Static					



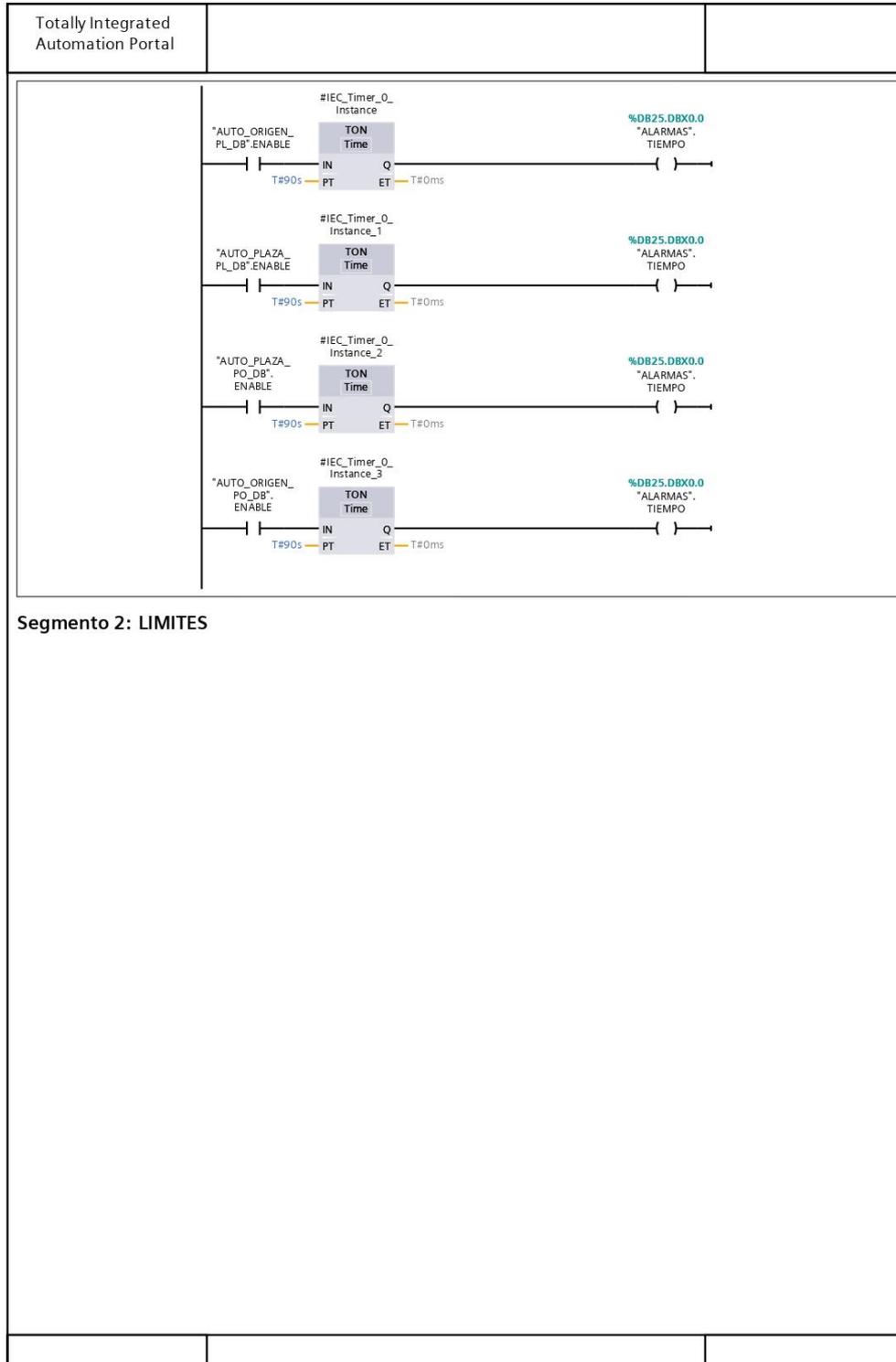
Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
AUTO_ORIGEN_PL_DB [DB5]					
AUTO_ORIGEN_PL_DB Propiedades					
General					
Nombre	AUTO_ORIGEN_PL_DB	Número	5	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Nombre		Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	
▼ Input					
ENABLE		Bool	false	False	
Output					
InOut					
▼ Static					
AUX		Bool	false	False	
AUX_1		Bool	false	False	
SITUADO_X_Y		Bool	false	False	
SITUADO_Z		Bool	false	False	
ORIGEN		Bool	false	False	
MARCHA		Bool	false	False	
SR_Instance		"SR"		False	
IEC_Timer_0_Instance		TON_TIME		False	
SR_Instance_1		"SR"		False	
IEC_Timer_0_Instance_1		TON_TIME		False	

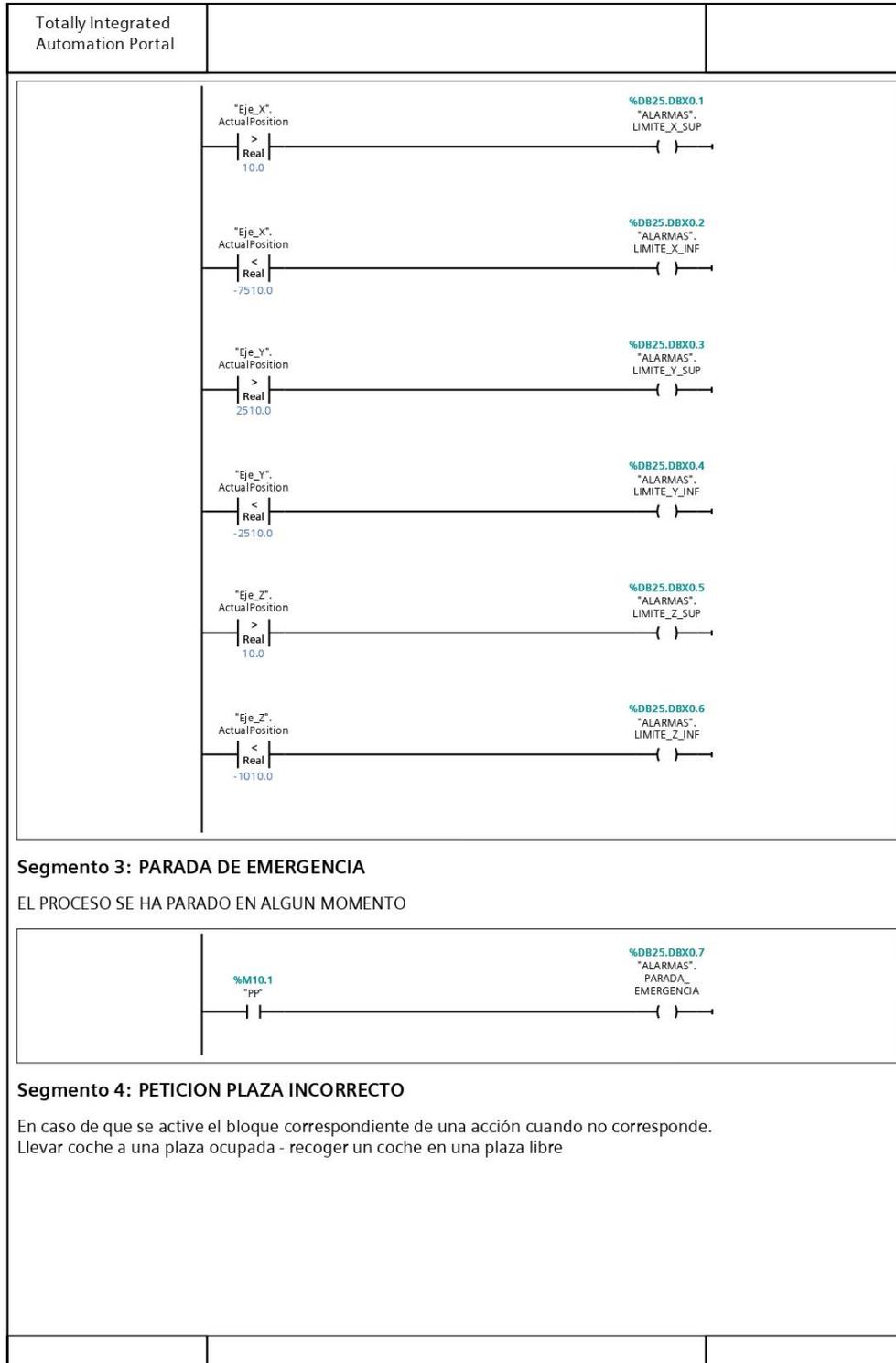


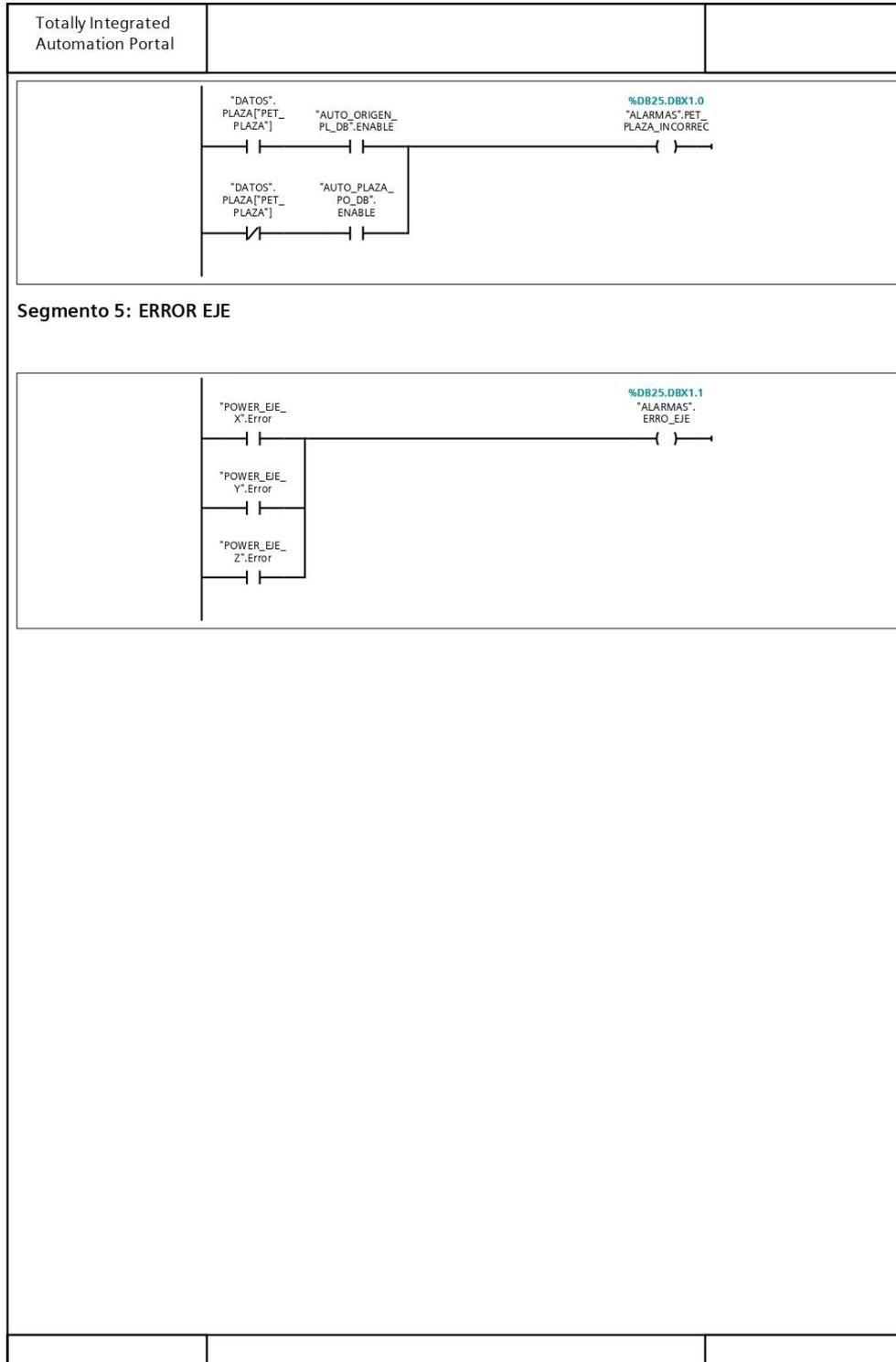
Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
ALARMAS [DB25]					
ALARMAS Propiedades					
General					
Nombre	ALARMAS	Número	25	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personal- izado	
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia		
▼ Static					
TIEMPO	Bool	false	False		
LIMITE_X_SUP	Bool	false	False		
LIMITE_X_INF	Bool	false	False		
LIMITE_Y_SUP	Bool	false	False		
LIMITE_Y_INF	Bool	false	False		
LIMITE_Z_SUP	Bool	false	False		
LIMITE_Z_INF	Bool	false	False		
PARADA_EMERGENCIA	Bool	false	False		
PET_PLAZA_INCORREC	Bool	false	False		
ERRO_EJE	Bool	false	False		



Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
ALARMAS_AVISOS [FB1]					
ALARMAS_AVISOS Propiedades					
General					
Nombre	ALARMAS_AVISOS	Número	1	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título	BLOQUE DE AVISO DE ALARMAS	Autor		Comentario	En este bloque de función se encuentran las distintas alarmas que se pueden activar debido a distintos fallos que pueden suceder en el sistema
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia		
Input					
Output					
InOut					
▼ Static					
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		No remanente		
IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		No remanente		
IEC_Timer_0_Instance_3	TON_TIME		No remanente		
IEC_Timer_0_Instance_2	TON_TIME		No remanente		
Temp					
Constant					
Segmento 1: TIEMPO DE PROCESO EXCEDIDO					
SI ALGUNA DE LOS PROCESOS DEL FUNCIONAMIENTO EN AUTOMATICO EXCEDE UN TIEMPO PREFIJADO, SE ACTIVA UNA ALARMA					









Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa					
ALARMAS_AVISOS_DB [DB26]					
ALARMAS_AVISOS_DB Propiedades					
General					
Nombre	ALARMAS_AVISOS_DB	Número	26	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia		
Input					
Output					
InOut					
▼ Static					
IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		False		
IEC_Timer_0_Instance_1	TON_TIME		False		
IEC_Timer_0_Instance_3	TON_TIME		False		
IEC_Timer_0_Instance_2	TON_TIME		False		

2. Scada

En este apartado se va a mostrar la interfaz gráfica al completo diseñada para la aplicación, tal y como se ha mostrado en el apartado 7.3.3 de la memoria del proyecto.

El lector podrá observar cada una de las pantallas que se han diseñado y que corresponde con los distintos funcionamientos que han sido implementados para la aplicación.

2.1. Inicio

Se trata de la primera pantalla al activar el sistema y la cuál se utilizará como menú principal para poder ir cambiando entre las distintas imágenes que tiene el sistema de supervisión.

En ella se observan 4 botones, correspondientes a cada una de las pantallas que se pueden utilizar. Además, se ha añadido un botón en la parte superior izquierda el cual apaga el *Runtime* del sistema y sale de la interfaz básica.

Otra de las ideas que debían reflejarse en la pantalla era la posibilidad de conocer la fecha y la hora en todo momento, que se puede observar en la parte superior derecha de la interfaz.



SISTEMA DE CONTROL APARCAMIENTO AUTOMATIZADO

02/08/2021 10:54:09

MANUAL

AUTOMÁTICO

MANTENIMIENTO

REGISTRO ALARMAS

2.2. Manual

En esta pantalla, al igual que la inicial, se puede observar en la parte superior izquierda el botón de salida del sistema scada, lo cual permite poder cerrar en cualquier momento el sistema sin necesidad de ir a la pantalla inicial de este. Del mismo modo que en el caso anterior, se ha añadido la información con respecto a la fecha y la hora.

Comenzando con las características principales, en la parte superior, se visualiza en un letrero el modo en el que se encuentra el usuario para su información.

Debajo de la información de fecha y hora del sistema, están los botones para poder cambiar de pantalla, tanto pudiendo ir al modo automático, modo mantenimiento y a la pantalla de inicio.

Se observan en la parte central dos grandes recuadros, los cuales corresponden a la configuración del aparcamiento en cuestión. El recuadro izquierdo muestra el eje X y el eje Y del sistema, mientras que el de la derecha, muestra el eje Z y el eje Y. Cada una de las líneas negras horizontales son las plazas del aparcamiento. La línea roja es la que corresponde con la posición de la plataforma del robot que lleva los automóviles y que se posiciona a tiempo real.

En la parte inferior izquierda, están los botones de activación de cada uno de los motores, indicando el eje al que corresponden. Cuando el eje se activa, el botón cambia de color rojo a verde, también mostrando así el cambio de estado de este. Debajo de estos botones, se encuentra el botón de paro de emergencia, parando el movimiento de los motores al instante y activando la alarma correspondiente.

A la derecha de los botones de activación, se encuentra un semáforo de estados que permite conocer cómo se encuentra el sistema en cada momento.

- Verde: Sistema preparado para su uso.
- Naranja: El sistema se encuentra en mitad de un proceso.
- Rojo: Sucede un error y el sistema se encuentra parado.

Después se encuentran los botones de habilitación de los ejes para su movimiento. Cuando se quiere realizar el movimiento para la posición indicada, es posible que no se quieran mover todos los motores, por lo que se deben seleccionar aquellos que correspondan. Para saber si el motor se encuentra habilitado, se iluminará un indicador verde en la parte derecha del botón.

Por último, se encuentra la matriz de posiciones, que permite elegir entre tres posiciones predeterminadas, cada una correspondiente a un eje como se observa en el indicador de columnas. La matriz puede preconfigurarse según las indicaciones del cliente, aunque en caso de que fuera necesario cambiar la posición en cualquier momento, cada casilla de posición permite cambiar su valor en cualquier momento. Cuando las posiciones de los tres ejes se hayan configurado según las necesidades del momento, se activa el movimiento pulsando el botón izquierdo de la fila en cuestión.

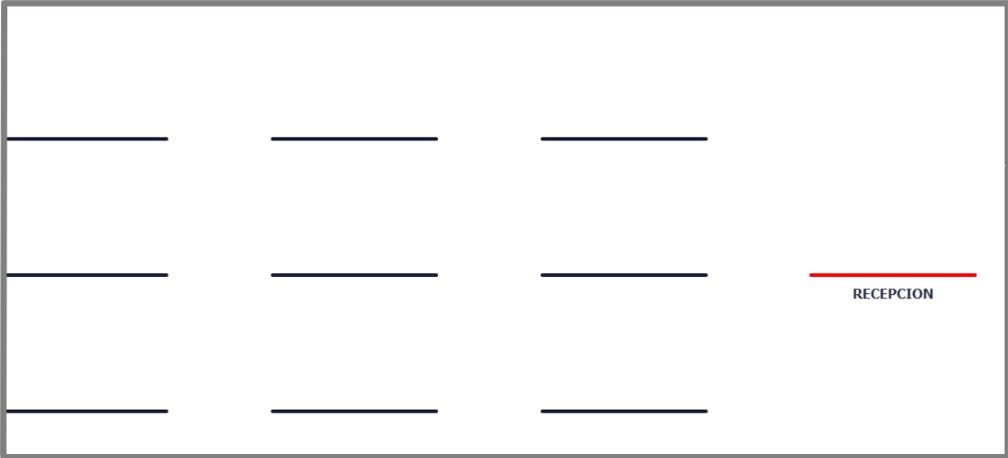


 **SISTEMA DE CONTROL
APARCAMIENTO AUTOMATIZADO**

02/08/2021 11:17:26

MODO MANUAL

AUTOMÁTICO **MANTENIMIENTO** **INICIO**



RECEPCION



MOTOR X **MOTOR Y** **MOTOR Z**

 OFF  OFF  OFF



HABILITACIÓN

EJE X 

EJE Y 

EJE Z 

TABLA POSICIONES

	EJE X	EJE Y	EJE Z
P1	+0	+0	+0
P2	+0	+0	+0
P3	+0	+0	+0

2.3. Automático

En la pantalla del modo automático, se puede observar que en el recuadro de simulación el aparcamiento de la izquierda, correspondiente al eje X y al eje Y, están los botones que hacen que el control sepa cuál es la plaza que debe atender. El funcionamiento de este modo se encuentra explicado en la memoria del presente del proyecto, en el apartado 7.3.2.2 .

Cuando se está atendiendo una petición de plaza, se observa en el recuadro que indica “ACTUAL” el número correspondiente al de la plaza en cuestión. Si durante el proceso se selecciona otra plaza, esta entrará al modo espera, visualizándose de la misma manera en la casilla que indica “ESPERA”.

Mientras se encuentre un vehículo encima de la plataforma durante su traslado, se observará que encima de la simulación de la plataforma aparece un coche.

Para conocer si una plaza se encuentra libre u ocupada, aparecerá una ilustración de un vehículo en este último caso. Si está libre, en la plaza no habrá nada.

Por último, se encuentra la selección del modo de funcionamiento en automático, explicado con detalle en el apartado 7.3.2.2 de la memoria. Para conocer cuál de los dos modos se encuentra activo, se iluminará la señal verde que hay a la derecha de ellos. Se debe tener en cuenta que en ningún caso ambos modos de funcionamiento se pueden encontrar activos simultáneamente.

El resto de las características que no han sido descritas se deben a que son iguales en lo explicado previamente en el modo manual.



 **SISTEMA DE CONTROL
APARCAMIENTO AUTOMATIZADO**

MODO AUTOMÁTICO

02/08/2021 11:51:57

MANUAL MANTENIMIENTO INICIO

P7 P8 P9

P4 P5 P6 REPCION

P1 P2 P3

MOTOR X MOTOR Y MOTOR Z

OFF OFF OFF





ACTUAL
+0

ESPERA
+0

ECO 

OPTIMIZACION 



2.4. Mantenimiento

El modo mantenimiento está pensado para el reajuste del sistema de traslado de vehículos en el caso de que haya un fallo de medida del sistema.

Para ello, se habilita unos botones con flechas que mueven cada uno de los motores correspondientes en el sentido que es necesario y a la velocidad que se indica en el recuadro de “VELOCIDAD”.

Para conocer en todo momento la posición de cada uno de los ejes, hay dos formas de hacerlo. La primera, observando la posición de la línea roja correspondiente a la plataforma. Sin embargo, para una colocación más exacta, se implementan unos recuadros indicadores de la posición en todo momento. El primero de ellos corresponde con el eje X, el segundo con el eje Y, mientras que el último es el del eje Z.

A la derecha del todo, en la parte inferior, se puede observar la parte de los botones “home”, indicando así que en la posición en la que se ubica el motor, debe ser la nueva posición de origen. Esto sirve también para el caso en el que pueda haber alguna variación de las características del aparcamiento o se vuelva a reubicar la posición del punto de recepción.

Del mismo modo que en el caso del modo automático, únicamente se han especificado las ideas este modo. El resto, son características genéricas que se han descrito previamente en el modo manual.

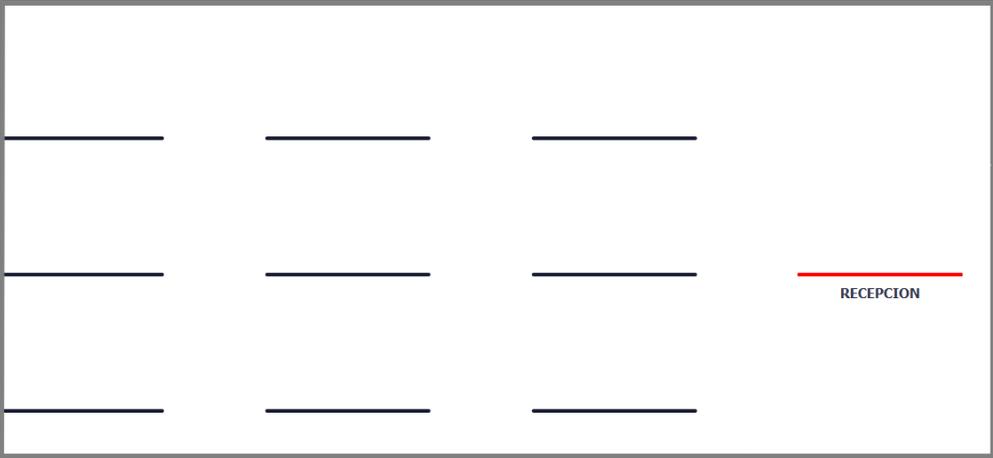


 **SISTEMA DE CONTROL
APARCAMIENTO AUTOMATIZADO**

MODO MANTENIMIENTO

02/08/2021 12:39:08

AUTOMÁTICO MANUAL INICIO



MOTOR X OFF MOTOR Y OFF MOTOR Z OFF



POSICION ACTUAL

0
0
0

VELOCIDAD

0,000

EJE X 
EJE Y 
EJE Z 

2.5. Alarmas

Se trata de la pantalla encargada de guardar los registros de alarmas sucedidos en el sistema para tener archivada toda la información correspondiente. Solo es accesible desde la pantalla de inicio.

En ella se pueden visualizar el número de alarma correspondiente, la fecha y la hora en la que han sucedido, un pequeño texto descriptivo para más información de este y el estado de la alarma, si ha sido subsanada o si sigue activa.

Para manejar mejor la ventana de alarmas, se han habilitado el movimiento tanto vertical como horizontal para visualizar todas aquellas alarmas que no pueden ser vistas por falta de espacio inicial.

Los botones que aparecen corresponden al texto informativo (botón parte inferior izquierda), acusar la alarma para indicar que se encuentra en proceso de subsanación (botón izquierdo parte inferior derecha) y el botón de cambio de estado de la alarma (botón derecho parte inferior derecha).





SISTEMA DE CONTROL APARCAMIENTO AUTOMATIZADO

02/08/2021 12:50:16

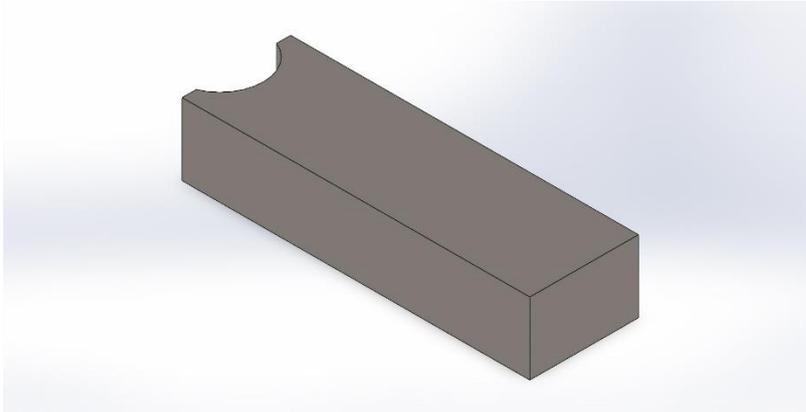
INICIO

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo
\$ 140001	12:50:12	02/08/2021	E	Conexión finalizada: HMI_Conexión_1, estación 192.168.0.1, rack 0, slot 1.	0
\$ 110001	12:49:58	02/08/2021	E	Cambio a modo 'Online'.	0
\$ 70018	12:49:58	02/08/2021	E	Importación de la administración de usuarios finalizada con éxito.	0
\$ 70022	12:49:58	02/08/2021	E	Iniciada la importación de la administración de usuarios.	0

3. Informe estudio de carga

En este punto se muestra el informe generado del software SolidWorks con respecto a los resultados obtenidos del estudio de carga realizado en la pieza 4 y que se ha explicado previamente en el apartado 7.1.3 de la memoria del proyecto.



Simulación de Anclaje_Pieza_4

Fecha: viernes, 23 de julio de 2021

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio:

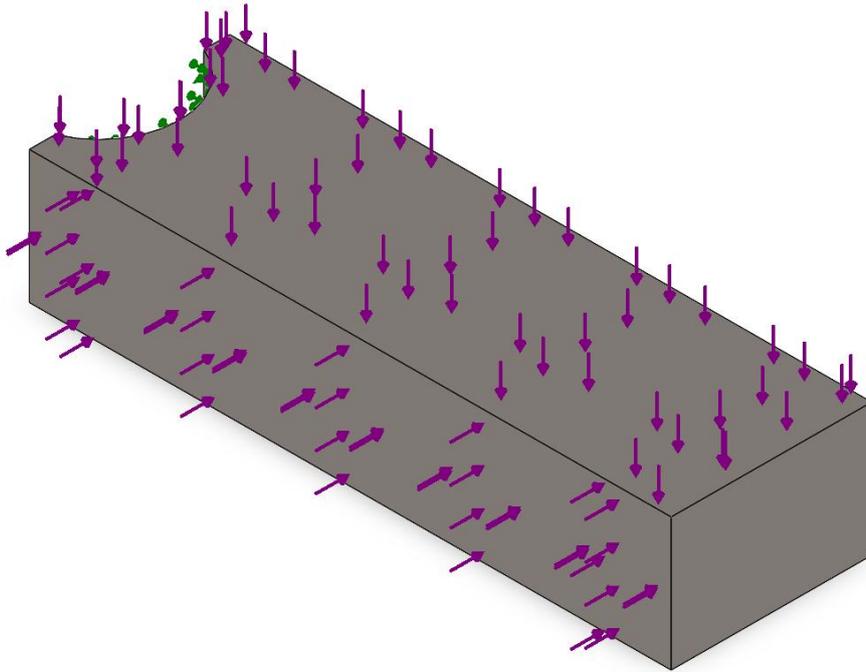
SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

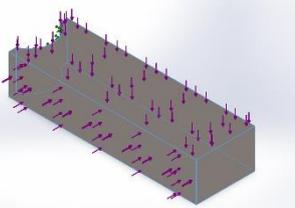
Información de modelo	137
Propiedades de material	138
Cargas y sujeciones.....	138
Información de malla.....	139
Resultados del estudio	140

Información de modelo

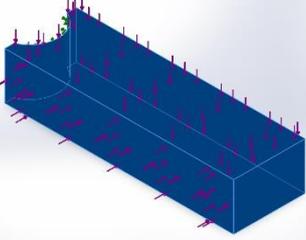


Nombre del modelo: Anclaje_Pieza_4
Configuración actual: Predeterminado

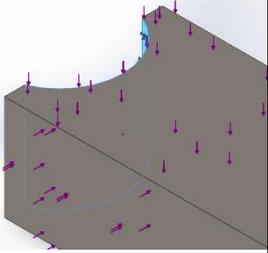
Sólidos

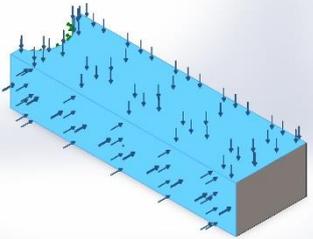
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:6,64271 kg Volumen:0,00086269 m³ Densidad:7.700 kg/m³ Peso:65,0986 N</p>	<p>F:_Ingenieria_Mecatronica \2º_Mecatronica\TFM\CAD\ Estructura\Anclaje_Pieza_4 .SLDPRT Aug 4 10:37:14 2021</p>

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 6,20422e+08 N/m² Límite de tracción: 7,23826e+08 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Anclaje_Pieza_4)</p>

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 964,52 lbf</p>

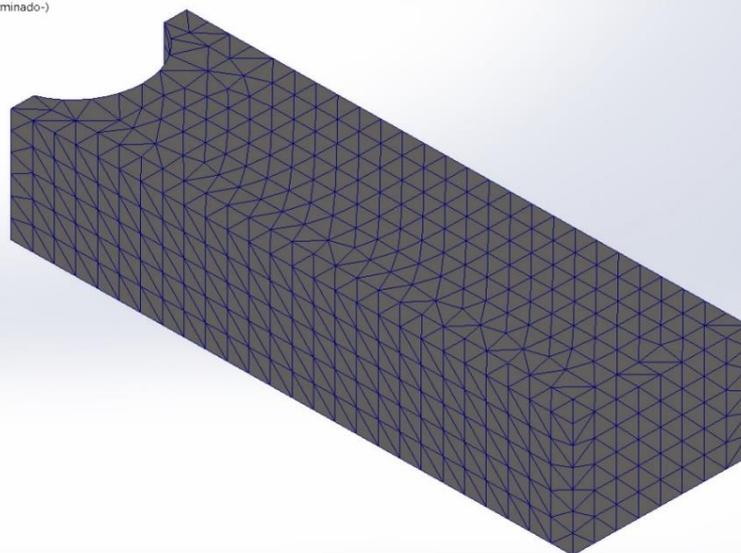
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	4 Puntos
Tamaño de elementos	9,49498 mm
Tolerancia	0,474749 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

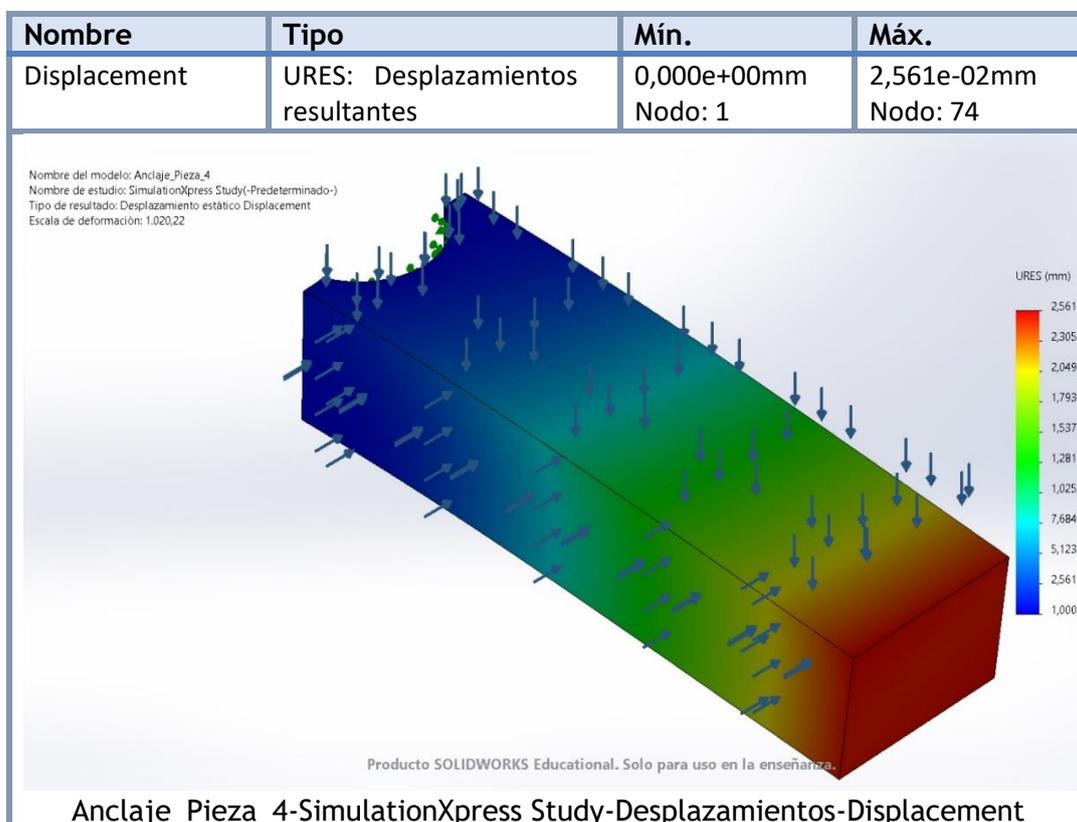
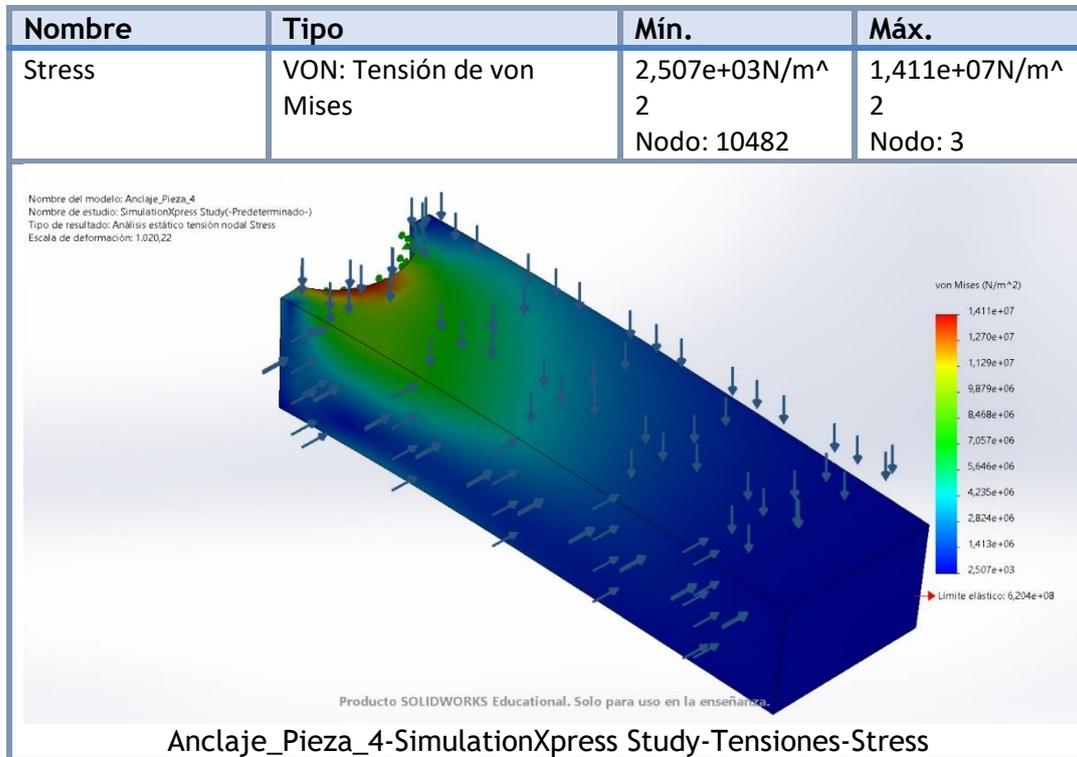
Número total de nodos	11837
Número total de elementos	7689
Cociente máximo de aspecto	3,3837
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99,9
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01
Nombre de computadora:	

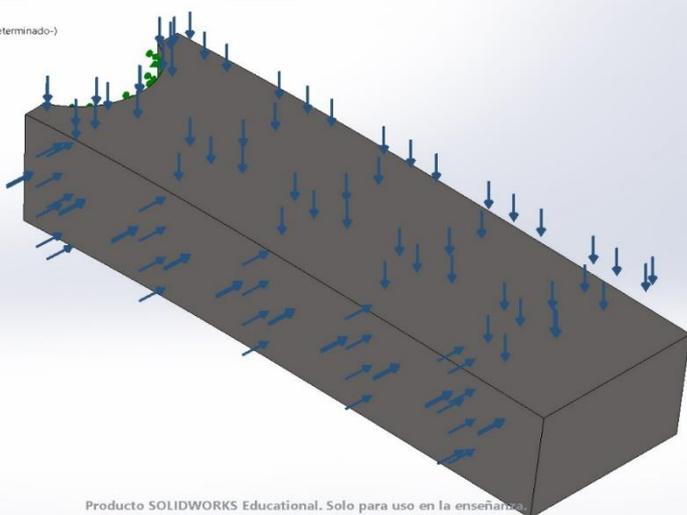
Nombre del modelo: Anclaje_Pieza_4
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

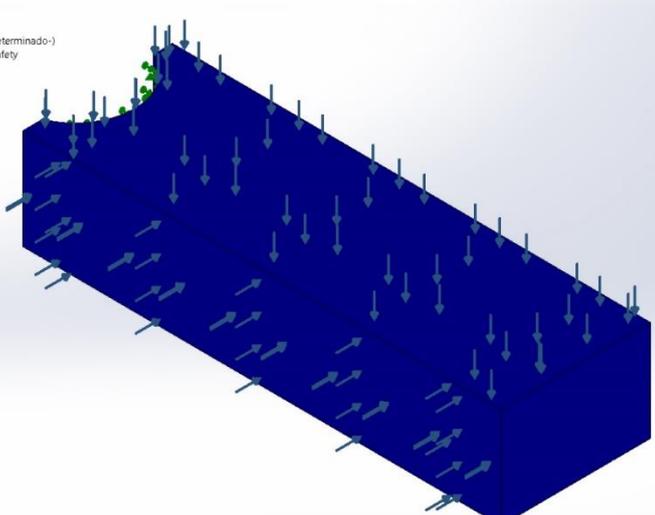


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio



Nombre	Tipo
Deformation	Deformada
<p>Nombre del modelo: Anclaje_Pieza_4 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Deformada Deformation Escala de deformación: 1,020,22</p>  <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p> <p>Anclaje_Pieza_4-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation</p>	

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	4,396e+01 Nodo: 3	2,475e+05 Nodo: 10482
<p>Nombre del modelo: Anclaje_Pieza_4 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety Criterio: Tensiones von Mises máx. Rojos < FOS = 1 < Azul</p>  <p>Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p> <p>Anclaje_Pieza_4-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety</p>			

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

3. Planos

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

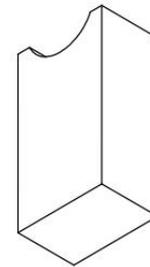
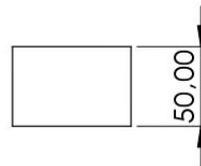
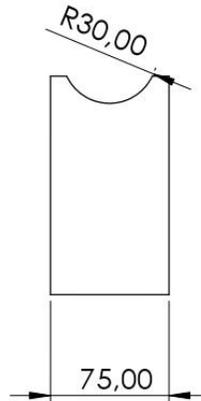
Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

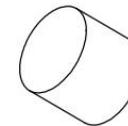
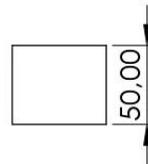
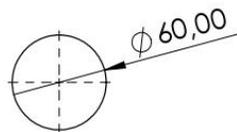
Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021



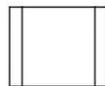
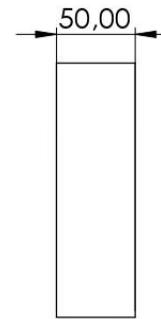
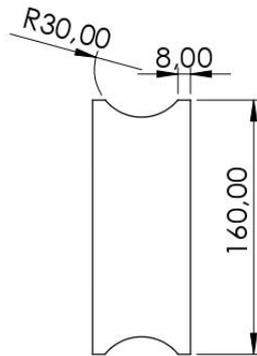
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/MBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València				
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Dominguez	04/08/21	TÍTULO:			
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO						
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA						
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	FABRICACIÓN						
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			TAMAÑO	N.º DE DIBUJO	REV	
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			A	Anclaje_Pieza_1		
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:			ESCALA: 1:2 PESO:		HOJA 1 DE 1		
		MATERIAL							
		ACABADO							
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	NO CAMBIE LA ESCALA							
APLICACIÓN									



INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/OMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/02/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS: FRACCIONAL ±	VERIFICADO			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	INGENIERÍA			
		2 LUGARES DECIMALES ±	FABRICACIÓN			
		3 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			TAMAÑO
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:	COMENTARIOS:			
		MATERIAL				REV
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	ACABADO				A
	APLICACIÓN	NO CAMBIE LA ESCALA				Anclaje_Pieza_2
						ESCALA: 1:1 PESO:
						HOJA 1 DE 1



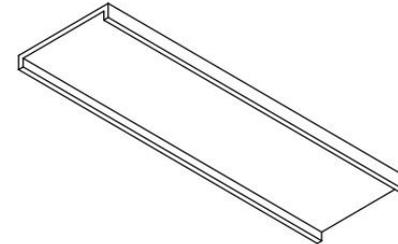
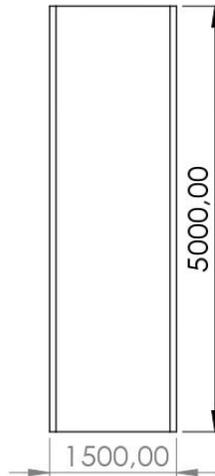
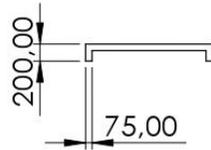
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NOMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/08/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PUEGUE ± 2 LUGARES DECIMALES ± 3 LUGARES DECIMALES ±	FABRICACIÓN			
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:	CALIDAD			TAMAÑO A N.º DE DIBUJO Anclaje_Pieza_3 REV
		MATERIAL	COMENTARIOS:			
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	ACABADO				ESCALA: 1:2 PESO:
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA				HOJA 1 DE 1



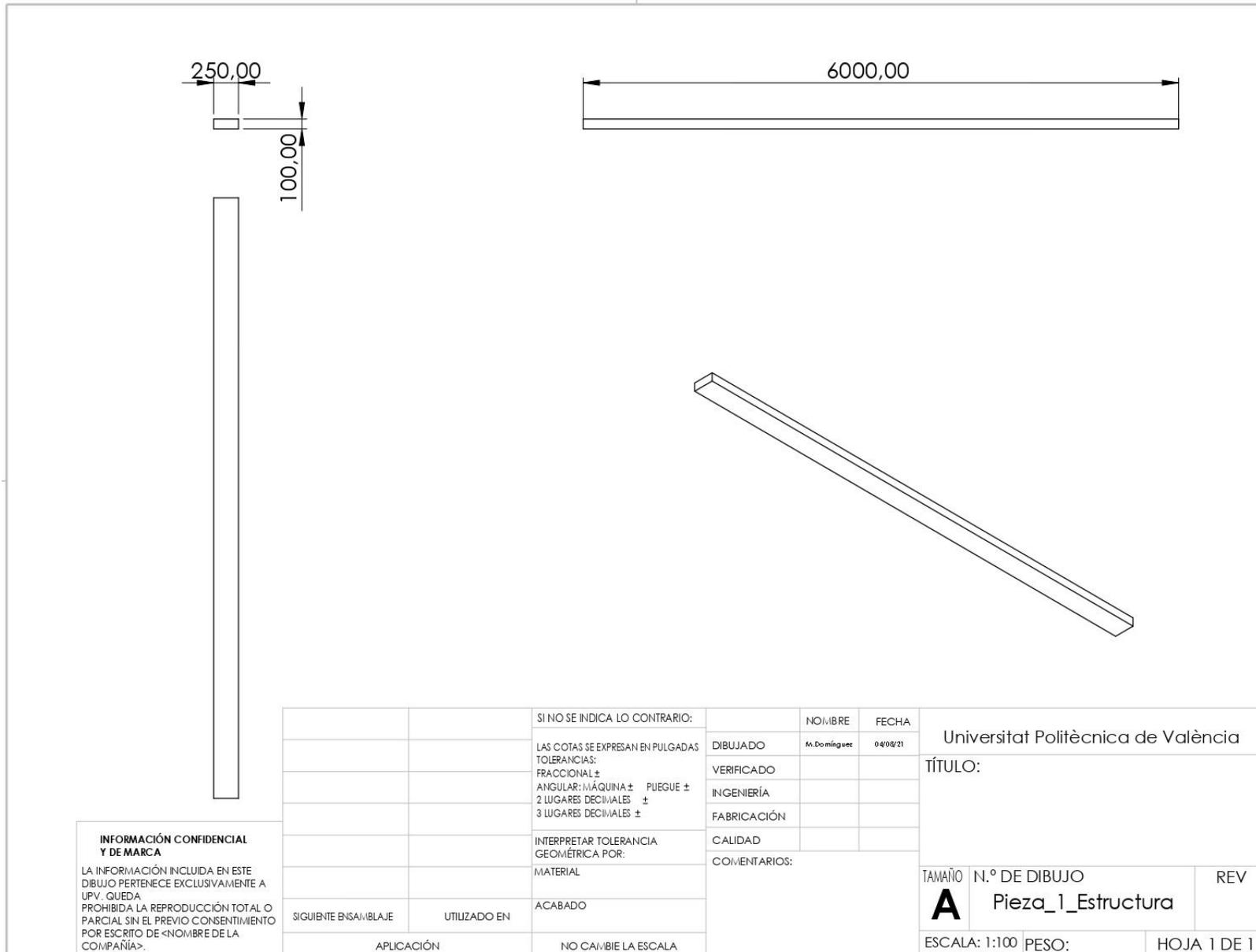
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:		NO MIBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/08/21	TÍTULO:	
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO				
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA				
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	FABRICACIÓN				
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD				
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			TAMAÑO	N.º DE DIBUJO
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:				A	Anclaje_Pieza_4
		MATERIAL					REV
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	ACABADO					
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA		ESCALA: 1:2		PESO:	HOJA 1 DE 1



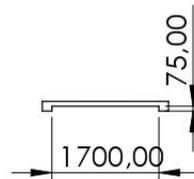
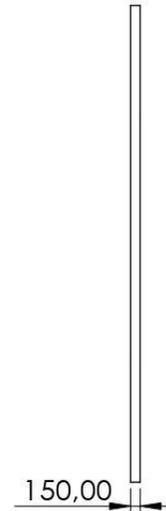
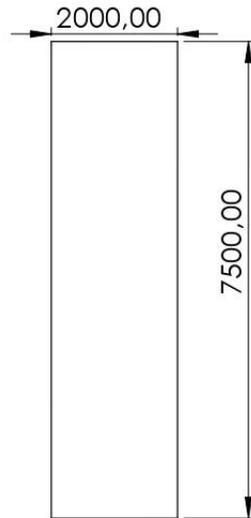
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/MBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/08/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PUEGUE ±	FABRICACIÓN			
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			TAMAÑO
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:				REV
		MATERIAL				
		ACABADO				
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN					
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA				
					ESCALA: 1:50	PESO:
						HOJA 1 DE 1



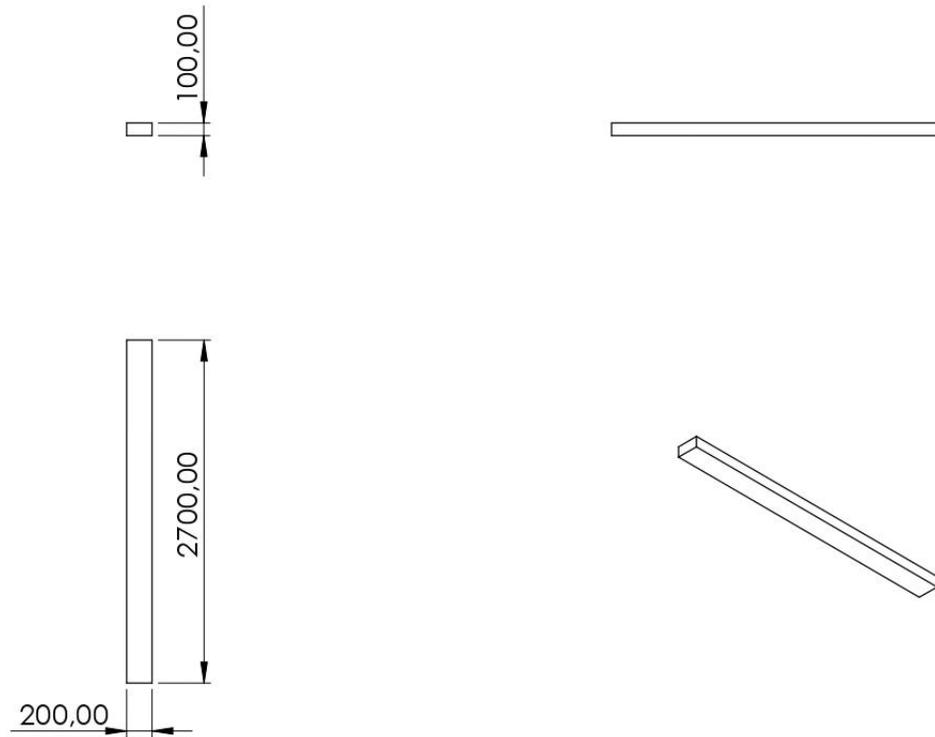
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
 LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV, QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/OMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/02/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PUEGUE ±	FABRICACIÓN			
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			TAMAÑO
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:			N.º DE DIBUJO	REV
		MATERIAL			A Pieza_1_Estructura	
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	ACABADO			ESCALA: 1:100	PESO:
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA			HOJA 1 DE 1	



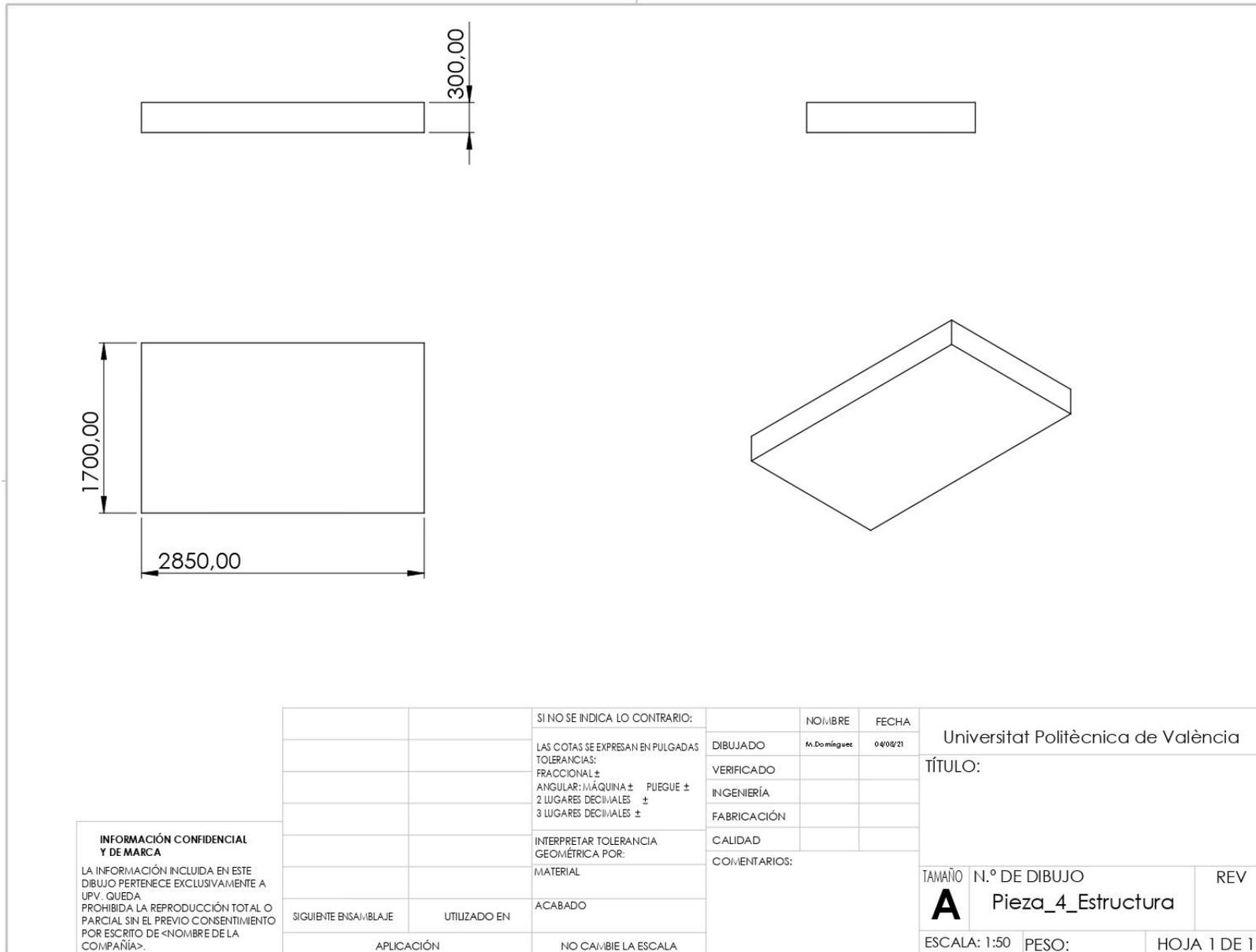
INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/OMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/02/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	FABRICACIÓN			
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:			TAMAÑO	N.º DE DIBUJO
		MATERIAL			A	Pieza_2_Estructura
		ACABADO			REV	
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN	NO CAMBIE LA ESCALA			ESCALA: 1:100	PESO:
APLICACIÓN						HOJA 1 DE 1

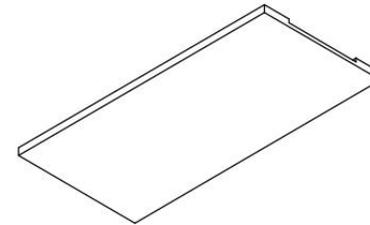
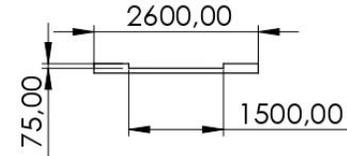
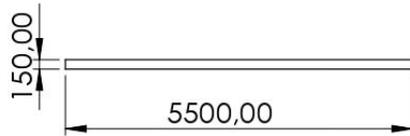


INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NO/OMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Domínguez	04/08/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	FABRICACIÓN			
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:				
		MATERIAL				
		ACABADO				
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN			TAMAÑO	N.º DE DIBUJO	REV
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA		A	Pieza_3_Estructura	
				ESCALA: 1:50	PESO:	HOJA 1 DE 1



INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA
LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE <NOMBRE DE LA COMPAÑÍA>.



INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Y DE MARCA

LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE DIBUJO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A UPV. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PREVIO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE «NOMBRE DE LA COMPAÑÍA».

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:	NOMBRE	FECHA	Universitat Politècnica de València	
		LAS COTAS SE EXPRESAN EN PULGADAS	DIBUJADO	M. Dominguez	04/08/21	TÍTULO:
		TOLERANCIAS:	VERIFICADO			
		FRACCIONAL ±	INGENIERÍA			
		ANGULAR: MÁQUINA ± PLEGUE ±	FABRICACIÓN			
		2 LUGARES DECIMALES ±	CALIDAD			TAMAÑO
		3 LUGARES DECIMALES ±	COMENTARIOS:			N.º DE DIBUJO
		INTERPRETAR TOLERANCIA GEOMÉTRICA POR:				Base
		MATERIAL				REV
		ACABADO				
SIGUIENTE ENSAMBLAJE	UTILIZADO EN					
APLICACIÓN		NO CAMBIE LA ESCALA				
					ESCALA: 1:100	PESO:
						HOJA 1 DE 1

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

4. Presupuesto

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021

En este apartado se desarrolla el coste de ingeniería de los distintos estudios realizados para la propuesta ofrecida por el autor del aparcamiento robotizado y el coste del puesto de ensayo para la demostración del correcto funcionamiento del programa de control.

Material	Unidades	Cantidad	Coste(€)/Ud	Coste(€)/Total
Licencia SolidWorks Standard	Ud	0,125	1010,00	126,25
Mano de obra diseño	h	40	37,00	1480,00
Mano de obra elección de materiales	h	10	37,00	370,00
Licencia TIA Portal V16	Ud	0,42	1512,00	635,04
PLC Siemens S7-1200	Ud	1	527,94	527,94
Kit Servo Driver Sinamics S210 + Servomotor Simotics	Ud	3	564,00	1692,00
Fuente de alimentación 0 – 30V DC	Ud	1	135,00	135,00
Mano de obra montaje	h	2	25,00	50,00
Mano de obra parametrización	h	5	37,00	185,00
Mano de obra programación	h	200	37,00	7400,00
Mano de obra de ensayos	h	24	37,00	888,00
Mano de obra redacción memoria	h	50	20,00	1000,00
Total (Sin IVA)				14489,23
Beneficio Industrial (%6)				869,35
Costes indirectos (%15)				2173,38
Total (Sin IVA) + BI + CI				17531,96
Total + 21% IVA				21213,67

Por lo que el coste total de la parte correspondiente al desarrollo de ingeniería asciende a veinte y un mil doscientos trece euros y sesenta y siete céntimos de euro.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PARA APARCAMIENTO INTELIGENTE

5. Referencias

TRABAJO FINAL DEL

Máster en Ingeniería Mecatrónica

REALIZADO POR

Miguel Domínguez Belloch

TUTORIZADO POR

Ángel Sapena Bano

Jordi Burriel Valencia

FECHA: Valencia, Septiembre, 2021



Referencias

1. Tabla de ilustraciones.....	157
2. Listado de tablas.....	159
3. Bibliografía.....	160

1. Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Garaje vertical con elevador en Chicago a inicios del siglo XX.....	12
Ilustración 2. Estación de aparcamiento Steinentorstrasse, Basilea, Suiza década de los 50	13
Ilustración 3. Sistema de apilamiento por Noria horizontal	14
Ilustración 4. Exterior de las "Car Towers", aparcamiento de la fábrica de Volkswagen en Wolfsburg, Alemania.....	15
Ilustración 5. Cabina de acceso	19
Ilustración 6. Robot en etapa de traslado.....	20
Ilustración 7. Estructura de almacenamiento	21
Ilustración 8. Esquema estructura de almacenamiento tipo altura.....	21
Ilustración 9. Esquema estructura de almacenamiento tipo bajo rasante	22
Ilustración 10. Esquema estructura de almacenamiento tipo altura - bajo rasante	22
Ilustración 11. Sistema de aparcamiento tipo puzzle	29
Ilustración 12. Sistema de transferencia de plataformas	31
Ilustración 13. Sistema de transporte de vehículos	32
Ilustración 14. CAD de la estructura.....	39
Ilustración 15. CAD de la plataforma	41
Ilustración 16. Detalle de pieza de anclaje en posición de amarre del vehículo	42
Ilustración 17. Pieza de anclaje en posición de recogida del vehículo	42
Ilustración 18. Robot en posición de movimiento del carrito con sistema de anclaje recogido	43
Ilustración 19. Robot en posición de movimiento de carrito con sistema de anclaje desplegado	43
Ilustración 20. Colocación de carga en la pieza de anclaje	45
Ilustración 21. Plano motor Simotics 1LE0141 tamaño 132	48
Ilustración 22. Etapas variador de frecuencia	49
Ilustración 23. Variador Sinamics G120P 6SL3223-0DE27-5AA0	50
Ilustración 24. Zonas de funcionamiento de un disyuntor magnetotérmico	54
Ilustración 25. Circuit breaker GV2ME16-9/14 A.....	55
Ilustración 26. Esquema eléctrico variador de potencia y motor trifásico	56
Ilustración 27. Flujograma selección de modos	58
Ilustración 28. Flujograma modo manual	59
Ilustración 29. Flujograma modo automático.....	61
Ilustración 30. Flujograma modo mantenimiento	63
Ilustración 31. Detalle de la pantalla manual.....	68
Ilustración 32. Detalle pantalla modo automático	68
Ilustración 33. Detalle de mandos del modo mantenimiento	69
Ilustración 34. Esquema de puesto de simulación.....	71
Ilustración 35. Autómata Siemens S7-1200 CPU 1215 AC/DC/RLY.....	72
Ilustración 36. Servodrive Siemens Sinamics S210	73
Ilustración 37. Conexiones Siemens Sinamics S210 con los componentes del sistema y accesorios	74
Ilustración 38. Conexiones internas Siemens Sinamics S210.....	75
Ilustración 39. Plano acotado Sinamics S210 FSB, 1 AC, dimensiones en mm (pulgadas).....	76
Ilustración 40. Esquema encoder	77
Ilustración 41. Explicación del número de referencia.....	77

Ilustración 42. Placa de características Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0.....	78
Ilustración 43. Plano acotado Simotics 1FK2, altura de eje 40, dimensiones en mm (pulgadas)	79
Ilustración 44. Banco de pruebas.....	82
Ilustración 45. Interfaz básica de TIA Portal.....	86
Ilustración 46. Esquema en TIA Portal de la vista de redes	87
Ilustración 47. Fragmento código principal en el segmento del modo automático	88
Ilustración 48. Parte de código bloque de función alarmas - avisos, segmento petición de plaza incorrecto	89
Ilustración 49. Parte del código del modo automático en el bloque de función de plaza libre .	90



2. Listado de tablas

Tabla 1. Tabla de datos técnicos de vehículos	44
Tabla 2. Características acero aleado.....	45
Tabla 3. Cargas radiales motores Simotics 1LE0141	47
Tabla 4. Características de motor Simotics 1LE0141 de 6 Polos	48
Tabla 5. Características variador de la familia Sinamics G120P	50
Tabla 6. Tabla C.52-1 bis de la norma UNE-HD 60.364-5-52:2014	52
Tabla 7. Valores de conductividad para cobre y aluminio	53
Tabla 8. Tabla de características obtenida de la placa de características del servomotor Siemens SIMOTICS 1P 1FK2104-4AK10-1MA0.	78

3. Bibliografía

- Aula 21. (2020). *www.cursosaula21.com*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- Bueno, B. (2018). ITC-BT-47. En *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*. Marcombo.
- Hidrolifts. (2018). *www.hidrolifts.cl*. Obtenido de <http://www.hidrolifts.cl/sistema-de-aparcamiento-puzzle/>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana. (2021). *www.mitma.gob.es*. Obtenido de <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/transporte-terrestre/informacion-estadistica/datos-del-registro-general-definiciones>
- Siemens. (2014). SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200. *Manual de sistema*, 904-917.
- Siemens. (2019). Sistema de sevoaccionamiento SINAMICS S210. *SINAMICS S210*.
- Sotés, F. M. (2007). NUEVAS ALTERNATIVAS EN DESARROLLOS INMOBILIARIOS. “*Sistemas de aparcamientos robotizados y semirrobotizados*”. Departamento de Tecnología de la Edificación.
- Valverde Castaño, M. (2011). *Diseño mecánico de un parking robotizado*. Barcelona: UPC.