

Trabajo Fin de Grado

Automatización intralogística de nave industrial
mediante robots AGV

Intralogistics automation of an industrial
warehouse using AGV robots

Autor

Alejandra Valeria Suárez Siancas

Director

Tomás Cortés Arcos

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Noviembre 2024



**Escuela Universitaria
Politécnica** - La Almunia
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Automatización intralogística de nave industrial
mediante robots AGV

Intralogistics automation of an industrial
warehouse using AGV robots

424.24.24

Autor: Alejandra Valeria Suárez Siancas

Director: Tomás Cortés Arcos

Fecha: 11 2024

INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. DESARROLLO	23
5. CONCLUSIONES	41
6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	42
7. BIBLIOGRAFÍA	43

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	1
2. ABSTRACT	2
2.1. KEY WORDS	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. ENUNCIADO	3
3.2. MOTIVACIÓN	4
3.3. OBJETIVOS	4
3.4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	5
3.5. ANTECEDENTES	6
3.6. MARCO TEÓRICO	8
3.6.1. ¿Qué es un sistema AGV?	8
3.6.2. Diseño de un sistema AGV	8
3.6.3. Ventajas de los sistemas AGV	9
3.6.4. Tipos de AGV	10
3.6.5. Sistemas de guiado de AGV	10
3.6.6. Definiciones	11
3.7. SOLUCIONES POSIBLES	12

INDICES

3.7.1. Tipos de AGVS	12
3.7.1.1. AGVs de horquillas	12
3.7.1.2. AGVs de plataforma	12
3.7.1.3. AGVs de arrastre	13
3.7.1.4. AGVs de alto tonelaje	13
3.7.2. Sistemas de guiado de AGV	14
3.7.2.1. Sistema de guiado láser	14
3.7.2.2. Vehículos filoguiados	15
3.7.2.3. Sistema de guiado por SLAM	16
3.8. JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS	17
3.8.1. Tipos de AGV	17
3.8.2. Sistemas de guiado de AGV	18
3.8.3. Softwares de control de AGV	20
3.9. NORMATIVA UTILIZADA	22
4. DESARROLLO	23
4.1. PROPUESTA DE LAYOUT	25
4.1.1. Zona de almacén	26
4.1.2. Zona de picking y expedición de pedidos	38
5. CONCLUSIONES	41
6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	42
7. BIBLIOGRAFÍA	43

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Situación geográfica de la nave	5
Ilustración 2: Ejemplo de carro con AGV	7
Ilustración 3: Ejemplo de AGV de horquillas	12
Ilustración 4: Ejemplo de AGV de plataforma	13
Ilustración 5: Ejemplo de AGV de arrastre	13
Ilustración 6: Ejemplo de AGV de alto tonelaje	14

Ilustración 7: Ejemplo de sistema de guiado láser.....	14
Ilustración 8: Ejemplo de vehículo filoguiado.....	15
Ilustración 9: Ejemplo de vehículo guiado por RFID.....	16
Ilustración 10: Ejemplo de visión SLAM	16
Ilustración 11: Imagen ilustrativa de los AGV de plataforma de la marca HIK...	17
Ilustración 12: Imagen ilustrativa de los AGV de horquillas de la marca VisionNav	18
Ilustración 13: Ejemplo de sistema de navegación mediante códigos QR.....	18
Ilustración 14: Representación de lectura de códigos de las mesas	19
Ilustración 15: Ejemplo de tecnología 3D LiDAR.....	19
Ilustración 16: Ejemplo interfaz del RCS-2000.....	20
Ilustración 17: Imagen ilustrativa de la integración del RCS-2000.....	21
Ilustración 18: Imagen de ejemplo del RCS de VisionNav	21
Ilustración 19: Distribución inicial de la nave a automatizar	23
Ilustración 20: Medidas de palet europeo.....	24
Ilustración 21: Dibujo y medidas de las mesas de transporte	24
Ilustración 22: Distribución final de la nave por secciones.....	25
Ilustración 23: Dimensiones del AMR Q7-1000 según Datasheet.....	26
Ilustración 24: Flujo de trabajo de zona de picking de almacén	27
Ilustración 25: Flujo de trabajo de zona picking-buffer MOFFET	28
Ilustración 26: Flujo de trabajo gestión de vacíos buffer MOFFETT	28
Ilustración 27: Flujo de trabajo de reposición de almacén	29
Ilustración 28: Flujo de trabajo de recogida y dejada de residuos	30
Ilustración 29: Esquema explicativo del proceso de gestión de residuos.....	30
Ilustración 30: Implementación de los códigos QR	32
Ilustración 31: Mapa de códigos QR en el RCS.....	32
Ilustración 32: Ejemplo de configuración de los QRs en el RCS	33
Ilustración 33: Captura de pantalla del RCS	34

Ilustración 34: Captura de pantalla del programa	34
Ilustración 35: Ejemplo de configuración de los códigos QRs en el RCS	34
Ilustración 36: Captura de pantalla de número de posiciones de carga de batería	35
Ilustración 37: Zonas de mesas de intercambio y enfardadoras en el RCS	36
Ilustración 38: Captura de pantalla de programación del AGV en el RCS	37
Ilustración 39: Dibujo representativo del área de trabajo de los AGVs de horquillas	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de ubicaciones y mesas contempladas para zona de almacén	31
--	----

1. RESUMEN

El trabajo que se expone a continuación se desarrolla en la nave logística de Saltoki, una de las empresas más importantes de Navarra especializada en la distribución de material de fontanería, climatización, electricidad, calefacción, etc.

El objetivo de este proyecto consiste en encontrar una solución viable para la automatización de suministro logístico de sus productos en una nave de reciente construcción que será su futuro centro logístico principal. Esta automatización se llevará a cabo mediante vehículos de guiado automático, consiguiendo aumentar la eficiencia de la planta y reducir costes de manutención.

En primer lugar, se realiza un estudio de la logística interna de la fábrica para identificar las zonas donde se puede llevar a cabo una automatización, siguiendo además los requerimientos exigidos por la empresa. Toda esta información quedará documentada y sintetizada mediante tablas, imágenes, esquemas y planos.

Se estudiarán los diferentes modelos existentes en el mercado para poder encontrar la mejor solución que se adecue a las necesidades requeridas. Se explicará el nuevo funcionamiento propuesto, el diseño del sistema y de las adecuaciones necesarias para que los AGVs puedan transportar las mercancías y su posterior integración en el software de control.

1.1. PALABRAS CLAVE

Automatización, AGV, industria 4.0, robótica móvil, logística

2. ABSTRACT

The following work is taking place in the logistics warehouse of Saltoki, one of the most important companies in Navarra specialized in the distribution of plumbing, air conditioning, electricity, heating, etc. materials.

The objective of this project is to find a viable solution for the automation of the logistic supply of its products in a recently built warehouse that will be its future main logistic center. This automation will be carried out by automatic guided vehicles, thus increasing the efficiency of the plant and reducing maintenance costs.

First of all, we Will make a study of the internal logistics of the factory in order to identify the areas where automation can be carried out, following the requirements demanded by the company. All this information will be documented and synthesized by means of tables, images, diagrams and plans.

The different existing models in the market will be studied in order to find the best solution that fits the required needs. The proposed new operation, the design of the system and the necessary adaptations for the AGVs to transport the goods and their subsequent integration in the control software will be explained.

Finally, the corresponding simulation will be carried out in the manufacturer's RCS with which the physical integration in the warehouse will be carried out later. The economic assessment of the project implementation will also be presented.

2.1. KEY WORDS

Automation, AGV, industry 4.0, mobile robotics, logistics

3. INTRODUCCIÓN

La industria 4.0 representa una nueva era de transformación marca por la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la robótica. Esta revolución no solo optimiza los procesos de producción de las empresas, sino que también les permite redefinir la manera en la que trabajan, mejorando la eficiencia y respondiendo a las demandas del mercado.

Uno de los componentes clave de la industria 4.0 es la robótica móvil, entre los que destacan los robots de guiado autónomo capaces de interactuar con su entorno y realizar tareas de forma independiente. Además, su capacidad para trabajar junto a humanos en entornos colaborativos mejora la seguridad y productividad de las empresas.

La importancia de la industria 4.0 y la robótica móvil se manifiesta en varios aspectos clave:

1. Eficiencia y productividad: la automatización de procesos permite a las empresas aumentar su producción y reducir costes operativos, lo que se traduce en una mayor competitividad.
2. Personalización: la tecnología permite la producción a gran escala de artículo o bienes personalizados, lo que satisface mejor las necesidades de los clientes y mejora la experiencia del usuario.
3. Datos para la toma de decisiones: la recopilación y análisis de datos en tiempo real permiten a las empresas tomar decisiones más informadas y rápidas, optimizando la gestión de recursos y la cadena de suministro.
4. Sostenibilidad: la robótica móvil y otras tecnologías de la industria 4.0 permiten contribuir a procesos más sostenibles, utilizando los recursos de manera más eficiente.
5. Adaptabilidad: las empresas que adoptan estas tecnologías pueden adaptarse más fácilmente a los cambios en el mercado y no quedarse obsoletos.

3.1. ENUNCIADO

En este trabajo se va a realizar la automatización mediante robots AGV de parte de los movimientos de mercancías (zona de picking, conformación de pedidos, salidas y entradas multipalet y gestión de producto terminado) en una nave logística dedicada al suministro de materiales de fontanería, climatización y calefacción.

3.2. MOTIVACIÓN

La motivación principal que me lleva al desarrollo de este proyecto se debe a que dentro de mi experiencia laboral he tenido la oportunidad de trabajar en una empresa especializada en proyectos de transformación industrial 4.0 y actividades relacionadas con la eficiencia operacional integrando nuevas tecnologías, permitiéndome formar parte de las implantaciones de varios de sus proyectos en clientes de distintos sectores, principalmente el de la automoción.

Esta experiencia laboral despertó mi interés por el mundo de la robótica móvil y sus distintas aplicaciones dentro de la industria, es por eso que con este trabajo quiero plasmar los conocimientos adquiridos realizando estos trabajos y, además, profundizar más en el estudio de este importante sector que se encuentra en continuo desarrollo.

3.3. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo de fin de grado son:

Estudiar las distintas tecnologías de AGV, tecnologías de guiado y el uso de estas máquinas dentro de procesos logísticos para la mejora de la eficiencia operativa.

Plasmar la implantación de un sistema de automatización mediante AGVs en una nave industrial y del proceso llevado a cabo.

Una vez estudiado el proceso logístico de la empresa, calcular el número de AGVs necesarios para la automatización, así como el diseño de las rutas de trabajo considerando la tecnología de guiado escogida y factores de disposición de espacio, puntos de carga y descarga y las interacciones con otros sistemas y operarios.

Elaborar diagramas de flujo que describan el funcionamiento de los AGVs dentro del proceso logístico, permitiendo localizar posibles cuellos de botella y poder optimizar las operaciones.

Profundizar en el diseño de la lógica de trabajo, abarcando aspectos de programación de tareas, gestión de prioridades y la comunicación entre los AGVs y distintos elementos implicados en la automatización.

Realizar, dentro de lo posible, una simulación del funcionamiento completo de estos AGVs en los procesos automatizados de la implantación.

3.4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La nave donde se ha realizado la implantación que se va a desarrollar en este proyecto se sitúa en la localidad de Pamplona, Navarra, en el polígono de Landaben donde se encuentra también la fábrica de Volkswagen Navarra, donde también se han llevado a cabo proyectos de implantación de AGVs en sus líneas de producción y procesos intralogísticos.

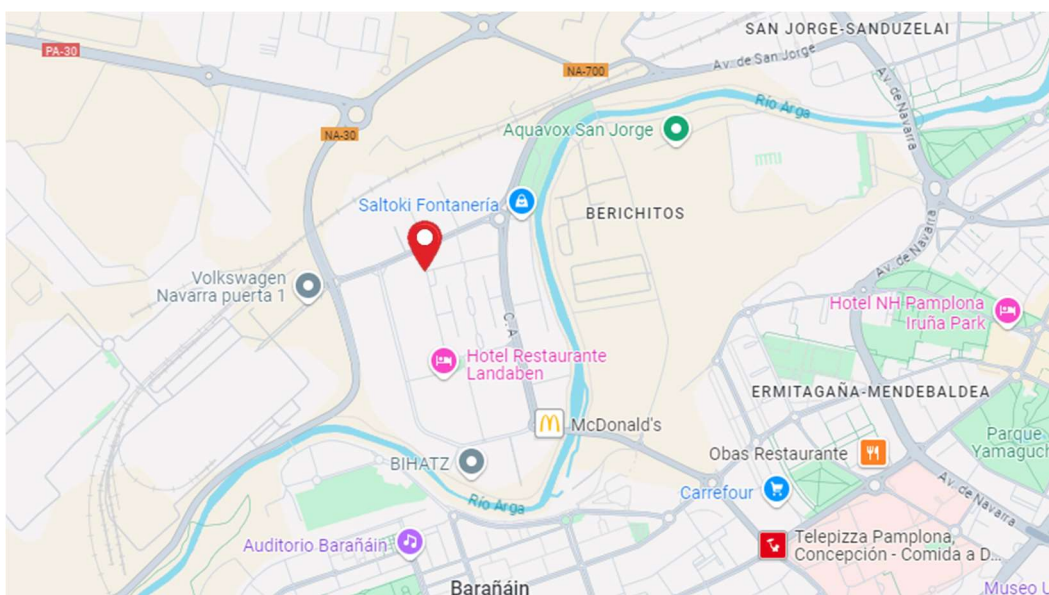


Ilustración 1: Situación geográfica de la nave

3.5. ANTECEDENTES

Hasta ahora, la automatización en el campo de la logística está íntegramente relacionada con el AGV, especialmente indicado para realizar tareas repetitivas en cualquier sector industrial, pero más desarrollado en áreas de producción y espacios logísticos.

El nivel de uso de los sistemas AGV es muy basto, entre los que se encontrarían los siguientes ejemplos:

- Transporte de grandes cargas
 - Trenes autoguiados. Se utilizan para el movimiento de grandes cantidades de material para distancias relativamente grandes.
- Almacenamiento y distribución
 - Movimiento de pallets cargados entre los muelles de carga y las estanterías de almacenamiento.
 - Carretillas automáticas y transportes de unidades de carga.
 - Interacción con almacenes automatizados.
- Operaciones en líneas de embalaje.

Uno de los sectores en los que más trascendencia tiene este sistema es el de la automoción. Debido a la gran variedad de piezas que son utilizadas a lo largo del ciclo de montaje de un vehículo, el abastecimiento de las líneas mediante AGVs supone una gran mejora en los tiempos de fabricación y en las condiciones de los puestos de trabajo. Estas mejoras vienen de la eliminación de tareas repetitivas o forzosas por parte de los operarios tales como la sustitución de carros llenos por vacíos, o el transporte del producto terminado dentro de la planta.

Entre los muchos beneficios, el AGV es una máquina capaz de comunicarse con otras, compartiendo datos como el tipo de pieza que carga en cada carro, defectos sobre el producto, la cantidad y la diversidad de las piezas que se montan, etc. Todo este almacenamiento de información permite tener en todo momento la trazabilidad de cada uno de los componentes que son montados o desechados.



Ilustración 2: Ejemplo de carro con AGV

Para el desarrollo de este proyecto, vamos a centrarnos en analizar la situación inicial de la nave industrial que se quiere automatizar por parte de la empresa cliente, en este caso Saltoki.

Saltoki es un grupo empresarial navarro especializado en la distribución de materiales en diferentes áreas: fontanería, climatización, calefacción, electricidad, iluminación, construcción e interiorismo. Esta empresa está en pleno proceso de digitalización de sus almacenes para abordar con éxito el reto de la industria 4.0, con el objetivo de que, automatizando el movimiento de sus productos, se consiga mejorar considerablemente el grado de eficiencia y seguridad de sus almacenes, reducir costes y convertirse en líderes en su sector a nivel tecnológico.

La necesidad de este cliente nace de la construcción de una nueva nave logística de grandes dimensiones, pretendiendo convertirla en su centro principal de distribución de sus productos. Es por esto que el proyecto se presentó como una gran oportunidad para implantar una automatización desde cero, permitiéndonos moldear el proyecto en función de las necesidades detectadas a medida que se avanzaba con éste y plantear mejores soluciones al planteamiento del estudio inicial.

Como se puede observar en el plano (*Ver en apartado 4*), la situación inicial de la nave es de reciente construcción, inicialmente sin ninguna sectorización interna lo que nos permitió proponer diversas soluciones hasta dar con la más óptima para el proyecto de automatización intralogística.

Los requerimientos iniciales del cliente fueron que necesitaban tener un almacén enteramente automatizado, donde se almacenarán todo tipo de productos, como material de fontanería, climatización, etc, en palets

cuyo peso no supere los 1000 kg. Además, nos indicaron que necesitaban disponer de una zona de preparación de pedidos y que la nave dispondría de un sistema de "SmartPallet" que comunicaría las dos plantas de recepción y expedición de pedidos con el almacén en el que trabajarían los AGV.

Con todas estas pautas iniciales, se realizaría el estudio completo de capacidad de la nave y las cadencias que puede llegar a tener, además de estudiar la solución de automatización que se llevaría a cabo finalmente, y elegir los AGVs y la tecnología adecuada para este proyecto.

3.6. MARCO TEÓRICO

3.6.1. *¿Qué es un sistema AGV?*

El AGV es un vehículo autónomo con la capacidad de trasladar cargas entre diferentes puntos dentro de un espacio designado para ello. Nacen de la necesidad de optimizar el traslado de materiales, mejorando la productividad, seguridad, flexibilidad y costes.

El sistema AGV se caracteriza por ser altamente flexible, inteligente y versátil. En el momento de diseñar este tipo de sistema, se debe tener en cuenta el diseño de las trayectorias, el número de vehículos que comprende el sistema, los requerimientos que deben tener los vehículos, los materiales que va a transportar, etc.

3.6.2. *Diseño de un sistema AGV*

El diseño de un sistema AGV es un trabajo complejo del que dependen muchas variables que impactan en su funcionamiento. Los principales aspectos a tener en cuenta en el diseño de un sistema AGV son los siguientes:

- Las trayectorias: por dónde se debe mover el AGV
- El manejo del tráfico de los AGVs: todas las estrategias de seguridad que se deben tener en cuenta para que los vehículos no colisionen entre sí o con otros objetos o personas
- El número de estaciones de carga y descarga de materiales
- Los requerimientos de los vehículos: las características que deben tener los AGVs para adecuarse al sistema en forma, tamaño, sensores, programación, etc.
- Enrutamiento de los vehículos
- Planificación de uso de los vehículos: lo que debe hacer cada robot en cada momento

- Las ubicaciones optimizadas de los vehículos: los sitios más seguros de tránsito, zonas de carga de batería, etc
- El control y manejo de la batería y de sus posibles fallos: cómo se van a solventar los posibles fallos que pueda tener el sistema

3.6.3. Ventajas de los sistemas AGV

- **Eficiencia:** los AGV pueden operar de manera continua, lo que aumenta la productividad al reducir tiempos de inactividad.
- **Reducción de costes:** Al minimizar la necesidad de mano de obra se pueden reducir costes laborales y de operación, el mantenimiento no es difícil de realizar y tiene un consumo de potencia bajo.
- **Seguridad:** los AGVs están diseñados con múltiples sistemas de seguridad, lo que disminuye el riesgo de accidentes en el lugar de trabajo.
- **Flexibilidad:** se pueden programar y reconfigurar con facilidad para adaptarse a los cambios en los flujos de trabajo o en el diseño de la planta.
- **Precisión:** los AGV ofrecen un transporte preciso y eficiente de materiales, lo que reduce errores en la entrega y el manejo de productos.
- **Optimización del espacio:** permiten un diseño más eficiente del espacio de trabajo, ya que pueden operar en áreas más estrechas y optimizar recorridos.
- **Integración tecnológica:** se pueden integrar con otros sistemas automatizados, como software de gestión de almacenes para mejorar aún más la eficiencia.
- **Menor impacto ambiental:** muchos AGV están diseñados para ser energéticamente eficientes, lo que contribuye a una menor huella de carbono.

Estas ventajas hacen que los sistemas AGV sean una opción atractiva para muchas empresas que buscan mejorar su logística y operaciones.

3.6.4. Tipos de AGV

En la actualidad existen diferentes tipos de AGVs, además de aquellos que se pueden producir para necesidades específicas de determinadas empresas, pero la mayoría de estas máquinas están estandarizadas, difiriendo en los tipos de cargas y pesos que puedan soportar.

- **Vehículos de arrastre:** AGV al que se le puede acoplar diferentes remolques los cuales pueden servir para transportar materiales distintos. Son útiles para movilizar grandes volúmenes de peso a grandes distancias.
- **Transportadores unitarios de cargas:** contiene rodillos mecánicos permitiendo transportar una carga unitaria a bordo del vehículo. Estos AGV son utilizados en sistemas de almacenamiento y distribución, donde las trayectorias son normalmente cortas y pueden transportar grandes volúmenes.
- **Carretillas de tarimas:** utilizados en funciones de distribución, diseñados para el transporte, elevación de carga y maniobrar con estas en tarimas.
- **Montacargas de horquilla:** son capaces de recoger y descargar mercancías en tarimas. Se emplean en sistemas que requieren total automatización.
- **Vehículos de línea de ensamble:** utilizados para transportar motores, transmisiones y/o vehículos parte de una línea de ensamble.
- **Vehículos contrapesados:** están diseñados para soportar grandes pesos (mayor a 1.5T), se usan principalmente como apiladores y cuentan con un contrapeso en su base, la cual ayude a que el peso del material no desequilibre el robot.

3.6.5. Sistemas de guiado de AGV

Existen diversos sistemas de guiado para el AGV, que dependen del ambiente que se va a manejar, su aplicación, necesidades y coste de la inversión:

- **Guiado por cable:** El AGV sigue la trayectoria por medio de un cable energizado perforado en el suelo, detectando las señales mediante una antena del AGV.
- **Guiado por infrarrojos:** El AGV reconoce mediante visión artificial una tira de espejo catadióptrico, moviéndose para seguir la ruta.

- **Guiado magnético:** Este sistema funciona gracias a la colocación de una cinta magnética enterrada en el suelo, por la que el robot sigue su ruta.
- **Guiado láser:** Existen diferentes tipos de guiado láser. El más sencillo consta de un láser fijo en el robot, aunque es un sistema poco flexible ya que el rayo sólo define una única dirección. Por otro lado, existen sistemas de guiado láser más flexibles mediante reflectores colocados en el entorno donde va a trabajar el AGV. Estos reflectores hacen de espejo y permiten al robot realizar giros predeterminados.
- **Guiado por códigos de barra o QR:** Para este sistema el robot tiene que estar equipado con una cámara en la parte inferior, adaptada para reconocer los códigos de barra o QR que se posicionan a lo largo de la ruta del robot.

3.6.6. Definiciones

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se emplearán términos relacionados con el vocabulario de logística, por lo que se definirán unos cuantos a continuación para su mejor entendimiento:

- **"Rack":** es una estructura de estantería utilizada para almacenar productos o materiales, que puede ser manipulada por los AGVs para optimizar la distribución dentro de un almacén.
- **"Buffer":** es una zona de almacenamiento temporal donde los materiales o productos pueden ser almacenados brevemente antes de ser trasladados a su ubicación final, ayudando a gestionar los flujos de trabajo y minimizar los tiempos de espera.
- **"Moffet":** es un tipo de manipulación que se puede emplear en combinación con los AGVs para carga y descargar mercancías de manera eficiente en un almacén. Son estructuras más livianas, versátiles y fáciles de maniobrar.
- **"Mezzanine":** es un tipo de plataforma elevada dentro de un almacén, a un nivel intermedio diseñada para maximizar el uso del espacio vertical.
- **"Tunneling":** este término hace referencia a una técnica de navegación utilizada para guiar a los AGVs de manera eficiente a través de rutas predeterminadas, basada en la creación de "túneles" virtuales o zonas de paso de los AGVs que aseguran siempre el trayecto óptimo para el AGV.

3.7. SOLUCIONES POSIBLES

3.7.1. Tipos de AGVS

3.7.1.1. AGVs de horquillas

Este tipo de modelo de AGVs es uno de los más utilizados en las empresas gracias a su alta funcionalidad en diferentes sistemas que requieran carga y descarga de materiales además del transporte. Se caracterizan sobre todo por tener horquillas fijas o de apertura automática. Su mecánica de contrapeso o apiladora hace de estos AGVs una potente solución para transportar palets y contenedores con gran estabilidad.



Ilustración 3: Ejemplo de AGV de horquillas

3.7.1.2. AGVs de plataforma

Este tipo de vehículo es la solución más óptima para espacios reducidos y es ideal para cargas muy pesadas ya que puede llegar a tener capacidad para grandes toneladas (dependiendo del fabricante). Como contraparte de su gran capacidad de carga, pueden ser un poco más lentos que un AGV de horquillas, pero depende mucho del fabricante y la configuración de la máquina.



Ilustración 4: Ejemplo de AGV de plataforma

Pueden realizar movimientos longitudinales y transversales, permitiendo mayor agilidad y eficiencia en sus movimientos.

3.7.1.3. AGVs de arrastre

Conocidos por su robustez y resistencia, este tipo de AGVs es capaz de transportar varios carros a la vez, lo que se traduce en una alta productividad y menores costes operativos. Proporcionan gran capacidad y gran maniobrabilidad tanto en entornos interiores como exteriores.



Ilustración 5: Ejemplo de AGV de arrastre

3.7.1.4. AGVs de alto tonelaje

Estos vehículos están diseñados para soportar cargas de grandes toneladas y se utilizan para transportar materiales muy específicos como paletas, bobinas de acero, piezas de maquinaria y otros objetos pesados.

Son vehículos destinados principalmente a la industria pesada: aeronáutica, automoción, eólica, fundiciones, etc.



Ilustración 6: Ejemplo de AGV de alto tonelaje

3.7.2. Sistemas de guiado de AGV

3.7.2.1. Sistema de guiado láser

Son los llamados LGV (Laser Guided Vehicle). Utilizan un transmisor/receptor láser en forma de torreta giratoria. Los haces de luz rebotan en pequeños reflectores situados en paredes o postes y el AGV calcula su posición mediante triangulación, comparándola con un mapa almacenado.

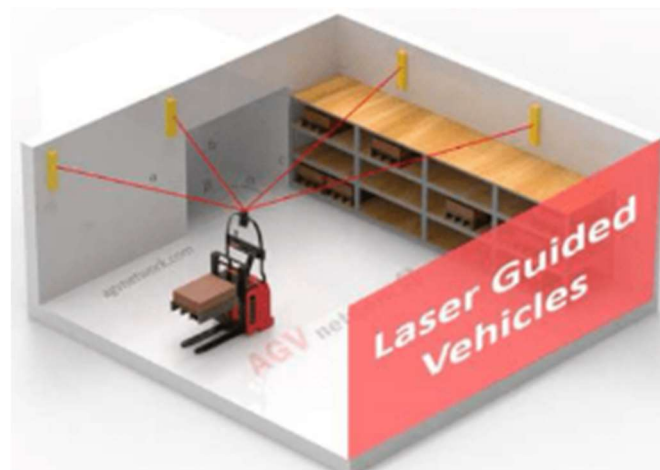


Ilustración 7: Ejemplo de sistema de guiado láser

Este tipo de sistema es duradero y requiere de poco mantenimiento, proporciona alta precisión en el posicionamiento y se pueden seguir varias trayectorias con cargas elevadas.

Por otro lado, son sistemas que tienen de costes elevados, su integración es un poco más lenta al necesitar escanear todo el entorno previamente y se puede ver afectado por los cambios frecuentes de temperatura.

3.7.2.2. Vehículos filoguiados

Con este sistema el AGV dispone de un sensor magnético que le permite seguir con gran precisión una guía o cinta magnética, colocada en el suelo ya sea enterrada o en la superficie y protegida con una capa de resina.



Ilustración 8: Ejemplo de vehículo filoguiado

Es un sistema que permite alta capacidad de carga, como por ejemplo el uso de AGV convoy, es más económico y es un sistema preciso y predecible en su trayectoria. Sin embargo, es un sistema que necesita de grandes espacios para realizar los giros y cualquier modificación requiere de una nueva instalación de cinta, además de que ésta puede degradarse con el tiempo.

Dentro de este sistema de vehículos filoguiados, existe también el llamado guiado inercial, que consiste en un sistema informático que dirige al AGV por un circuito con la ayuda de un giroscopio integrado. Este giroscopio detecta los cambios de dirección y permite seguir la ruta con gran precisión, ayudándose de etiquetas RFID o QRs que el AGV lee del suelo y realiza los cambios o acciones programadas en estas etiquetas.



Ilustración 9: Ejemplo de vehículo guiado por RFID

3.7.2.3. Sistema de guiado por SLAM

SLAM o *Simultaneous Location and Mapping*, es un método utilizado para vehículos autónomos que les permite crear un mapa y localizar su vehículo en ese mapa al mismo tiempo con un LiDAR (*Light Detection and Ranging*), que es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz de láser pulsado.



Ilustración 10: Ejemplo de visión SLAM

Los algoritmos SLAM permiten que el vehículo pueda comparar el mapa que tiene guardado con lo que ve con el LiDAR, lo que les permite conocer su posición exacta en cada momento pudiendo navegar solos.

3.8. JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS

3.8.1. Tipos de AGV

Se ha elegido como solución para este proyecto de automatización emplear tanto AGVs de horquillas como de plataforma. En la zona de almacén de la nave se van a emplear mesas sobre las que irán los pallets con los productos en lugar de estanterías convencionales.

Esta solución se ha escogido así debido a que se pretende tener un flujo continuo de movimientos entre la zona de preparación de pedidos y la de almacén y un sistema de almacenaje con mesas a nivel de suelo permitirá agilizar la carga y descarga de materiales.

Es por esto que, para esta zona de la nave, el tipo de AGV más adecuado son los de plataforma. Tras un análisis de los AGVs que existen en el mercado, nos hemos decantado por escoger como solución los AGV de plataforma de la marca china HIK Robotics.



Ilustración 11: Imagen ilustrativa de los AGV de plataforma de la marca HIK

Entre los varios motivos por los que escogimos esta marca es porque utiliza ambas tecnologías de navegación como la basada en códigos QR y navegación láser-SLAM, permitiéndonos esa flexibilidad en el momento de la implantación, además de ser de las soluciones más económicas del mercado valorando todas las prestaciones.

Por otro lado, para la zona de preparación de pedidos se ha escogido como solución utilizar AGVs de horquillas, ya que tienen que mover los palets que transportan los AGVs de plataforma entre la zona de preparación de pedidos y las zonas de entrega, ya sea a almacén o a conveyors de salida de pedidos. Tras analizar los AGVs de horquillas existentes en el mercado, hemos elegido como mejor solución los AGVs de horquillas de la marca VisionNav.



Ilustración 12: Imagen ilustrativa de los AGV de horquillas de la marca VisionNav

Esta marca tiene un catálogo bastante amplio de AGVs de horquillas que analizaremos posteriormente para escoger la más acorde a las necesidades de este proyecto. Además de ser una solución bastante competitiva en cuanto a prestaciones y costes, permite emplear la tecnología de navegación por SLAM 3D en sus máquinas.

3.8.2. Sistemas de guiado de AGV

Una vez elegidos los AGVs que se van a emplear en el desarrollo de este proyecto, hemos procedido a analizar la mejor solución de sistema de guiado para cada tipo de AGV que hemos elegido teniendo en cuenta factores como el nivel de desarrollo de cada tecnología según el tipo de AGV y la marca, considerando también el proceso de implantación posterior y los posibles beneficios o fallos que pueda suponer su instalación.

En el caso de los AGV de plataforma, aunque dispone de varios sistemas de navegación, para garantizar el posicionamiento del AGV y verificar que la mesa a recoger del almacén es la correcta, se contempla la navegación por códigos QR.

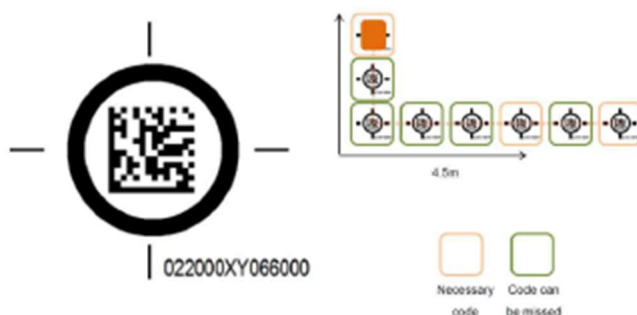


Ilustración 13: Ejemplo de sistema de navegación mediante códigos QR

La implantación de este sistema puede ser algo más tediosa ya que habría que colocar todas las posiciones en el suelo de los códigos QR además de los códigos QR que habría que colocar debajo de las mesas para que el AGV pueda leerlo.

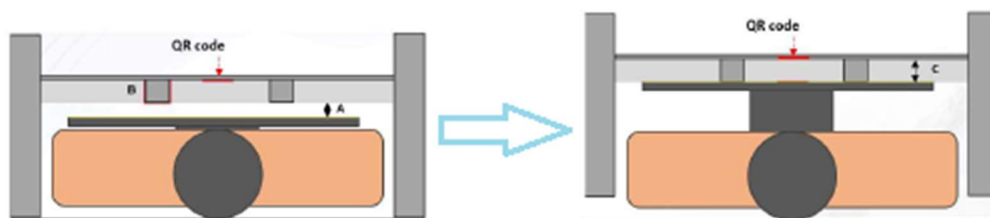


Ilustración 14: Representación de lectura de códigos de las mesas

Este sistema nos da mayor facilidad a futuro en caso de tener que modificar alguna posición o cambiar algún parámetro de la configuración de los códigos QR, ya que se trata de una superficie bastante amplia donde irán instalados.

El sistema de navegación de los AGVs de horquillas de VisionNav adopta la 3D SLAM como tecnología de posicionamiento. Esta es una tecnología que utiliza 3D LiDAR para percibir el entorno externo, usando los datos de la nube de puntos adquiridos se calcula la distancia precisa a los obstáculos y puntos de referencia para determinar su propia posición.

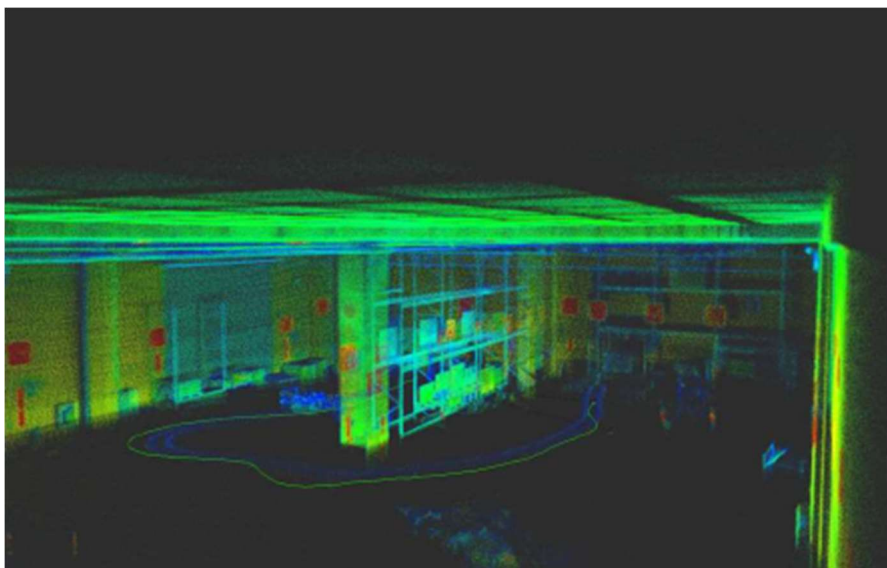


Ilustración 15: Ejemplo de tecnología 3D LiDAR

VisionNav es una marca que tiene este tipo de tecnología de visión muy desarrollada además de ser bastante competitivos, lo que hace que su sistema sea una elección adecuada para el desarrollo de este proyecto.

Su sistema adopta sensores híbridos láser 3D basados en características naturales del entorno, con una gran cantidad de información y alta precisión como sensores centrales para la navegación. Logran un posicionamiento altamente robusto y de alta precisión en una variedad de escenarios, tanto de interior como exterior, altamente dinámico y sin necesidad de modificar el entorno del sitio donde se va integrar.

3.8.3. Softwares de control de AGV

En cuanto a la integración software del sistema de AGVs de este proyecto, sabemos que la empresa utiliza como sistema de gestión de almacenes el programa GALYS de la marca Smartlog, encargado de gestionar y controlar todos los equipamientos y trabajos de la nave.

Este programa tiene la ventaja de ser un sistema flexible y adaptable, lo que permite una buena integración entre diferentes softwares de control y, por tanto, la integración de los AGVs de ambas marcas con sus correspondientes softwares.

El software de control que emplea HIK con sus AGV de plataforma es el RCS-2000 (Robot Control System), que se utiliza para crear un modelo de mapa o layout con los códigos QR y los modelos de AGV que se tienen que configurar. En el posterior desarrollo del proyecto, veremos cómo se integra este RCS con el SGA de GALYS para ciertos trabajos que tienen que realizar los AGVs y que tengan que interactuar con elementos que estén controlados por GALYS.



Ilustración 16: Ejemplo interfaz del RCS-2000

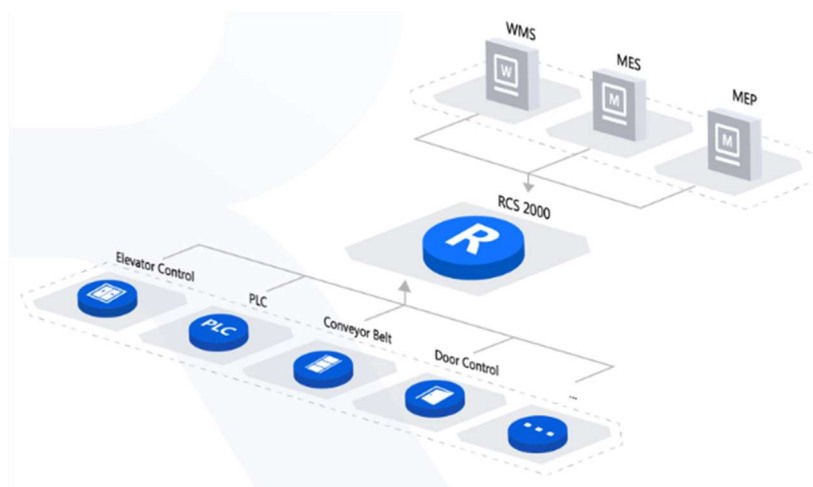


Ilustración 17: Imagen ilustrativa de la integración del RCS-2000

VisionNav también tiene su propio programa de gestión de flotas, RCS VISION, que al igual que el anteriormente mencionado de HIK, permite la representación gráfica en tiempo real de los AGVs, la gestión eficiente de sus rutas, tráfico, órdenes de trabajo, etc.

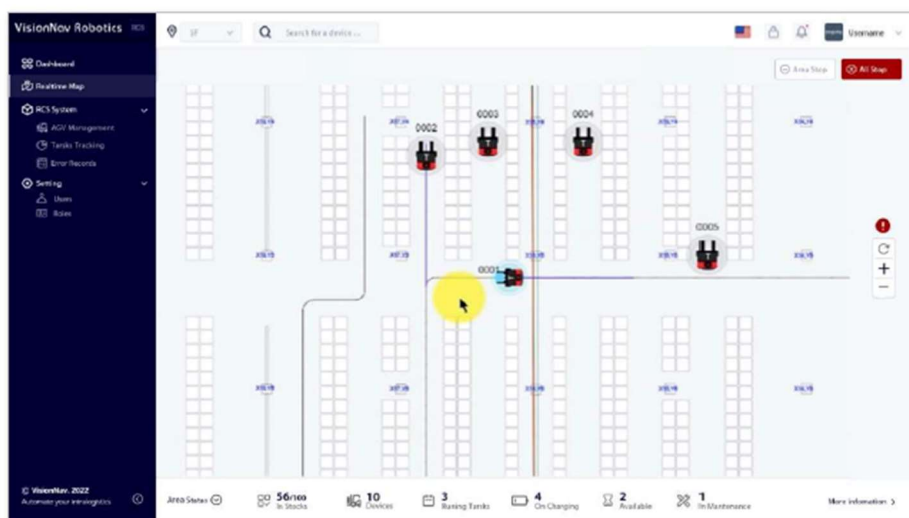


Ilustración 18: Imagen de ejemplo del RCS de VisionNav

En el desarrollo de este trabajo veremos mediante esquemas y diagramas de flujos el funcionamiento y la integración de estos AGVs de horquillas con el resto de sistemas, pero no lo trabajaremos en mucha profundidad, sino que nos centramos mayormente en el desarrollo e implantación de los AGVs de plataforma.

3.9. NORMATIVA UTILIZADA

- Directiva de máquinas de la CE
- UNE-EN ISO 3691-4:2020 Carretillas de manutención. Requisitos de seguridad y verificación. Parte 4: Carretillas industriales sin conductor y sus sistemas.
- UNE-EN 619:2022 Equipos y sistemas de manutención continua. Requisitos de seguridad de los equipos de manutención mecánica de cargas aisladas
- UNE-EN 1175-1:2020 Seguridad de las carretillas de manutención. Requisitos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales para carretillas alimentadas por baterías
- UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo
- UNE-EN 60204-1:2019 Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales
- UNE-EN IEC 6100-6-2:2019 Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales
- UNE-EN IEC 6100-6-4:2019 Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2020)
- UNE-EN 12895:2016+A1:2020 Carretillas de manutención. Compatibilidad electromagnética
- EN 361489-1 V2.2.3 (Ratificada) Estándar de Compatibilidad Electromagnética (EMC) para equipos. Parte 1: Norma armonizada para la compatibilidad electromagnética

4. DESARROLLO

Como se ha explicado previamente en los antecedentes, el objetivo de este trabajo consistía en automatizar la logística interna de la empresa cliente, en este caso Saltoki en su nuevo centro logístico de reciente construcción. Se pretende con este trabajo automatizar los movimientos de mercancías, como picking y conformación de pedidos, salidas y entradas multipalet y gestión del producto terminado.

Para ello, estudiamos la situación inicial del cliente y los trabajos que pretendían realizar:

- En cuanto a la distribución inicial de la nave, esta constaba de 2 zonas principales: la zona de almacén y la zona de picking y preparación de pedidos.

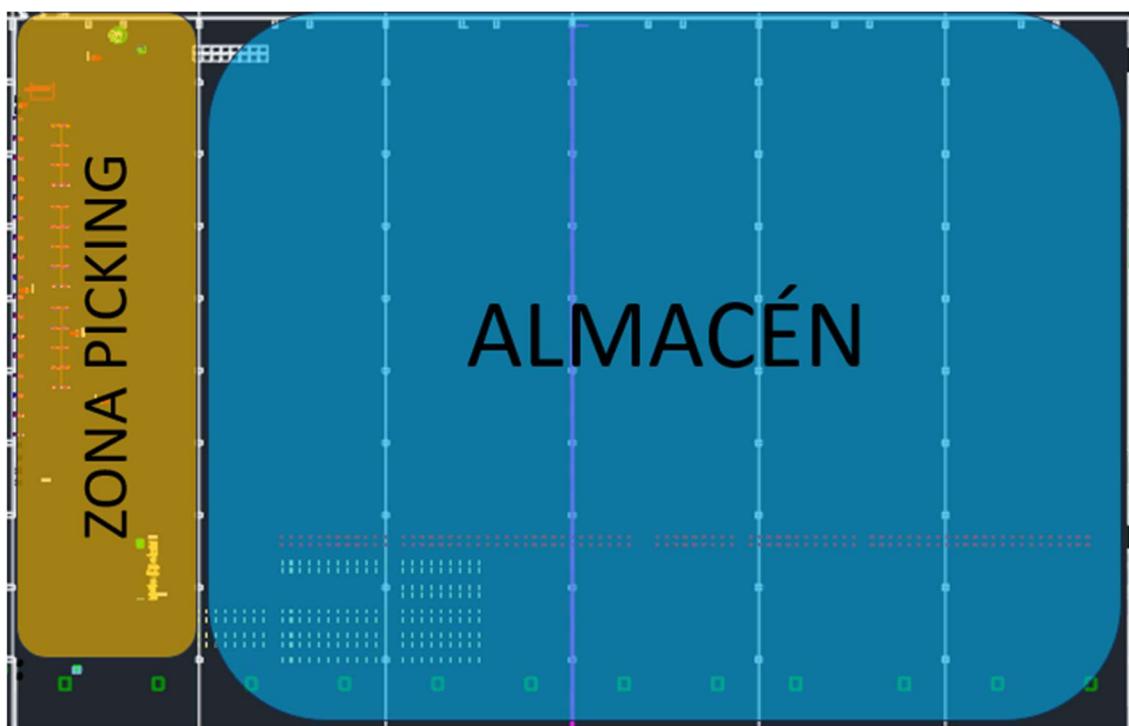


Ilustración 19: Distribución inicial de la nave a automatizar

- En cuanto a las mercancías que se pretendían transportar, se trataba de palets europeos conformados de diferentes tipos de productos con un peso máximo a transportar de 1.000 kg en total.

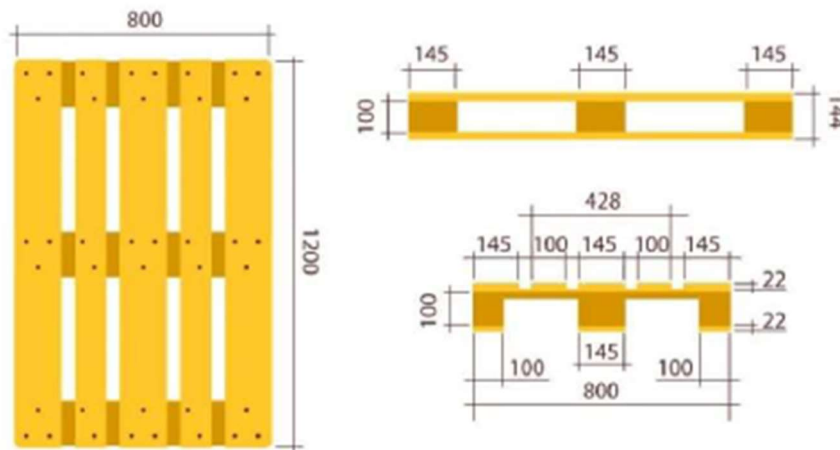


Ilustración 20: Medidas de palet europeo

- Una de las soluciones planteadas a la empresa para la zona de almacén de la nave, fue la de distribuir todo el almacén en mesas a suelo en lugar de estanterías y los palets sobre ellas, lo que permitiría un flujo más ágil de los pedidos.
- Estas mesas serían diseñadas con el ancho suficiente para que los AGVs de plataforma puedan circular por debajo de estas y recoger y entregar los pedidos.

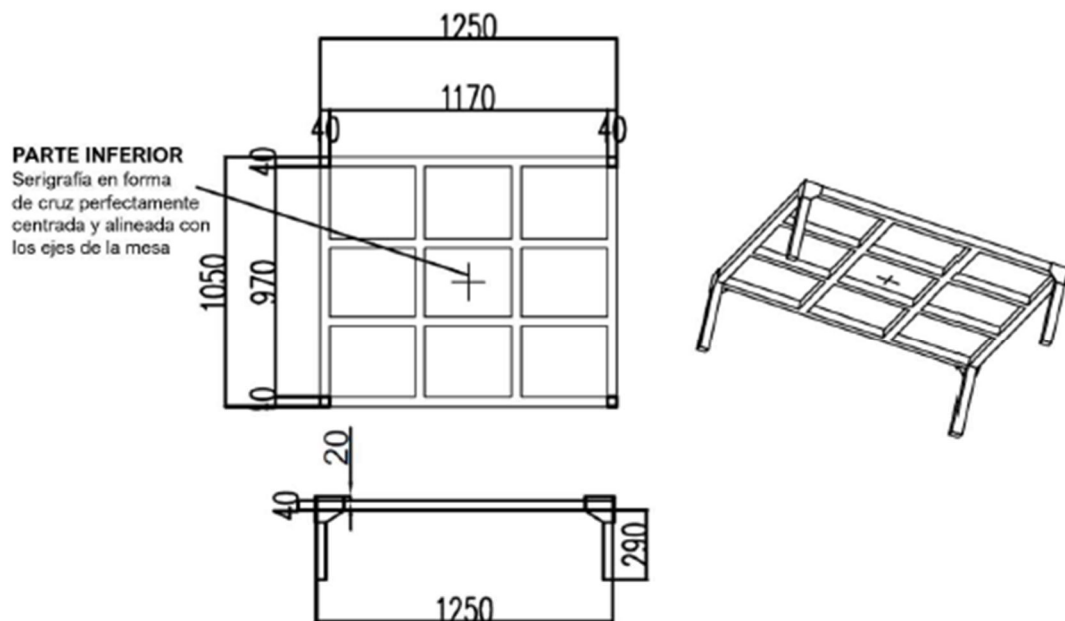


Ilustración 21: Dibujo y medidas de las mesas de transporte

Con estos datos iniciales proporcionados por el cliente, se procedió a estudiar la propuesta más óptima para este trabajo.

4.1. PROPUESTA DE LAYOUT

Tras diversas reuniones para definir con el cliente la estructura final del almacén y la operativa de trabajo, la propuesta final fue la siguiente (Ver anexo):

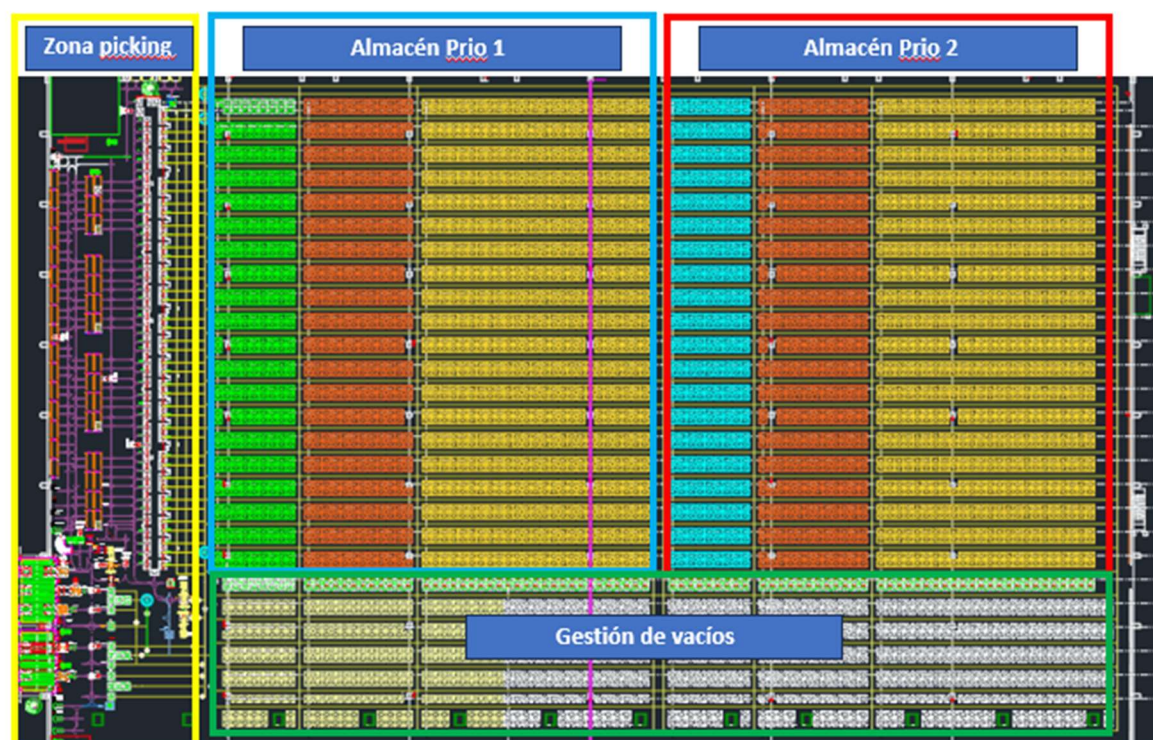


Ilustración 22: Distribución final de la nave por secciones

- Zona de picking: Se establecen 8 islas o estaciones de trabajo de preparación de pedidos.
- Almacenamiento de mesas "Prio 1 o primer contenedor". Se programan 1.500 ubicaciones para albergar mesas, siendo esta área de almacén el que más movimientos de mercancías tendrá.
- Almacenamiento de mesas "Prio 2 o segundo contenedor". Serán programadas otras 1.500 ubicaciones para tener doubles posiciones de todas las referencias.
- Buffer de mesas vacías. Necesarias para la correcta gestión de la reposición de las posiciones de almacén.

Durante el desarrollo de este proyecto estudiaremos más en profundidad los procesos internos de cada zona de la nave y el funcionamiento global, así como los modelos específicos de AGVs con los que trabajaremos.

Una vez delimitadas estas zonas de trabajo, tenemos que calcular el número de AGVs que se va a necesitar para cada uno de los flujos de trabajo de cada área y cómo éstos se conectan entre sí.

Este estudio lo realizamos en dos zonas separadas, por un lado, la zona de almacén donde se emplearán AGVs de plataforma, y por otro la zona de picking donde se emplearán los AGVs de horquillas.

4.1.1. Zona de almacén

Para el cálculo del número de AGVs, los proveedores nos proporcionan unas hojas de cálculo donde es necesario primeramente elegir el modelo de la máquina que se va a emplear y los flujos de trabajo.

El modelo de AGV que se elegirá para este trabajo vendrá definido principalmente por el peso de la carga, que en este caso es de máximo 1.000 kg, y sobre todo por las dimensiones del mismo, ya que tiene que caber debajo de las mesas donde se transportan los palets y transitar por los pasillos dejando la suficiente distancia de seguridad entre AGVs.

Entre los modelos de AGVs de plataforma de la marca HIK, elegimos utilizar el modelo de AMR Q7-1000 (*Ver anexo Datasheet*).

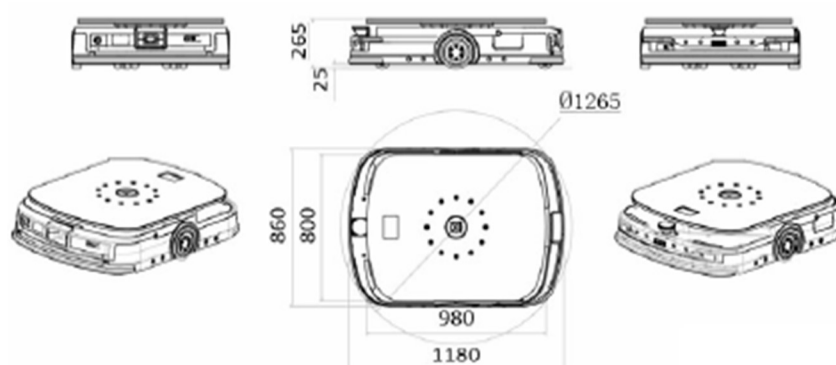


Ilustración 23: Dimensiones del AMR Q7-1000 según Datasheet

Además, según el datasheet este modelo cumple con la carga máxima que hay que transportar de 1.000 kg y la altura de elevación de la plataforma es de 60 mm, siendo suficiente altura para coger levantar la mesa y transportarla con seguridad.

Para continuar con el estudio de la zona de almacén, tenemos que definir los flujos de trabajo que van a seguir los AGVs, para así determinar las cadencias máximas de cada flujo y calcular el número de AGVs necesarios para todo este proceso.

A continuación, explicaremos en detalle el procedimiento en cada flujo de trabajo de esta zona de almacén previa confirmación con el cliente:

- **FLUJO 1 (PICKING DE ALMACEN AMRS)**

Tras la recepción de una orden, el sistema recogerá del almacén de AGV la mercancía a presentar y se llevará a la estación de picking solicitada, tras finalizar el operario la extracción de referencias, el AGV devolverá la mercancía a la ubicación que le indique GALYS.

En el presente flujo se pueden dar la situación de que el número de piezas que contiene el primer rack sea insuficiente para satisfacer la línea. En esta situación se llevará de forma simultánea el rack de la segunda posición. Tras finalizar el proceso, un rack retornara a la ubicación que le indique GALYS (en primera posición) y el vacío del cual previamente se habrán retirado todos sus "residuos" (embalajes, plásticos, cartón, etc) se entregará en la zona de racks vacíos.

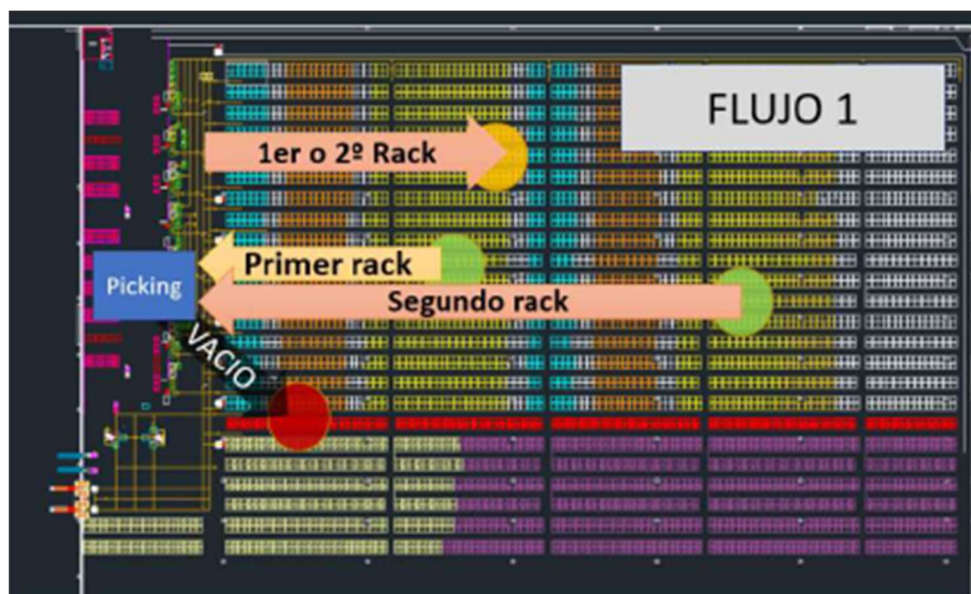


Ilustración 24: Flujo de trabajo de zona de picking de almacén

- **FLUJO 2 (PICKING DE BUFFER MOFFET)**

Tras la recepción de una orden, el sistema recogerá del *buffer* de MOFFET o gestión de vacíos, la mercancía a presentar y la llevará a la estación de picking solicitada, tras finalizar el operario la extracción de referencias, el AGV devolverá la mercancía a la ubicación que le indique GALYS dentro del buffer, a la zona de vacíos o directamente al MOFFET (previo paso por la enfardadora, si procede).

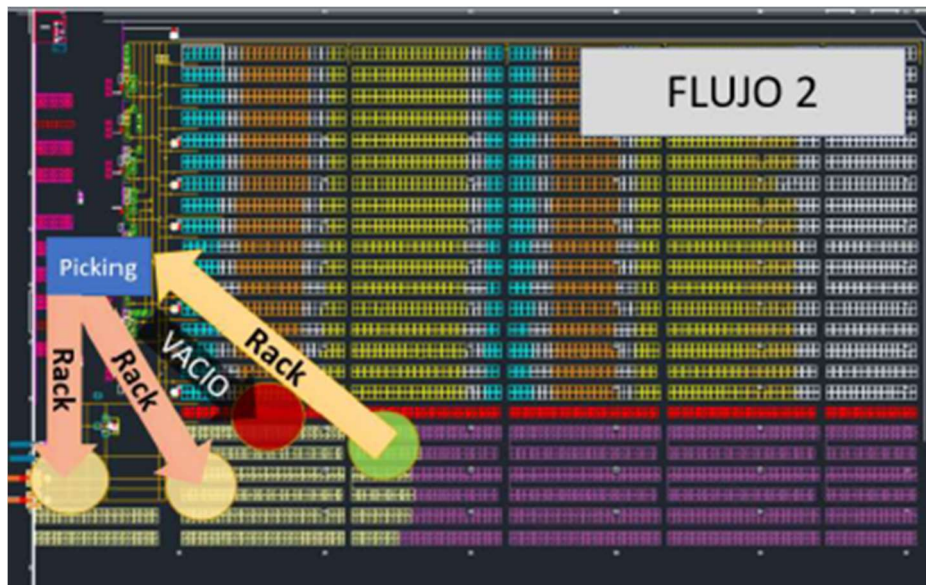


Ilustración 25: Flujo de trabajo de zona picking-buffer MOFFET

- **FLUJO 3 (GESTION DE BUFFER MOFFETT)**

En este flujo se contempla la retirada de mercancía del MOFFETT para la alimentación de buffer (a la posición que nos indique GALYS) y la retirada de esta del buffer para su devolución al MOFFETT.

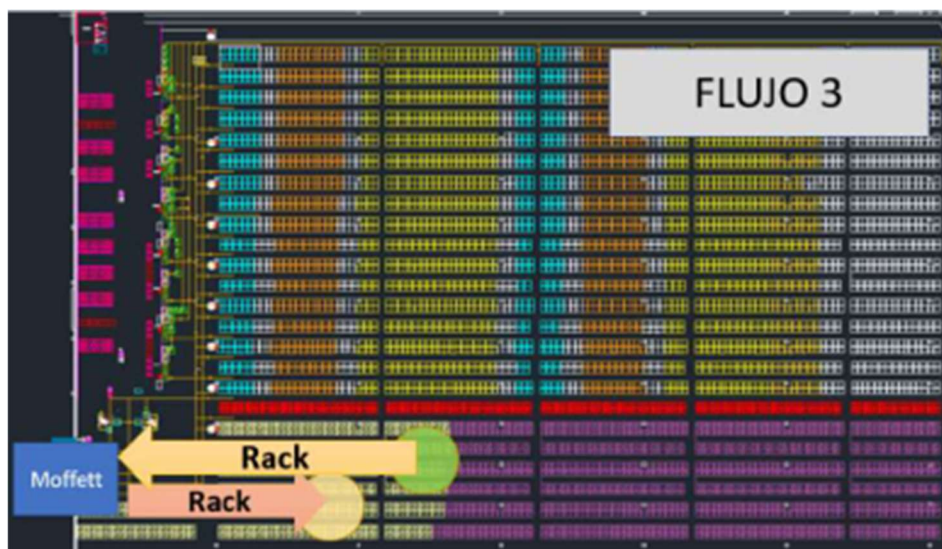


Ilustración 26: Flujo de trabajo gestión de vacíos buffer MOFFETT

Hay que aclarar que para toda la mercancía de los flujos 2 y 3 se ha contemplado que será enfardada antes de transportarlas a la zona de MOFFETT. Aunque es posible que sea más bien un trabajo esporádico, es necesario realizar el enfardado de la mercancía por motivos de inestabilidad para los demás flujos.

Estos últimos movimientos no se han contemplado en el cálculo de AGVs dado que desconocemos el porcentaje de esta necesidad frente al número total de movimientos.

- **FLUJO 4 (REPOSICION DE ALMACEN)**

Cuando el sistema nos emita una orden de reposición, un AGV recogerá una mesa vacía y la presentará en el remontador de salida de MOFFETT, para posteriormente (una vez cargada) entregarla en la ubicación que nos indique GALYS.

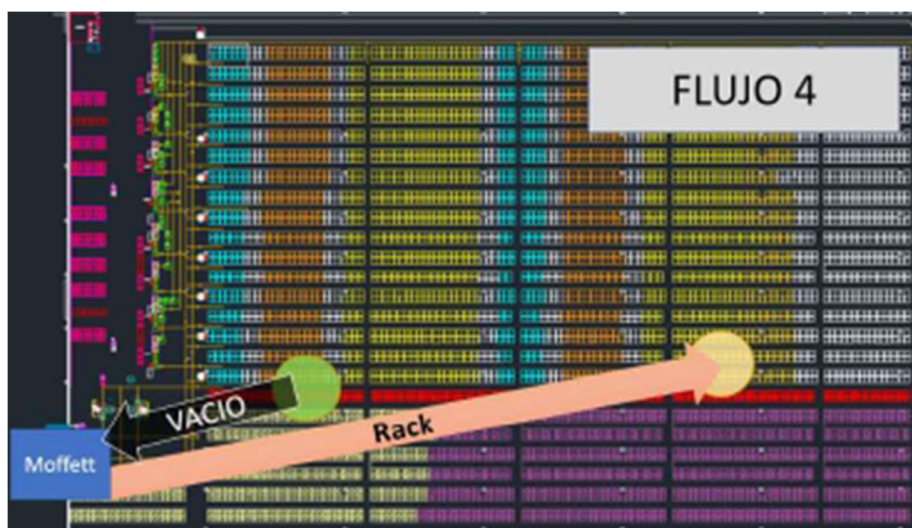


Ilustración 27: Flujo de trabajo de reposición de almacén

- **FLUJO 5 (RESIDUOS)**

Cuando el operario coloque un rack en la posición de retirada de vacíos deberá informar al sistema en una tablet para que un AGV pase a recogerlo indicando la posición en la que se encuentra (se programaran 5 posiciones de recogida). El AGV lo llevará a la zona de entrega a una posición libre (igualmente habrá 5 posiciones en destino). Cuando el operario retire manualmente el residuo indicará en otra tablet la ubicación a retirar.

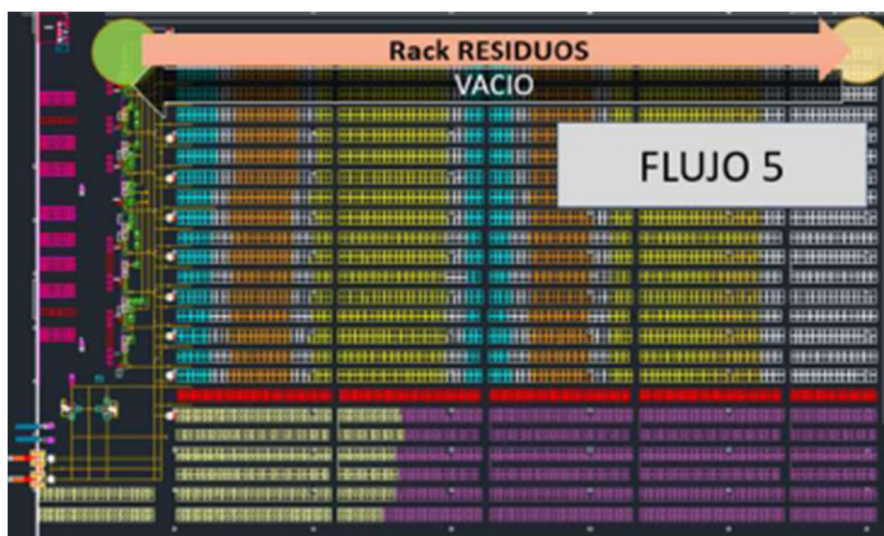


Ilustración 28: Flujo de trabajo de recogida y dejada de residuos

Para este flujo, se recomendó y acordó con la empresa cliente el uso de racks con ruedas para un transporte más ágil de los residuos. Sin embargo, en este proyecto no profundizaremos en el desarrollo de este flujo debido a los diferentes que sufrió durante la implantación del proyecto completo.



Ilustración 29: Esquema explicativo del proceso de gestión de residuos

Una vez determinados todos los flujos contemplados para el trabajo de los AGV de plataforma, podemos proceder al cálculo del número de AGVs, midiendo previamente en el plano las distancias de recorrido de los AGVs en cada flujo. (Ver en anexos *Tabla de Cálculo de AGVs*). Para el cálculo de las distancias, se toma la medida del recorrido más desfavorable para cada flujo, además de la velocidad nominal del AGV, penalizaciones por tiempos de espera en caso de interferir con otras máquinas o personas. Con estos valores se calcula el número de AGVs necesarios.

El cálculo realizado nos da un total de **29 AGVs** Q7 de plataforma, además de calcular el número de cargadores necesarios para el sistema. Según especificaciones del proveedor, el número aproximado de

cargadores es de 1 por cada 3 AGVs. Para este proceso necesitaremos **8 cargadores**.

Como se ha mencionado anteriormente en el apartado de "Soluciones posibles", para esta parte del proyecto emplearemos la navegación a través de códigos QR.

Durante la implementación de los AGVs de plataforma en la zona de almacén, se colocaron alrededor de 8000 ubicaciones de códigos QR en el suelo de toda la nave, que posteriormente tendríamos que programar en el RCS de HIK.

Primero, determinamos qué tipo de ubicaciones necesitábamos y cuántas. Entre estas ubicaciones tendríamos ubicaciones de pasillo, ubicaciones de "almacén" que es donde estarían ubicadas las mesas, ubicaciones de parking, etc.

Descripción posiciones	Ubicaciones	Mesas
Contenedores Prio 1	1400	1400
Contenedores Prio 2	1400	1400
Posiciones de vacío sin mesa	510	
Libres con plataforma	1406	1406
Buffer MOFFETT	500	500
Gestión zona mesas vacías	198	
TOTAL	5414	4706

Tabla 1: Número de ubicaciones y mesas contempladas para zona de almacén

En el momento de la implantación de los códigos QR en la nave, tuvimos el apoyo del trabajo de un topógrafo que marcó los puntos exactos en toda la nave donde iría cada código QR, ya que era indispensable que existiese una desviación prácticamente imperceptible entre los códigos QR para el correcto funcionamiento del AGV.

A la hora de imprimir las etiquetas de los códigos QR estos vendrían numerados con una coordenada en función de la distancia a la que se encuentren en los ejes X e Y como se muestra a continuación.

Implementation of Ground code/path planning

The number contains the information below:

The number contains the information below:

0 2 2 0 0 0 X Y 0 6 6 0 0 0

Integer of the X axis. Decimal of the X axis. Tag Sign Integer of the Y axis. Decimal of the Y axis.

- There are total 18 characters
- You can decide the tag sign (location type) as you desired. (must be the same as the location code type in the map property), can be 2 same letters.
- The numbers are decided by the actual locations.
- The red arrow represents the X-axis and Y-axis directions of the geodesic code, and the lower right value represents the geodesic coordinate value

Special location types

ZZ for elevators

SX for slam navigation

SC for slam assisting locating code

Xy AGV will not do micro-adjustment






Ilustración 30: Implementación de los códigos QR

Estos códigos se generan previamente trazando un layout en el mapa creado en el RCS de HIK.

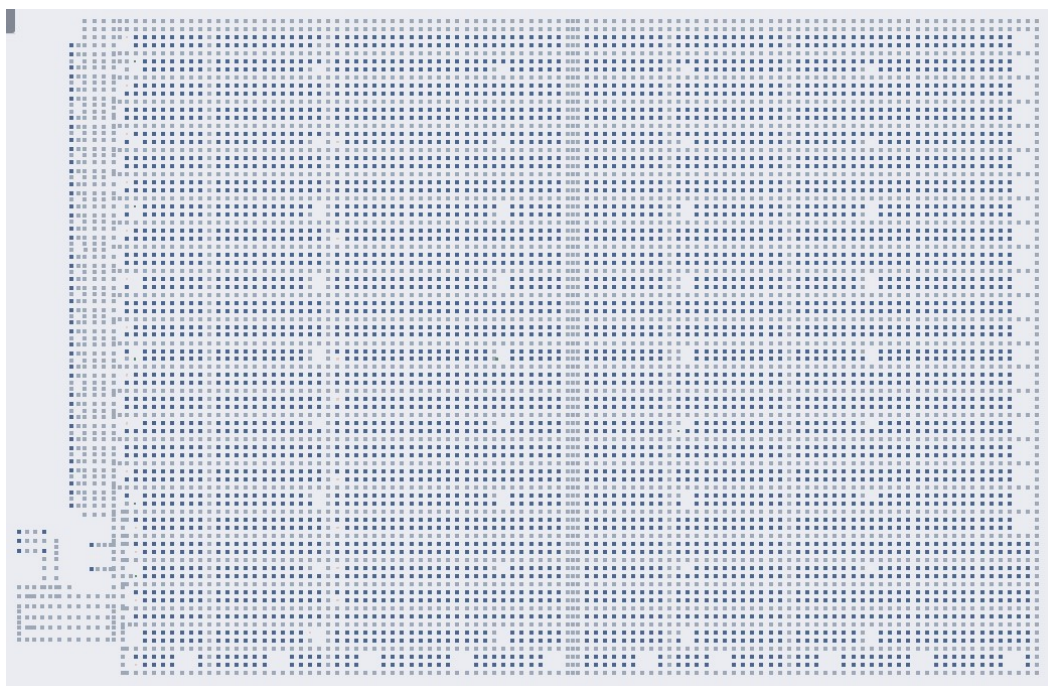


Ilustración 31: Mapa de códigos QR en el RCS

Una vez creado el mapa, se determina dentro del programa las posiciones de almacenamiento (Storage), pasillo (Passing point), etc. Además de trazar las direcciones entre QRs en los sentidos determinados previamente. Estos pueden ser unidireccionales o bidireccionales en función de la zona que configuremos.

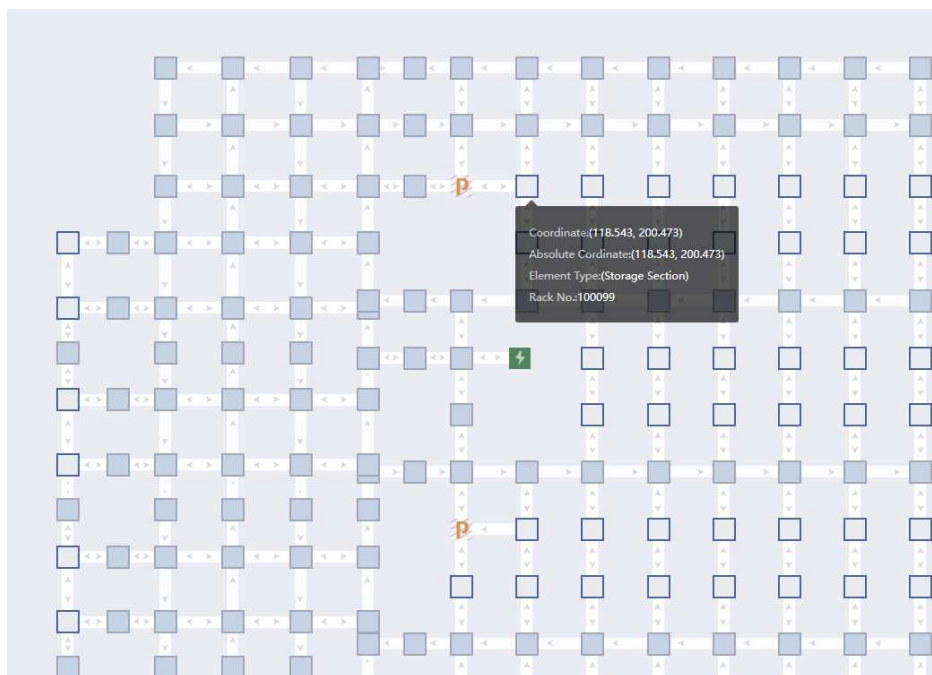


Ilustración 32: Ejemplo de configuración de los QRs en el RCS

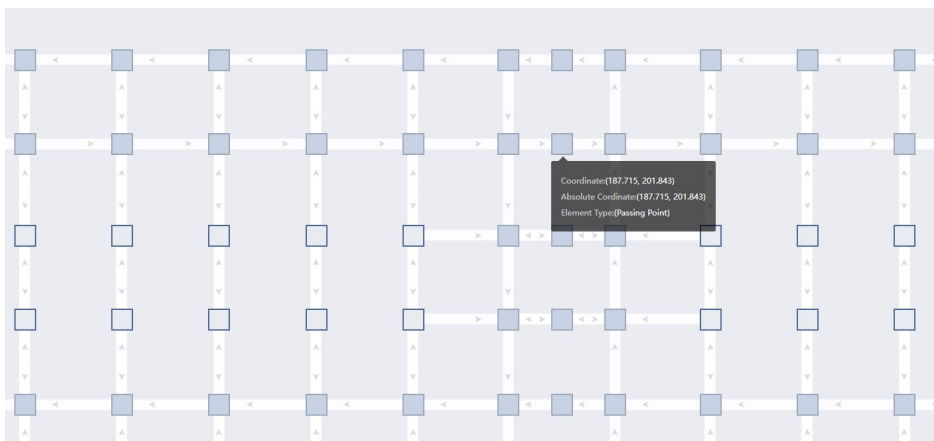


Ilustración 35: Ejemplo de configuración de los códigos QRs en el RCS

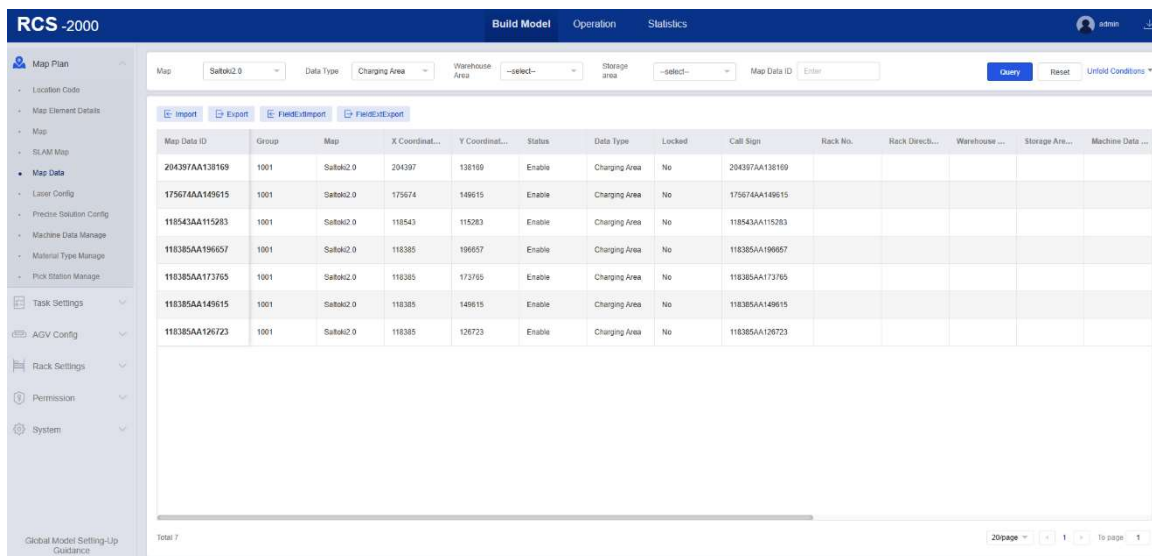
En las siguientes capturas de pantalla se puede apreciar en una tabla las coordenadas de los códigos QR y el tipo de configuración que se le ha asignado:

Map Data ID	Group	Map	X Coordinat...	Y Coordinat...	Status	Data Type	Locked	Call Sign	Rack No.	Rack Direct...	Warehouse ...	Storage Are...	Machine Data ...
261232AA203101	1001	Saltok2.0	261232	203101	Enable	Passing Point	No	261232AA203101					
261232AA201843	1001	Saltok2.0	261232	201843	Enable	Passing Point	No	261232AA201843					
261232AA200473	1001	Saltok2.0	261232	200473	Enable	Passing Point	No	261232AA200473					
261232AA199215	1001	Saltok2.0	261232	199215	Enable	Passing Point	No	261232AA199215					
261232AA197937	1001	Saltok2.0	261232	197937	Enable	Passing Point	No	261232AA197937					
261232AA196657	1001	Saltok2.0	261232	196657	Enable	Passing Point	No	261232AA196657					
261232AA195400	1001	Saltok2.0	261232	195400	Enable	Passing Point	No	261232AA195400					
261232AA194121	1001	Saltok2.0	261232	194121	Enable	Passing Point	No	261232AA194121					
261232AA192842	1001	Saltok2.0	261232	192842	Enable	Passing Point	No	261232AA192842					
261232AA191584	1001	Saltok2.0	261232	191584	Enable	Passing Point	No	261232AA191584					
261232AA190305	1001	Saltok2.0	261232	190305	Enable	Passing Point	No	261232AA190305					
261232AA189027	1001	Saltok2.0	261232	189027	Enable	Passing Point	No	261232AA189027					
261232AA187769	1001	Saltok2.0	261232	187769	Enable	Passing Point	No	261232AA187769					

Ilustración 34: Captura de pantalla del programa

Map Data ID	Group	Map	X Coordinat...	Y Coordinat...	Status	Data Type	Locked	Call Sign	Rack No.	Rack Direct...	Warehouse ...	Storage Are...	Machine Data ...
259803AA120356	1001	Saltok2.0	259803	120356	Enable	Storage Section	No	259803AA120356	104715				
259803AA119098	1001	Saltok2.0	259803	119098	Enable	Storage Section	No	E23_278_101	104714				
259803AA116541	1001	Saltok2.0	259803	116541	Enable	Storage Section	No	E23_273_101	104713				
259803AA115283	1001	Saltok2.0	259803	115283	Enable	Storage Section	No	E24_280_101	104712				
259803AA112725	1001	Saltok2.0	259803	112725	Enable	Storage Section	No	E24_283_101	104711				
259803AA111468	1001	Saltok2.0	259803	111468	Enable	Storage Section	No	E25_278_101	104710				
259803AA108910	1001	Saltok2.0	259803	108910	Enable	Storage Section	No	E25_283_101	104709				
259803AA106371	1001	Saltok2.0	259803	106371	Enable	Storage Section	No	259803AA106371	104708				
259803AA105094	1001	Saltok2.0	259803	105094	Enable	Storage Section	No	E26_287_101	104707				
259803AA102537	1001	Saltok2.0	259803	102537	Enable	Storage Section	No	E27_244_101	104706				
259803AA101279	1001	Saltok2.0	259803	101279	Enable	Storage Section	No	E27_241_101	104705				
258345AA120356	1001	Saltok2.0	258345	120356	Enable	Storage Section	No	E22_279_101	104704				
258345AA119098	1001	Saltok2.0	258345	119098	Enable	Storage Section	No	E23_276_101	104703				

Ilustración 33: Captura de pantalla del RCS



The screenshot shows the RCS-2000 software interface. The top navigation bar includes 'Build Model', 'Operation', and 'Statistics'. The left sidebar contains various configuration options like 'Map Plan', 'Location Code', 'Map Element Details', 'Map', 'SLAM Map', 'Map Data', 'Laser Config', 'Predict Solution Config', 'Machine Data Manage', 'Material Type Manage', 'Pick Station Manage', 'Task Settings', 'AGV Config', 'Rack Settings', 'Permission', and 'System'. The main area displays a table with columns: Map Data ID, Group, Map, X Coordinate, Y Coordinate, Status, Data Type, Locked, Call Sign, Rack No., Rack Direct..., Warehouse..., Storage Area..., and Machine Data... The table lists several battery charging positions for the 'Salkid2.0' map, all with a status of 'Enable' and a data type of 'Charging Area'. The bottom of the interface shows a 'Total: 7' and a pagination control set to '20page'.

Map Data ID	Group	Map	X Coordinate	Y Coordinate	Status	Data Type	Locked	Call Sign	Rack No.	Rack Direct...	Warehouse...	Storage Area...	Machine Data...
204397AA138169	1001	Salkid2.0	204397	138169	Enable	Charging Area	No	204397AA138169					
175674AA149615	1001	Salkid2.0	175674	149615	Enable	Charging Area	No	175674AA149615					
118543AA115283	1001	Salkid2.0	118543	115283	Enable	Charging Area	No	118543AA115283					
118385AA196657	1001	Salkid2.0	118385	196657	Enable	Charging Area	No	118385AA196657					
118385AA173765	1001	Salkid2.0	118385	173765	Enable	Charging Area	No	118385AA173765					
118385AA149615	1001	Salkid2.0	118385	149615	Enable	Charging Area	No	118385AA149615					
118385AA126723	1001	Salkid2.0	118385	126723	Enable	Charging Area	No	118385AA126723					

Ilustración 36: Captura de pantalla de número de posiciones de carga de batería

Estas ubicaciones de pasillo y almacenaje fueron programadas durante la implantación para poder hacer "tunneling" por debajo de las mesas si fuera necesario para optimizar los recorridos.

Por otro lado, en el momento de programar las rutas de los AGVs se tuvo que tener en cuenta los distintos elementos de la nave con los que los AGVs se tendrían que comunicar, ya que hay flujos en los que interactúan con otras máquinas o elementos.

Este es el caso por ejemplo de las enfardadoras que se encuentran al final de la zona de picking. El AGV de plataforma sale de una ubicación de almacén con una mesa cargada y la lleva a la enfardadora para posteriormente dejarla en la zona de intercambio con los AGVs de horquillas.

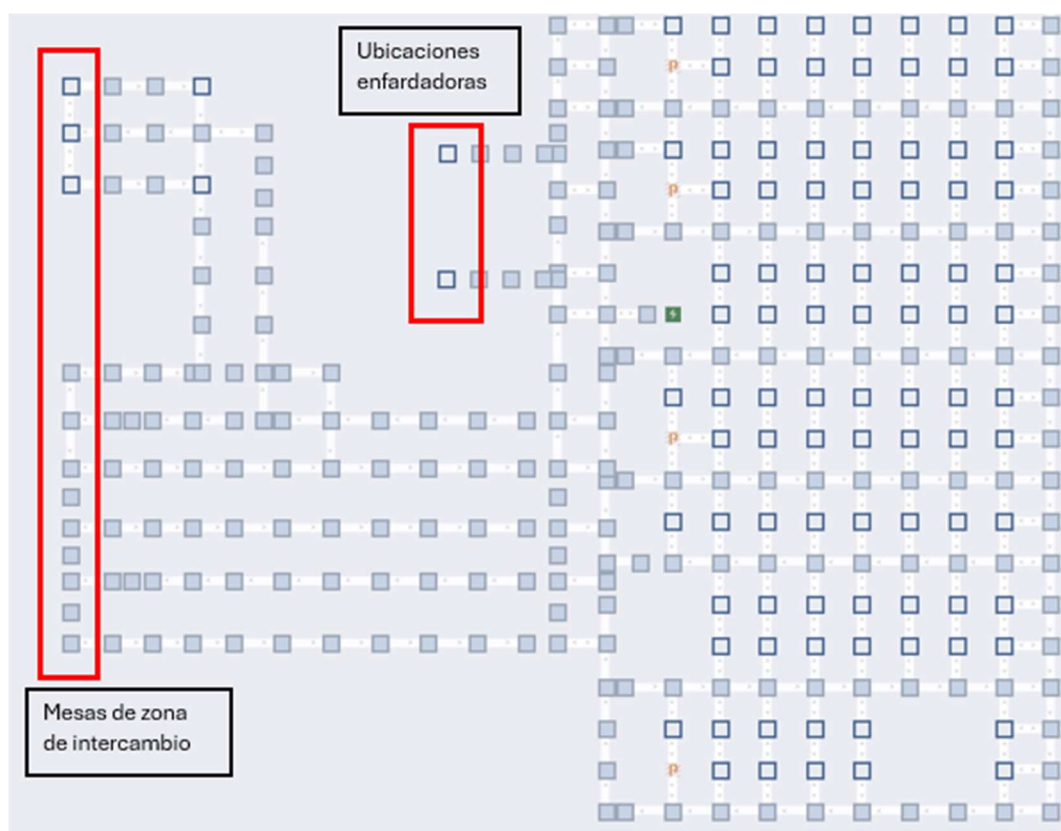


Ilustración 37: Zonas de mesas de intercambio y enfardadoras en el RCS

Cabe tener en cuenta que las enfardadoras están controladas mediante GALYS, por lo que nuestra comunicación con este software tiene que quedar muy bien detallado para determinar quién ordena qué tareas a qué máquina, es por eso que se realizó un diagrama de flujos entre el RCS y GALYS (*Ver anexos*).

En cuanto a la programación en el RCS, además de configurar cada posición según si pertenecían a pasillo o a zona de almacenaje, se programó también los giros del AGV.

Para esto se tuvo en cuenta los espacios de giro en las zonas más críticas, como puede ser ubicaciones cerca de columnas o pasillos estrechos, ya que el AGV por defecto girará la plataforma simultáneamente con su giro.

En las ubicaciones de las enfardadoras, hay que tener en cuenta el tiempo de espera mientras se enfarda el pallet, ya que estas enfardadoras tendrán acoplada una estructura de peana donde el AGV dejará la mesa con el pallet, saldrá de la ubicación, esperará el tiempo de enfardado, GALYS le dará la señal al RCS cuando haya terminado esta tarea, y entonces el AGV puede volver a entrar a recoger la mesa con el palet enfardado.

En el RCS esta programación quedaría como se muestra en la siguiente imagen.

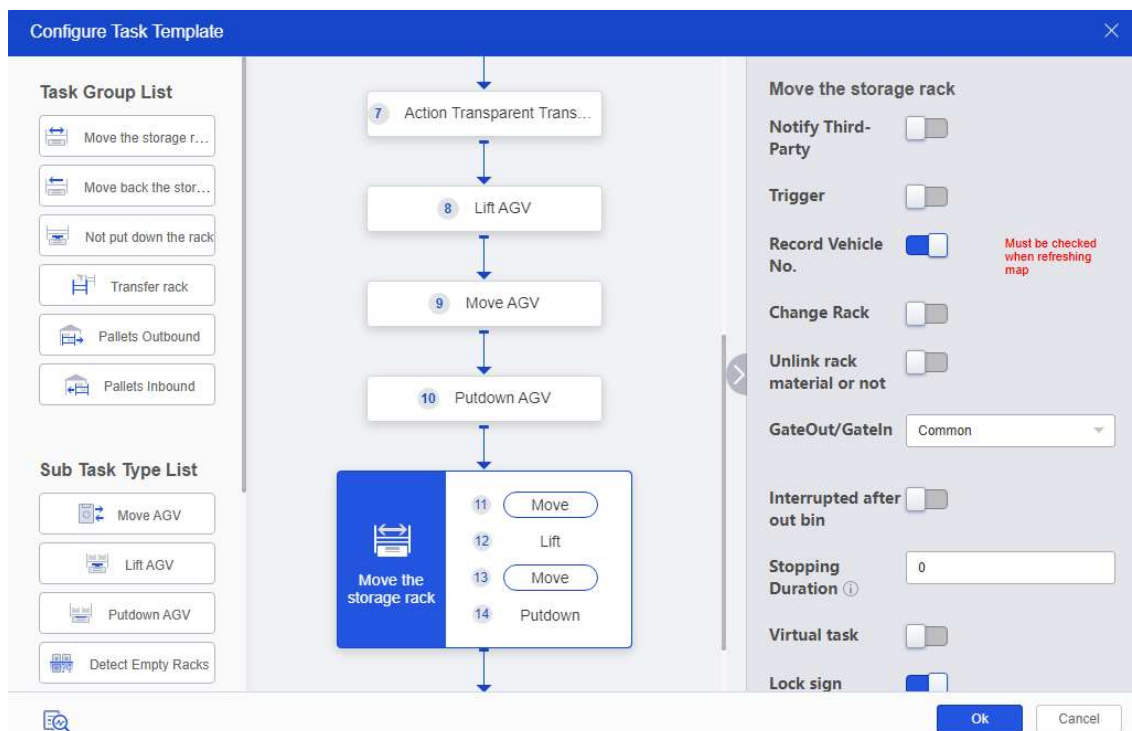
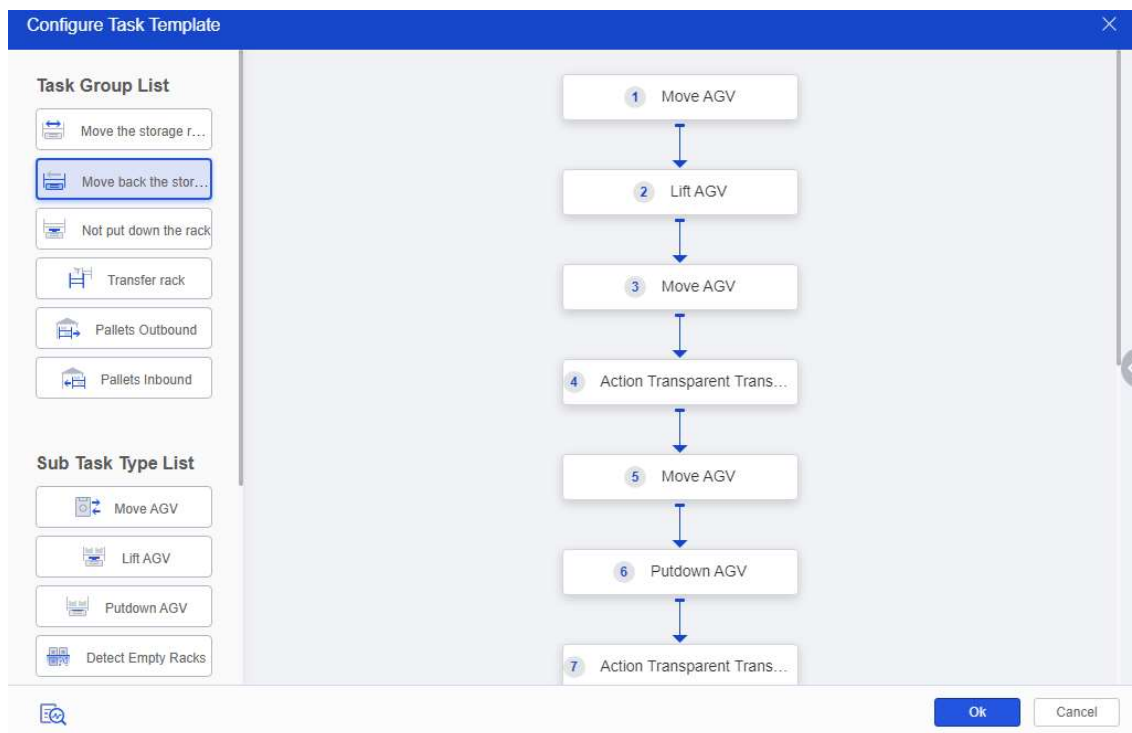


Ilustración 38: Captura de pantalla de programación del AGV en el RCS

En el apartado de *Anexos* se explica mejor junto con los diagramas de flujos esta programación.

Hay que mencionar también que durante el proceso de implantación se tuvieron que realizar algunas modificaciones a petición del cliente en cuanto a algunas ubicaciones de almacenamiento, pero que repercuten mínimamente al desarrollo del proyecto.

También se realizaron una serie de pruebas con los AGVs para comprobar que estos recogían y dejaban correctamente las mesas en sus posiciones y alineadas.

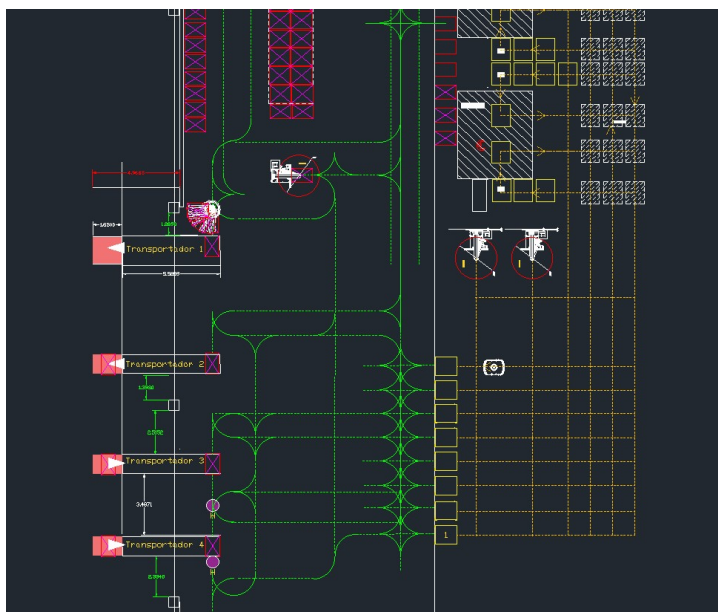
En el siguiente apartado veremos también el proceso de implantación de los AGVs de horquillas de VisionNav, pero no podremos profundizar del todo en él ya que parte de la implantación la hizo el propio proveedor, por lo que sólo se explicará la parte del trabajo que nos correspondió realizar.

4.1.2. Zona de picking y expedición de pedidos

Esta zona de la nave se ha destinado como zona de picking o preparación de pedidos, cuyos flujos principales se centrarán en los siguientes procesos:

- **Zona de picking:** se establecen 8 islas o estaciones de trabajo donde los operarios realizan las tareas de preparación y expedición de pedidos. En estas estaciones están dispuestas en una estructura de plataforma llamada *mezzanine* (Ver *anexo Planos*), en la que los AGVs de horquilla colocan y recogen los palets. Además, disponen de una PDA (Tablet) que les permite solicitar a los AGVs dependiendo del trabajo que requieran:
 - Si necesitan que lo recoja un AGV de plataforma del almacén ya sea para traer material desde el almacén para la preparación de pedidos, o bien, una vez terminado un pedido, se puede solicitar un AGV de plataforma que recoja el palet con el material que hay que llevar de vuelta al almacén.
 - Si necesitan que lo recoja un AGV de horquillas para llevar el palet a la zona de expedición de pedidos, que está compuesta por unos conveyors que comunican con un sistema de SmartPallet que une la planta de almacén con otra planta de recepción de material y emplea el SmartPallet para transportar estos materiales entre plantas. O bien, llevar los pallets que

- **Zona de expedición:** formada principalmente por las salidas y entradas de conveyors al sistema de SmartPallet. La función de éste es la de conectar las dos plantas de la nave de almacén principal y la planta de recepción y gestión de materiales, para transportarlas entre ambas plantas y destinarlas a almacenaje o preparación y expedición de pedidos.



Estos AGVs transportarán principalmente pallets europeos entre las estructuras *mezzanine* y las estanterías, o también unos racks o jaulas, que vienen especificados en el acuerdo técnico con el proveedor, que se llevarán a la entrada de los conveyors del SmartPallet.

Todos estos procesos mencionados y los flujos de trabajo que corresponden se explican más detalladamente en los diagramas de flujo que se encuentran en los *Anexos*.

5. CONCLUSIONES

El presente TFG ha abordado el proceso de automatización de una nave industrial mediante el uso de AGVs, con un enfoque práctico en un caso real de implantación en una empresa. A lo largo de este estudio, se han analizado las tecnologías involucradas, así como las fases del proceso de implantación, proporcionando una visión integral sobre los beneficios y desafíos de la automatización en entornos industriales.

Este trabajo ha permitido además minimizar los errores humanos, especialmente en lo que respecta a la manipulación y transporte de mercancías. Además, la automatización ha contribuido a un entorno de trabajo más seguro, al reducir la interacción directa de los operarios con los vehículos y las cargas, disminuyendo así los riesgos de accidentes laborales. Al reducir la dependencia de humanos y optimizar el uso de energía, los AGVs pueden ser un componente importante en la transición hacia operaciones más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Una posible área de desarrollo a futuro sería la integración de nuevas tecnologías emergentes en los AGVs, como la IA para la toma de decisiones en tiempo real y la optimización de las rutas. Además, la combinación de AGVs con tecnologías como la realidad aumentada o la visión por computador podría facilitar la interacción de los vehículos con su entorno, permitiendo una mayor autonomía y precisión en entornos dinámicos.

Otro campo a estudiar podría ser la integración de los AGVs con otros sistemas automatizados y robots colaborativos podría, esto permitiría la creación de entornos completamente autónomos, donde los AGVs trabajen de manera coordinada con otros sistemas, como robots de picking o manipuladores automáticos, maximizando la eficiencia global del proceso.

En definitiva, el trabajo ha demostrado que la automatización mediante AGVs es una solución eficaz para modernizar y optimizar los procesos logísticos en una nave industrial. A pesar de los desafíos que implica su implementación, los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad hacen de esta tecnología una inversión valiosa para las empresas del sector logístico. Con las líneas de trabajo futuro mencionadas, se abre la puerta a nuevas posibilidades de mejora y expansión en la automatización industrial.

6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030:

- Objetivo 4 - Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.



- Meta 4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.

- Objetivo 8 - Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.



- Meta 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra.

- Objetivo 9 – Promover la construcción de infraestructuras resilientes, la industrialización sostenible y fomentar la innovación.



- Meta 9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientales racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

7. BIBLIOGRAFÍA

(Atria Innovation, 2024) <https://atriainnovation.com/blog/agvs-vehiculos-de-guiado-automatico-todavia-no-sabes-lo-que-son/>

(S.L., 2024) <https://industriadelfuturo.com/agv-o-vehiculo-de-guiado-automatico-que-es/>

(TATOMATECH, 2024) <https://www.tatomatech.com/vehiculos-de-guiado-automatico-que-son-y-para-que-sirven/>

(Handling, 2024) <https://www.linde-mh.es/es/Acerca-de-Linde/Blog/que-es-AGV/>

(Rosicart, 2023) <https://metaverse-news.es/que-es-la-industria-4-0-introduccion/>

(IBM, 2024) <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>

(Lizano) chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.aden.org/c/e/workshop/operationsmanagement/Libro_Operations_Workshop.pdf

(HIK Robotics, s.f.) <https://www.hikrobotics.com/en/mobilerobot/LMR/>

(VisionNav Robotics, s.f.) <https://www.visionnav.com/product/detail/vnsl14>

(DTA, s.f.) <https://www.dta.es/agvs/>

(ABB, s.f.) <https://new.abb.com/products/robotics/autonomous-mobile-robots>

(Casting-Steel, s.f.) <http://es.casting-steel.com/info/what-is-the-difference-between-a-forklift-and--89193783.html>

(Desarrollos Esc 1:100, 2023) <https://desarrollosesc.com/que-es-un-mezzanine/>

(Mecalux, s.f.) <https://www.mecalux.es/blog/buffer-almacen#:~:text=El%20b%C3%BAfer%20es%20un%20zona,determinado%20hasta%20que%20sean%20requeridos.>

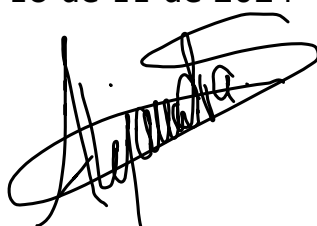
(Mecalux, MECALUX, 2023) <https://www.mecalux.es/blog/metodo-abc-clasificacion-almacen>

(SAGAMA, s.f.) <https://sagama-industrial.com/blog/que-son-los-racks-de-almacenaje/>

Relación de documentos

(X) Memoria	52	páginas
(_) Anexos	103	páginas

La Almunia, a 18 de 11 de 2024



Firmado: Alejandra Valeria Suárez Siancas