



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica



etsinf

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

10 de junio de 2023

PROPUESTA TÉCNICA
**TRANSPORTE
AUTOMATIZADO
DE MATERIALES**

PROYECTO RII 1 | PR1-B06

Grado en Informática Industrial y Robótica

Autores/Autoras:

Marcos Belda Martínez | mbelmar@etsinf.upv.es

Lourdes Francés Llimerá | lfralli@epsa.upv.es

Carla Hidalgo Aroca | chidaro@etsii.upv.es

Tutores/Tutoras:

Genoveva Ortiz Masiá | georma@upv.es

Arturo Torres García | artorgar@omp.upv.es

Eduardo Vendrell Vidal | even@upv.es

RESUMEN

En este documento se define, desde un punto de vista técnico, el proyecto de automatización planteado para la empresa Power Electronics enfocado en mejorar el transporte de materiales y componentes ensamblados mediante el uso de robótica móvil. Se aborda el problema del transporte manual, que causa pérdida de tiempo y fatiga en los operarios, proponiendo vehículos autónomos como solución. Se describe el proceso una vez automatizado y el espacio requerido para ello, además se concretan las tareas de cada uno de los elementos que intervienen. Se presenta un listado detallado de los dispositivos y un presupuesto técnico individual y otro en colaboración con otro equipo. Además, se lleva a cabo un análisis de las normativas y regulaciones actuales relacionadas con la robótica móvil, con el fin de implementar las medidas pertinentes en el diseño del nuevo proceso.

Palabras clave: AMR, automatización, equipamiento, normativa, presupuesto, robot móvil.

ABSTRACT

This document defines, from a technical point of view, the automation project proposed for the company Power Electronics, focused on improving the transport of materials and assembled components through the use of mobile robotics. The problem of manual transport, which causes loss of time and fatigue in operators, is addressed by proposing autonomous vehicles as a solution. The process is described once automated and the space required for it, and the tasks of each of the elements involved are specified. A detailed list of the devices is presented and an individual technical budget and another in collaboration with another team. In addition, an analysis of the current rules and regulations related to mobile robotics is carried out, in order to implement the relevant measures in the design of the new process.

Key words: AMR, automation, budget, equipment, mobile robot, regulations.

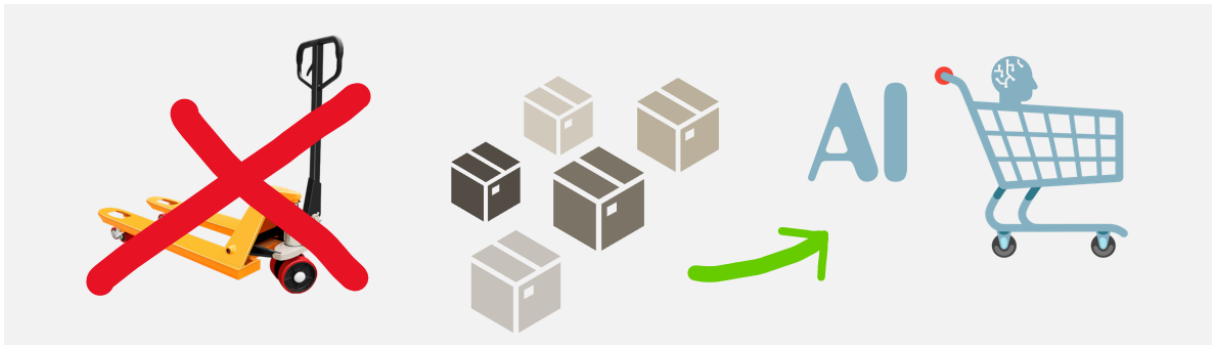


TABLA DE CONTENIDOS

1. PRESENTACIÓN	3
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.2. RETOS.....	4
1.3. SOLUCIONES.....	4
1.4. COMPATIBILIDAD CON EL GRUPO B5-BIS.....	5
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A AUTOMATIZAR	5
2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.2. TIEMPOS, MATERIAL Y DISPOSITIVOS	6
2.3. ESPACIO DE TRABAJO DEL AMR Y PERSONAL INVOLUCRADO	7
2.4. PROCESO DE TRANSPORTE.....	9
3. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN	10
3.1. FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO UNA VEZ AUTOMATIZADO.....	10
3.2. MEJORAS APORTADAS	11
3.4. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS QUE INTERVIENEN Y SUS TAREAS	11
3.5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA, LAYOUT	12
3.6. OTROS ASPECTOS QUE PUEDAN VERSE AFECTADOS	17
4. LISTADO DE DISPOSITIVOS Y PRESUPUESTO TÉCNICO	18
4.1. EQUIPAMIENTO	18
4.1.1. ROBOT MÓVIL RB-1 BASE (AMR).....	18
4.1.2. BATERÍA LIFEP04 DE 24V 30AH.....	19
4.1.3. MESAS MÓVILES PARA EL ROBOT MÓVIL.....	19
4.2. PRESUPUESTO	20
4.2.1. NUESTRO PRESUPUESTO.....	21
4.2.2. PRESUPUESTO CONJUNTO (B5-BIS + B6-BIS).....	22
5. NORMATIVA Y REGULACIÓN	23
5.1. NORMATIVAS DE LOS AMR	24
5.2. SEGURIDAD DEL VEHÍCULO, CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA	24
5.3. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	25
5.4. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	26
6. CONCLUSIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA	28

1. PRESENTACIÓN

En un contexto empresarial, se propone a la empresa Power Electronics el uso de unos vehículos de transporte automatizados que sustituyan a los trabajadores en la labor de empujar las mesas móviles de transporte de materiales y cargadores pequeños. Estos robots se encargarían de recoger las estanterías cargadas con los materiales pesados y los cargadores no montados y llevarlos a la zona de trabajo. También se encargarían de transportar los cargadores una vez montados a la zona de revisión.

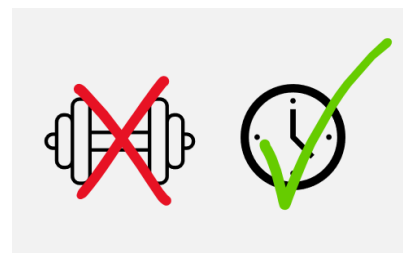


1.1. OBJETIVOS

Este trabajo está orientado a mejorar la calidad y eficiencia de trabajo de la empresa Power Electronics al ofrecer una mejora en las condiciones de trabajo de los operarios. El problema que se quiere atender es el del transporte de componentes y materiales en la zona de montaje de los cargadores pequeños.

En Power Electronics, actualmente, se realiza este transporte mediante el uso de unas mesas móviles que son empujadas manualmente por los operarios. Estos llevan los componentes pesados hasta los puestos de montaje de los cargadores pequeños y también transportan los cargadores sin montar hasta las mesas de montaje. Una vez finalizado el montaje, los cargadores montados se llevan a la zona de revisión.

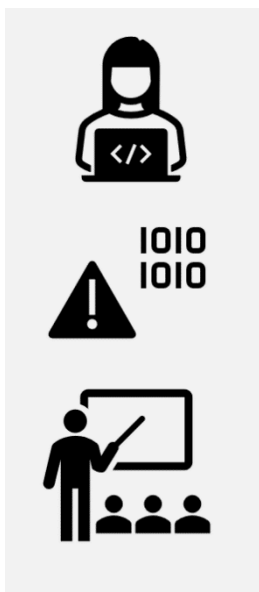
El transporte de estos materiales de forma manual supone una pérdida de tiempo a la hora de producir los cargadores ya que implica que los trabajadores pierdan su tiempo desplazando a las siguientes etapas el producto. A veces, supone que más de un trabajador tenga que dejar su puesto para poder cargar los materiales más pesados. Por tanto, puede llegar a suponer la pérdida de varios minutos a lo largo del montaje de un cargador.



Además, este proceso causa que el operario acumule cansancio al tener que realizar esfuerzos físicos elevados tales como levantar y transportar un cargador montado de 35 kg. Este cansancio produce una disminución continua de la eficiencia del trabajador, el cual puede acabar reduciendo su ritmo de trabajo a la mitad del inicial y, a su vez, puede suponer un aumento significativo en la probabilidad de que el operario falle o realice erróneamente una tarea.

1.2. RETOS

Cualquier cambio supone un coste de oportunidad, y además será necesario realizar ciertos esfuerzos para que el objetivo en mente se haga realidad. Estos esfuerzos se corresponderán a ciertos retos que pueden presentar varias soluciones, y el desafío será seleccionar las que se consideren la mejor opción. Para saber cuál es la mejor opción entrarán en juego los diversos criterios y puntos de vista de los afectados del proyecto, valorándose así aspectos técnicos, financieros, de seguridad, del bienestar del trabajador, necesidades del cliente, etc.



Una vez se decidió que los vehículos de transporte automatizado, también conocidos como robots autónomos móviles (AMR), serían la mejor opción, se empezaron a estudiar en profundidad otros aspectos relevantes para una futura implantación.

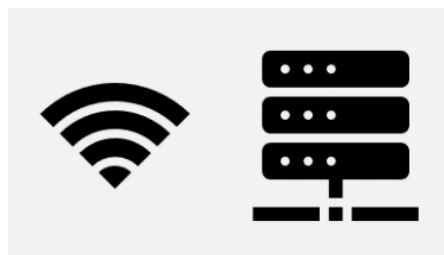
En cuanto a los aspectos técnicos y de seguridad, el reto más importante será la correcta programación. Se optará por establecer una nueva distribución que respete al máximo la ya impuesta, la implementación de las rutas deseadas y la limitación del área de movimiento. Todo esto supondrá mucho trabajo y tal y como se ha mencionado en la PROPUESTA EMPRESARIAL, la programación será una de las tareas que más se extiendan en el tiempo. La programación deberá contemplar aspectos tanto técnicos como de seguridad. En cuanto a los aspectos técnicos, se refiere a tener en cuenta limitaciones físicas de los dispositivos y limitaciones de espacios en planta. En cuanto al tema de seguridad y normativa, se deberán respetar distancias mínimas, áreas de tránsito compartidas, límites de velocidad, etc.

La formación de los empleados para trabajar en un entorno colaborativo supondrá uno de los costes más elevados que será reflejado más adelante en el presupuesto. Sin esta formación no se podrá realizar una correcta implantación de los robots móviles ya que no se asegurará el cumplimiento de las medidas de seguridad básicas. Además, el nulo conocimiento de los dispositivos implementados significará que no se puedan realizar tareas de mantenimiento y un buen cuidado del equipamiento.

1.3. SOLUCIONES

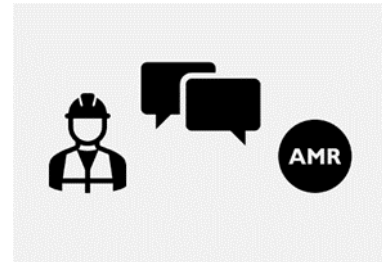
Se plantea que los AMR sustituyan a los trabajadores en la labor de empujar las mesas móviles de transporte de materiales y cargadores. Con esta automatización se evitaría que el trabajador detenga su montaje al tener que ayudar a otro compañero, o transportar las mesas manualmente. Se logrará reducir la fatiga del personal, lo que les permitiría trabajar más rápido y, probablemente, con menos fallos, produciendo en muchos casos incluso el doble de rápido de lo que lo harían si estuviesen fatigados.

Los AMR tienen una gran ventaja frente a otros dispositivos de automatización industrial, su implementación es flexible y sencilla. La sencillez se refiere a que se requiere una mínima instalación de elementos externos para su correcto funcionamiento, como el servidor al que se conectarían los AMR vía Wifi, receptores y emisores cerca del área de movimiento de los AMR para poder comunicarse con ellos y las



estaciones de carga automática de las baterías. No es necesario implementar sensores externos al robot ya que este ya cuenta con los sensores internos necesarios para su funcionamiento autónomo. Aunque no son necesarios, sí que es cierto que la implementación de sensores externos aumentaría la eficacia en muchos casos, pero también el coste.

Para que los trabajadores puedan comunicarse con los AMR será necesario el uso de la aplicación móvil de la empresa de los AMR. Por último, se quiere comentar que, si se diera el caso de un cambio en la cadena de producción, sería relativamente sencillo reprogramar las nuevas rutas deseadas en poco tiempo. La adquisición de estos dispositivos será beneficiosa a largo plazo ya que se adaptarán a los futuros cambios de la empresa sin suponer un gran impedimento.



1.4. COMPATIBILIDAD CON EL GRUPO B5-BIS

Por último, durante el desarrollo de esta propuesta de automatización, se pudo observar su compatibilidad con el trabajo realizado por el grupo B5-BIS, el cual proponía una mejora en el proceso de montaje mediante la implementación de *cobots* que ayudasen con el montaje de los cargadores pequeños. A la hora de realizar el *layout* se comentará directamente un diseño de planta conjunto que implementa tanto la mejora de transporte como la de montaje, aunque para el resto del trabajo no se tendrá en cuenta la parte del montaje debido a que todo lo referente al mismo será explicado en el trabajo del grupo B5-BIS. En este trabajo se considerarán solamente todas aquellas actividades relacionadas con el transporte del proyecto conjunto excepto en el apartado del *layout* y el presupuesto.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A AUTOMATIZAR

2.1. INTRODUCCIÓN

En un contexto empresarial, se propone a la empresa Power Electronics el uso de unos vehículos de transporte automatizados que sustituyan a los trabajadores en la labor de empujar las mesas móviles de transporte de materiales y cargadores pequeños. En Power Electronics, actualmente, se realiza este transporte mediante el uso de unas mesas móviles que son empujadas manualmente por los operarios. Estos llevan los componentes pesados hasta los puestos de montaje de los cargadores pequeños y también transportan los cargadores sin montar hasta las mesas de montaje. Una vez finalizado el montaje, los cargadores montados se llevan a la zona de revisión.

Para proceder con la automatización se deberá tener bien definidos tanto aspectos técnicos, como el material y dispositivos que se quieran implementar, el espacio de trabajo, personal involucrado, la función de cada trabajador y/o dispositivo, tiempos de ciclo, etc. Con todo esto se obtendrá una visión general pero a la vez detallada del proceso completo.

Como se ha mencionado en el anterior apartado, el grupo B5-BIS proponía una mejora en el proceso de montaje mediante la implementación de *cobots* que ayudasen con el montaje de los cargadores pequeños. Para la descripción del proceso a automatizar no se explicará el proceso de la parte del

montaje debido a que todo lo referente al mismo será explicado en el trabajo del grupo B5-BIS. En este trabajo se considerarán solamente todas aquellas actividades relacionadas con el transporte del proyecto conjunto excepto en el apartado del *layout* y el presupuesto.

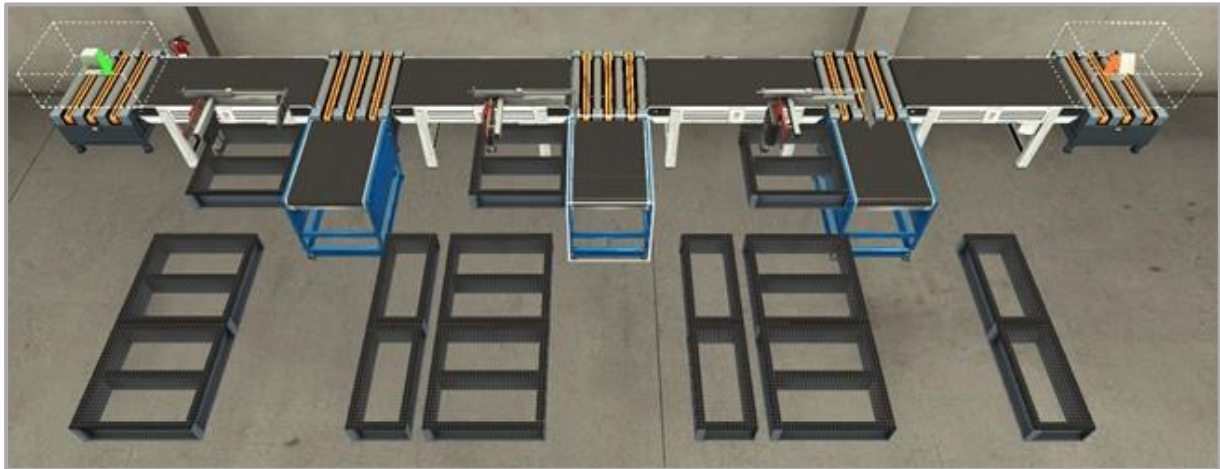


Figura 2.1: *Layout* del equipo B5-BIS.

2.2. TIEMPOS, MATERIAL Y DISPOSITIVOS

TIEMPOS, JUSTIFICACIÓN DEL USO DE DOS AMR

Se cree oportuno empezar hablando de tiempos de producción, de esta manera quedará justificada la cantidad de dispositivos de transporte elegida. En la PROPUESTA EMPRESARIAL se menciona que con esta automatización, sin tener en cuenta los beneficios de la implementación del equipo B5-BIS, se evitaría que el trabajador detenga su montaje al tener que ayudar a otro compañero, ahorrando así en muchos casos incluso 2 o 3 minutos. Además, se lograría reducir la fatiga del personal, lo que les permitiría trabajar más rápido y, probablemente, con menos fallos, produciendo en muchos casos incluso el doble de rápido de lo que lo harían si estuviesen fatigados. Con esto, se podría pasar de los 30-45 minutos de montaje actuales a los 25-30 minutos y se reduciría, como se ha mencionado, la cantidad de fallos, pasando, en un caso hipotético, de un 20% de probabilidades de fallar a mitad de jornada a un 5%.

Con lo anteriormente mencionado lo que se quiere reflejar es que la propuesta de automatización reducirá los tiempos de ciclo, produciendo la misma cantidad de cargadores pequeños en menos tiempo. Si se sumaran los beneficios que aporta la automatización del equipo B5-BIS, se podría reducir todavía más, llegando a un margen de 20-25 minutos necesarios para montar un cargador pequeño.

El equipo B5-BIS, propone la implementación de una zona de montaje de cargadores pequeños con tres puestos de trabajo. Dado los tiempos de ciclo mencionados anteriormente, se ha llegado a la conclusión que, para realizar un correcto transporte de todos los materiales pesados y cargadores, será necesario un mínimo de dos AMR. Esta decisión es cuestionable, y sería necesario realizar un estudio más exhaustivo de los tiempos donde se consideren casos extremos como, por ejemplo, que estén listos para recoger varios cargadores a la vez. Se ha considerado que el tiempo requerido por los trabajadores para transportar las mesas móviles de un punto a otro será el mismo que requiera el AMR.

MATERIAL Y DISPOSITIVOS

Se plantea el uso de dos AMR para realizar el transporte de las mesas móviles a través de las diversas zonas de la fábrica, posteriormente serán explicadas estas zonas. Será necesario adaptar las mesas móviles para que puedan ser empujadas por los AMR. Esta adaptación seguramente signifique la creación de unas nuevas mesas con ciertas características que contemplarán tanto aspectos técnicos como de seguridad. En el apartado 4 se proporcionará más información sobre estas.

Será necesario diferenciar los dos tipos de mesa ya que cada una de ellas tendrá una función diferente. La llamada TIPO A, será la encargada de transportar el cargador, sin montar y montado. Y la llamada TIPO B, será la encargada de transportar el material pesado a los puestos de trabajo.

Como se ha mencionado anteriormente, el equipo B5-BIS propone tres puestos de montaje y cada uno de ellos cuenta con una mesa fija de materiales pesados. Dado el transporte como es actualmente, cuando el puesto se quede sin materiales será necesario que un operario ajeno al puesto traiga nuevos componentes al puesto en cuestión. Con la automatización del transporte mediante AMR, ya no sería necesaria la mesa fija de materiales, se sustituiría por la mesa móvil TIPO B. Cuando el trabajador vea que ya no le quedan materiales avisaría a un AMR para que venga a recoger la mesa y la traiga con material de nuevo. Por lo que podemos asegurar que como mínimo se necesitarían tres mesas TIPO B.

En cuanto a las mesas TIPO A, serían necesarias como mínimo dos, una para llevar los cargadores sin montar a la zona de montaje, y otra para recoger los cargadores ya montados y llevarlos a la zona de inspección de calidad.

2.3. ESPACIO DE TRABAJO DEL AMR Y PERSONAL INVOLUCRADO

ZONA 1.1: ÁREA ALMACÉN

En esta zona de la fábrica se encuentra el *ALMACÉN*. Aquí se encuentran las estaciones de recarga automática de la batería de los AMR. Además, también hay un espacio reservado de dos plazas para dos mesas móviles TIPO B. Las mesas vacías llegarán al *ALMACÉN* y se estacionarán en alguna de las dos plazas. La función del personal del *ALMACÉN* será cargar con los materiales pesados las mesas TIPO B, y cuando ya estén listas para retirarse, tendrán que avisar al AMR mediante la aplicación móvil de que ya puede ir a su siguiente destino. Consultar Figura 2.2.

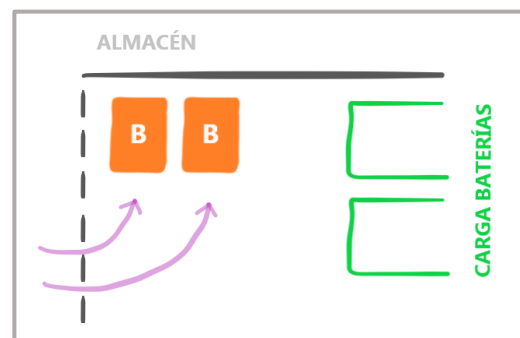


Figura 2.2: Área almacén.

ZONA 1.2: ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR

En esta zona de la fábrica se encuentra el área donde se prepara parte del cargador de forma totalmente automatizada, para simplificarlo se llamará *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR*. Hay un espacio reservado de dos plazas para dos mesas móviles TIPO A. Las mesas vacías llegarán al *ÁREA DE*

CARGADOR SIN MONTAR y se estacionarán en alguna de las dos plazas. La función del personal de esta zona será cargar en las mesas TIPO A el cargador sin montar, y cuando ya estén listas para retirarse, tendrán que avisar al AMR mediante la aplicación móvil de que ya puede ir a su siguiente destino. Consultar Figura 2.3

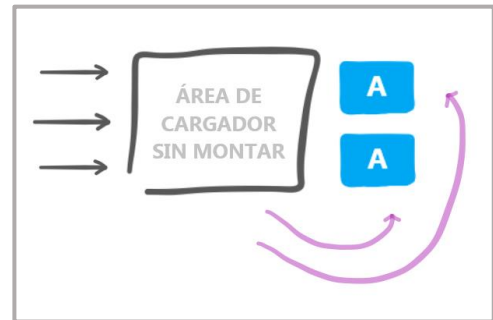


Figura 2.3: Área de cargador sin montar.

ZONA 2: ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES

En esta zona de la fábrica se encuentra el *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. Aquí llegarán cargadas con sus respectivas mercancías las mesas TIPO A y TIPO B, y saldrán con los cargadores montados las mesas TIPO A.

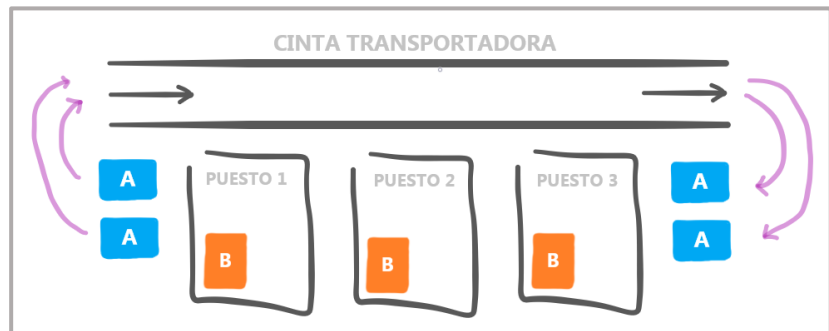


Figura 2.4: Área de montaje de cargadores.

Las mesas TIPO B tienen una plaza de estacionamiento por puesto de montaje, es decir, tres plazas TIPO B. Los operarios de cada puesto serán los responsables de avisar al AMR de que retire la mesa para que la lleve al almacén a que la recarguen de material pesado. Esto lo harán mediante la aplicación móvil.

En cuanto a las mesas TIPO A, hay un espacio reservado de dos plazas para las mesas que llegan con los cargadores sin montar, y otras dos plazas para las mesas que recojan los cargadores montados. Serán los propios trabajadores quienes carguen y descarguen los cargadores, de las mesas a la cinta implementada por el equipo B5-BIS, y viceversa. Cuando lleguen los cargadores sin montar, serán los propios AMR quienes avisen a los trabajadores para que procedan a su descarga, y cuando sea necesario llevarse un cargador montado, será la cinta quien avise al AMR de que venga a recogerlo. Todo esto se realizará mediante la aplicación móvil. Consultar Figura 2.4.

ZONA 3: INSPECCIÓN DE CALIDAD

En esta zona de la fábrica se encuentra el área de *INSPECCIÓN DE CALIDAD*. Aquí hay un espacio reservado de dos plazas para dos mesas móviles TIPO A. Las mesas llegarán al área de *INSPECCIÓN DE CALIDAD* con los cargadores montados y se estacionarán en alguna de las dos plazas. La función del personal del área de *INSPECCIÓN DE CALIDAD* será descargar el cargador ya montado, dejando vacía la mesa TIPO A, y cuando ya estén listas para retirarse, tendrán que avisar al AMR mediante la aplicación móvil de que ya puede ir a su siguiente destino. Consultar Figura 2.5.

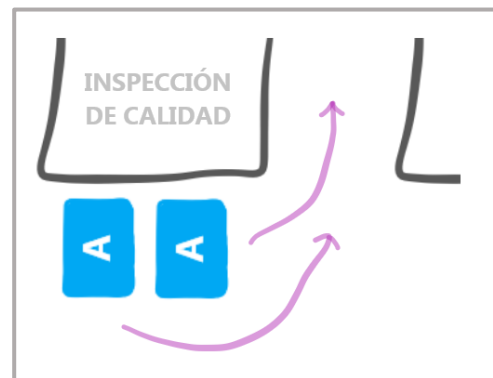


Figura 2.5: Inspección de calidad.

RESTO DE LA FÁBRICA

Los AMR se desplazarán por una gran superficie de la fábrica como hasta ahora habían hecho los trabajadores al transportar de forma manual las mesas móviles. El resto de personal de la fábrica que en algún momento comparta parte de la ruta de desplazamiento del AMR deberá estar bien formado para así cumplir con la normativa de seguridad y evitar accidentes o malos usos del material.

CUANDO SE ACABA LA JORNADA LABORAL

Tanto las mesas TIPO A y TIPO B, al finalizar la jornada laboral, tendrán que guardarse en algún lugar de la fábrica. Las mesas TIPO B podrán quedarse estacionadas en cada uno de los puestos de trabajo de la zona 2, *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. Las mesas TIPO A también podrán estacionarse las plazas reservadas de la zona 2, al inicio y al final de la cinta transportadora.

2.4. PROCESO DE TRANSPORTE

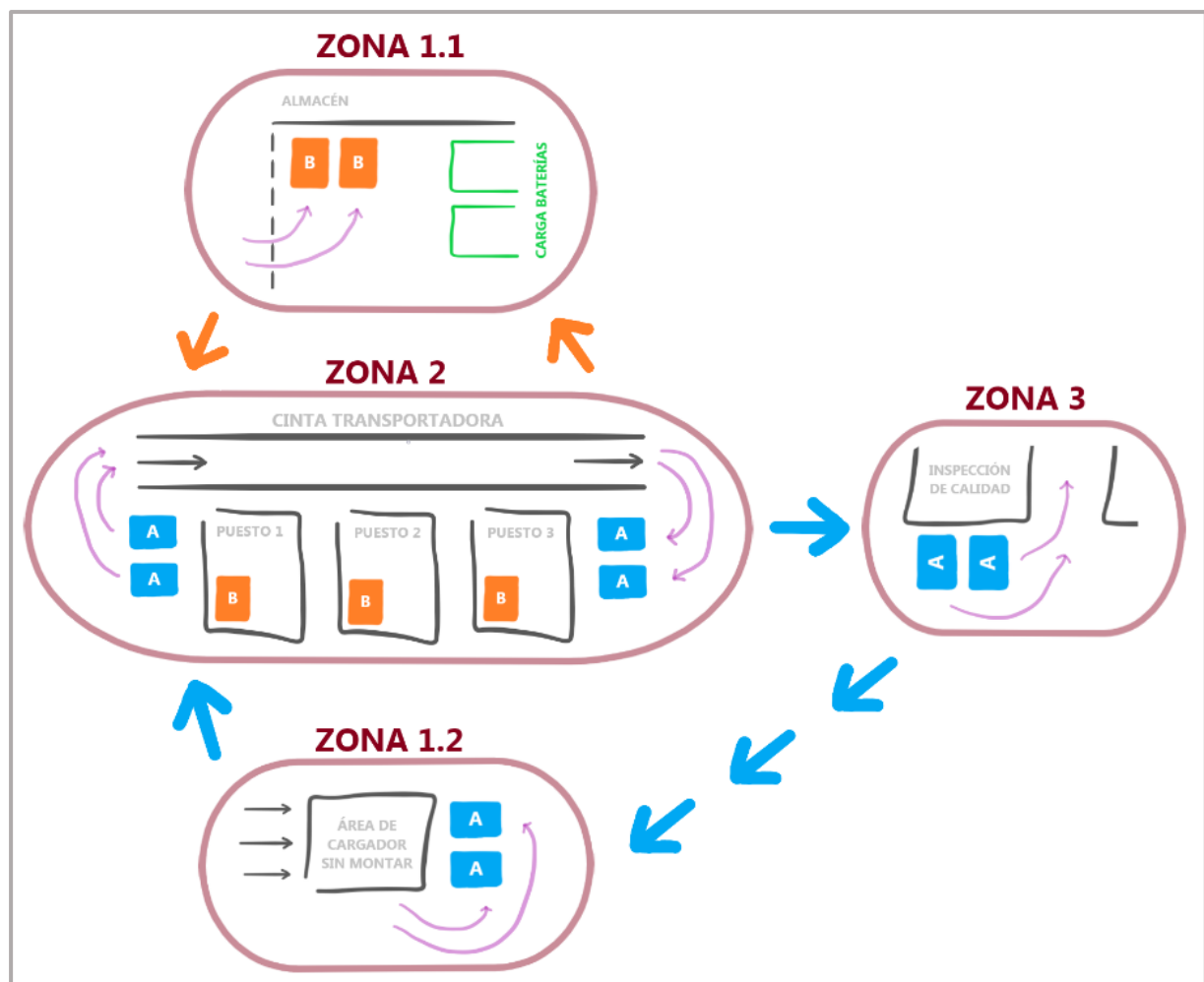


Figura 2.6: Rutas de mesas TIPO A y B.

RUTA MESA TIPO A

A continuación, se muestra de manera esquemática la ruta que realizará la mesa TIPO A:

1. Del *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR* al *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. De la **ZONA 1.2** a la **ZONA 2**.
2. Del *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES* a la zona *INSPECCIÓN DE CALIDAD*. De la **ZONA 2** a la **ZONA 3**.
3. De *INSPECCIÓN DE CALIDAD* al *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR*. De la **ZONA 3** a la **ZONA 1.2**.

RUTA MESA TIPO B

A continuación, se muestra de manera esquemática la ruta que realizará la mesa TIPO B:

1. Del *ÁREA ALMACÉN* al *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. De la **ZONA 1.1** a la **ZONA 2**.
2. Del *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES* al *ÁREA ALMACÉN*. De la **ZONA 2** a la **ZONA 1.1**.

3. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

3.1. FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO UNA VEZ AUTOMATIZADO

ROBOT TIPO A

Este es el AMR que se encarga de llegar con la mesa donde se realizará el montaje y dejarla para que el trabajador no tenga que mover nada. En esta mesa se colocará la caja vacía del cargador industrial pequeño y se realizará el montaje en ella. El AMR, al dejarla, se retirará.

El trayecto, por tanto, sería salir de la zona de carga (que se encuentra en la zona de almacenamiento) e ir a recoger la mesa tipo A. Al tener la mesa, se dirigiría a la parte de montaje de las cajas y dejaría la mesa ahí. Si hubiera algún cargador ya montado, un operario avisaría al AMR, que se movería hasta este puesto, recogería el cargador montado y lo llevaría a la parte de testeo donde sería dejado en una zona designada. Si no, el AMR volvería a la plataforma de carga hasta ser necesario de nuevo ya sea para llevar nuevamente una mesa para el trabajador o para recoger uno ya terminado.

ROBOT TIPO B

Este AMR hará algo similar al tipo A, pero se encargará de los materiales. El AMR saldría de la zona de carga e iría primero a la zona de almacenamiento para recoger la mesa tipo B que lleva los materiales necesarios para el montaje y los llevaría hasta la cinta transportadora (parte del proyecto del grupo B5_BIS). Al terminar y estar la mesa vacía, el operario debería avisar al robot de que esto ha ocurrido y este volvería a la zona del almacén donde dejaría la mesa en un lugar designado para que los operarios la volvieran a llenar y cogería otra mesa ya llena y preparada para transporte. Si esto no hiciera falta, el robot volvería a la zona de carga.

3.2. MEJORAS APORTADAS

Las mejoras que se esperan tras la implantación son principalmente las relacionadas con el bienestar del trabajador y el aumento de la productividad, ambas están estrechamente relacionadas como se explicará a lo largo de este apartado. Desde un principio se ha puesto el foco en las condiciones laborales del trabajador. Antes de una hipotética automatización del transporte de materiales, este se realizaba mediante el uso de unas mesas móviles empujadas manualmente por los operarios.

La propuesta de automatización surgió al darse cuenta del siguiente problema, y es que el transporte de estos materiales de forma manual suponía una pérdida de tiempo a la hora de producir los cargadores ya que los trabajadores perdían su tiempo desplazando las mesas móviles a las siguientes etapas. A veces, suponía que más de un trabajador tuviese que dejar su puesto para poder cargar los materiales más pesados. Por tanto, podía llegar a suponer la pérdida de varios minutos a lo largo del montaje de un cargador. Además, este proceso causaba que el operario acumulase cansancio al tener que realizar esfuerzos físicos elevados tales como levantar y transportar un cargador montado de 35 kg. Este cansancio producía una disminución continua de la eficiencia del trabajador, la reducción de su ritmo de trabajo y el aumento de errores.

La propuesta de automatización aporta una clara mejora en la calidad y eficiencia de trabajo de la empresa Power Electronics. Estas mejoras pueden verse reflejadas en los siguientes parámetros. Al evitar que el trabajador detenga su montaje al tener que ayudar a otro compañero, se ahorra en muchos casos incluso 2 o 3 minutos. Además, se logra reducir la fatiga del personal, lo que les permite trabajar más rápido, con menos fallos, produciendo en muchos casos incluso el doble de rápido de lo que lo harían si estuviesen fatigados. Con esto, se consigue pasar de los 30-45 minutos de montaje para un cargador, anteriores a la automatización, a los 25-30 minutos y se reduce, como se ha mencionado, la cantidad de fallos, pasando, en un caso hipotético, de un 20% de probabilidades de fallar a mitad de jornada a un 5%.

3.4. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS QUE INTERVIENEN Y SUS TAREAS

ROBOT MÓVIL (AMR)

Los robots móviles o AMR, serán los dispositivos que se encarguen de realizar la tarea de transporte de materiales pesados y cargadores, tanto los montados como los no montados. Sustituirán la labor que hasta ahora había sido realizada por los propios trabajadores. Para realizar el transporte, los AMR se anclarán a las respectivas mesas cuando así se le indique mediante la aplicación móvil. Dependiendo de la mesa que deba transportar, la ruta de desplazamiento será diferente.

MESAS MÓVILES, CARACTERÍSTICAS GENERAL

Las mesas móviles tendrán la misma función que tienen en la actualidad, es decir, sin automatización alguna. Deberán estar diseñadas para satisfacer ciertos requisitos, como que los AMR puedan anclarse correctamente a ellas para poder transportarlas. La altura de las mesas será la misma que la de las cintas del equipo B5-BIS. Otro aspecto importante será que tanto la mesa TIPO A y la TIPO B cuenten con ruedas con frenos para que los operarios puedan asegurarlas en la posición deseada una vez el AMR las deposite.

MESA TIPO A

La mesa TIPO A es la más ambiciosa debido a su compleja ruta. Esta deberá ser desplazada desde el *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR* hasta el *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. Una vez sea vaciada su carga en la cinta, esta mesa TIPO A pasará a estar vacía, y el AMR procederá a estacionarla en las plazas de recogida de cargadores montados, justo en el otro extremo de la cinta del *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. Cuando un cargador sea montado, un operario lo cargará en la mesa estacionada y esta será transportada por el AMR a la siguiente zona, la zona de *INSPECCIÓN DE CALIDAD*. Allí, otro trabajador la vaciará y otra vez la mesa quedará vacía. Para terminar, el AMR procederá a transportarla de nuevo al punto de partida, el *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR*, y procederá a estacionarla en las plazas de recogida de cargadores sin montar. Una vez sean cargadas, los trabajadores de la zona del *ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR* indicaran mediante la aplicación móvil que un AMR ya puede transportar la mesa de nuevo al *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*.

MESA TIPO B

La mesa TIPO B tendrá una ruta algo más sencilla que la anterior. Esta deberá ser desplazada desde el *ALMACÉN* hasta el *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*. Una vez se usen todos los materiales pesados, esta mesa TIPO B pasará a estar vacía, el operario avisará a un AMR disponible y este procederá a anclarse a la mesa y transportarla de nuevo al punto de partida, el *ALMACÉN*, y procederá a estacionarla en alguna de las plazas reservadas. Una vez allí, el personal del almacén repondrá las mesas con los materiales pesados necesarios para el montaje de cargadores. Una vez sean cargadas, los trabajadores de la zona del *ALMACÉN* indicaran mediante la aplicación móvil que un AMR ya puede transportar la mesa de nuevo al *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*.

DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL TRABAJADOR Y EL AMR

Este dispositivo tendrá uno de los papeles más importantes de todo el proceso, ya que será la vía de comunicación entre los trabajadores y los AMR. Estos dispositivos no se han tenido en cuenta en el presupuesto ya que lo que realmente importa es la aplicación móvil que se instale en ellos. La mayoría de las empresas que venden este tipo de robots móviles, venden conjuntamente a los robots las aplicaciones que interconectan a los trabajadores con el servidor que controla a los robots, además de los posibles sensores externos que se quieran instalar en la fábrica.

La comunicación entre los trabajadores y los AMR funcionará vía WiFi, y de esta manera, cada trabajador, con su dispositivo móvil asociado a la zona donde se encuentre, tendrá la posibilidad de avisar a cualquiera de los dos AMR que estén disponibles para que recojan o lleven a otra parte la mesa indicada, siendo los propios trabajadores quienes indiquen el destino de la mesa.

3.5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA, LAYOUT

Durante este apartado se repetirá parte de lo ya explicado anteriormente, en concreto del punto 2.3. **ESPACIO DE TRABAJO DEL AMR Y PERSONAL INVOLUCRADO**. En este caso la diferencia será que en las siguientes distribuciones en planta se mostrará el espacio requerido por el AMR para su correcto desplazamiento, teniendo en consideración ciertas medidas de seguridad como distancias mínimas y velocidades del robot. Estas y muchas otras medidas de seguridad pueden consultarse en el punto 5. **NORMATIVA Y REGULACIÓN**.

A lo largo de este apartado se hablará de rutas de estacionamiento, no siempre se tratará de la misma forma para estacionar las mesas. Al final de este punto se encuentra el subapartado de TIPOS DE ESTACIONAMIENTO DE MESAS, donde se explica los dos tipos que hay, el paralelo y el perpendicular.

ZONA 1.1: ÁREA ALMACÉN

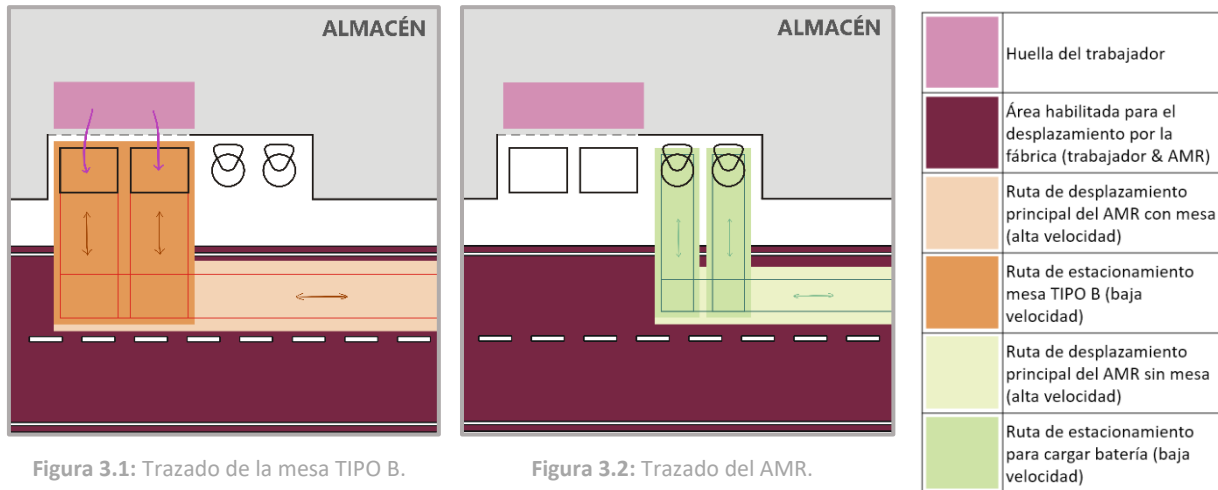


Figura 3.1: Trazado de la mesa TIPO B.

Figura 3.2: Trazado del AMR.

Las Figuras 3.1 y 3.2 no se corresponden con la realidad, cualquier parecido es pura coincidencia. Dado el desconocimiento que se tiene de las dimensiones del *ALMACÉN* de la fábrica, lo que se ha querido mostrar es una de las posibles distribuciones en planta.

En esta se muestra todo lo necesario para esta zona concreta, como las dos plazas de estacionamiento para las mesas TIPO B y los dos puestos para recargar la batería de los AMR. Para cargar de material las mesas, los trabajadores podrán hacerlo desde el interior del almacén a través del hueco habilitado en el recinto que delimita el almacén.

En la leyenda, mediante un código de colores, se puede consultar a que hace referencia cada elemento de las figuras. El área habilitada para el desplazamiento por la fábrica está disponible tanto para el personal como para los AMR, es decir, es un área compartida donde coexisten ambos elementos, por lo que habrá un riesgo asociado a ello. Aunque el AMR, tenga definida una ruta principal, si esta se encuentra obstaculizada, al igual que los humanos, tendrá la capacidad de sortear el obstáculo y seguir hacia su destino. Por lo que la ruta principal es una sugerencia, ya que no siempre se podrá asegurar que el camino esté disponible. Servirá para que los trabajadores puedan facilitarle el trabajo al AMR, por ejemplo, evitando entorpecer todo lo posible al AMR cuando este se aproxime.

Lo que se quiere mostrar con la ruta principal, tanto cuando el AMR lleva la mesa o no, es que la velocidad de desplazamiento al ser más elevada que cuando está estacionando, el área que ocupa será mucho mayor. La ruta principal tiene 20 cm de margen a cada lado, en cambio, cuando estaciona, el margen es de 10 cm a cada lado, ya que la velocidad es menor y además que los movimientos serán más precisos.

ZONA 1.2: ÁREA DE CARGADOR SIN MONTAR

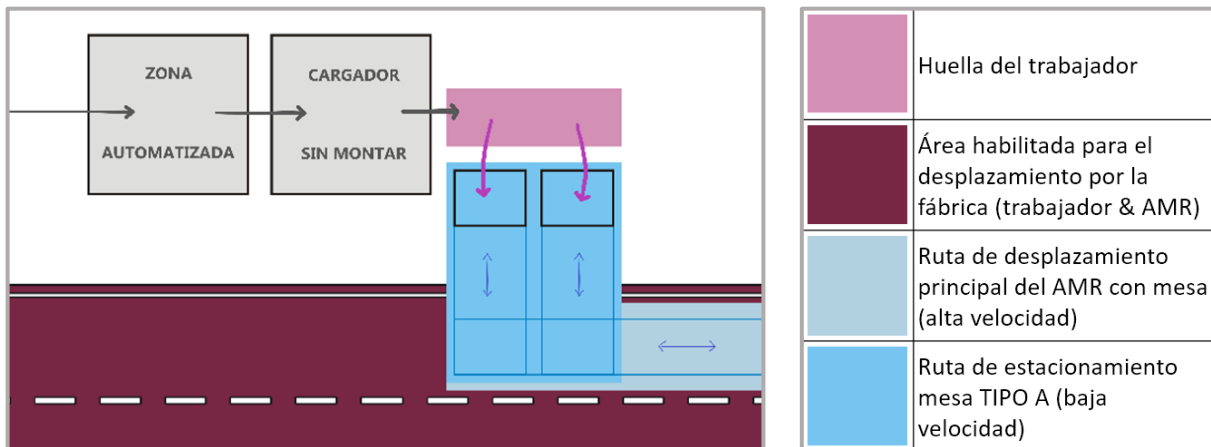


Figura 3.3: Trazado de la mesa TIPO A.

En la Figura 3.3, se muestra todo lo necesario para esta zona concreta, las dos plazas de estacionamiento para las mesas TIPO A. Para cargar las mesas, los trabajadores podrán hacerlo desde el final de la zona de montaje automatizada, donde salen los cargadores sin montar.

En la leyenda, mediante un código de colores, se puede consultar a que hace referencia cada elemento de la figura. Como se ha mencionado en la ZONA 1.1, existirá un área habilitada para el desplazamiento por la fábrica, un área compartida donde coexisten tanto trabajadores como los AMR.

Al igual que en la zona del ALMACÉN, lo que se quiere mostrar con la ruta principal, es que la velocidad de desplazamiento al ser más elevada que cuando está estacionando, el área que ocupa será mucho mayor. La ruta principal tiene 20 cm de margen a cada lado, en cambio, cuando estaciona, el margen es de 10 cm a cada lado, ya que la velocidad es menor y además que los movimientos serán más precisos.

ZONA 2: ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES

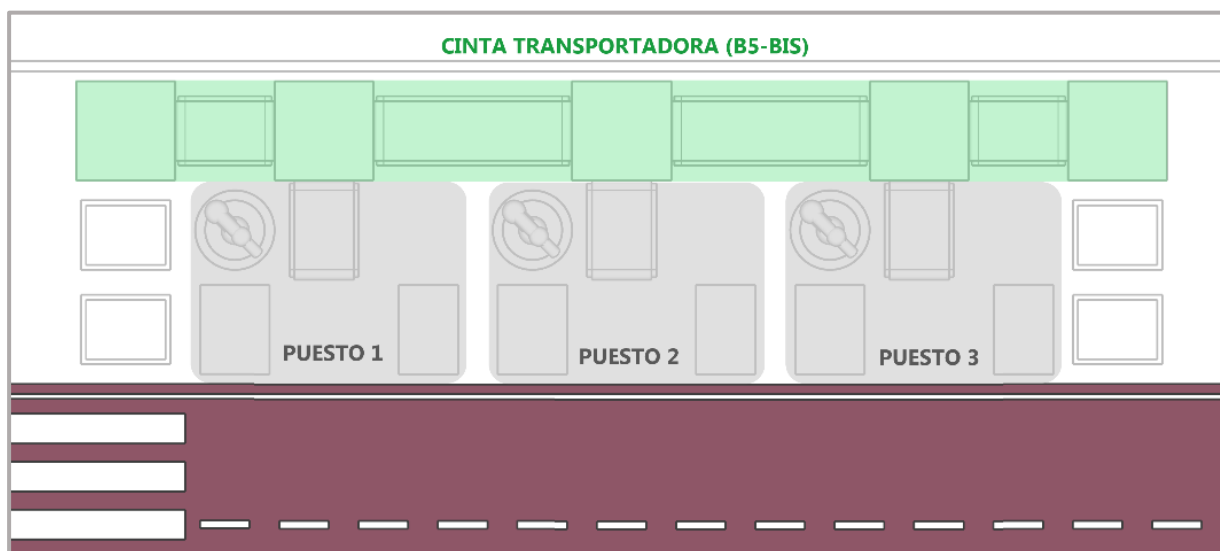


Figura 3.4: Puestos de trabajo y cinta principal.

En la Figura 3.4 se puede ver la siguiente zona de la fábrica, el **ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES**. Según se plantea, cuenta con tres puestos de trabajo, implementados por el equipo B5-BIS. A los puestos van llegando los materiales mediante las mesas TIPO B. Los cargadores sin montar llegan por la izquierda y transportan a los puestos mediante un sistema de cintas transportadoras, también implementado por el equipo B5-BIS. Una vez se han montado los cargadores, estos llegan mediante las cintas a la derecha del todo.

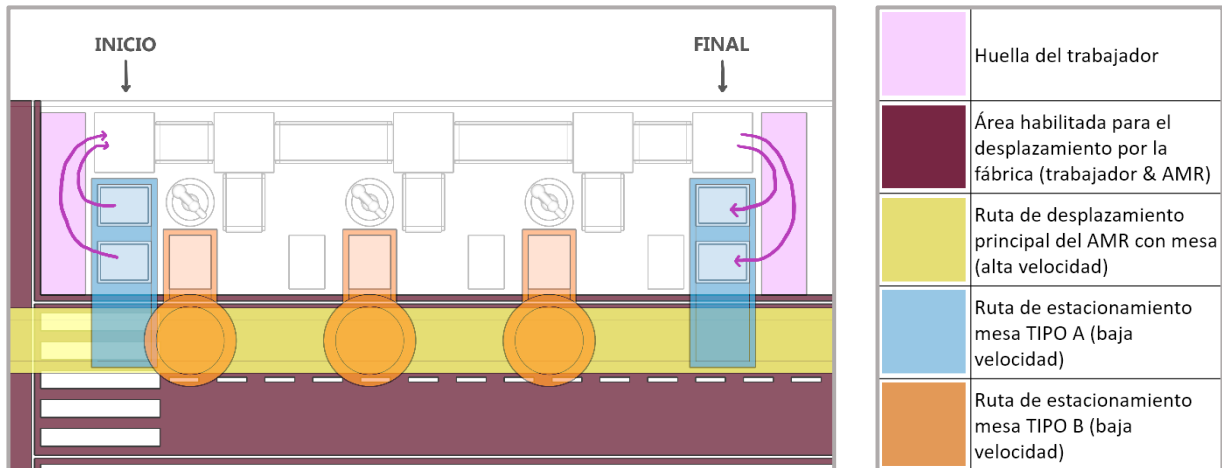


Figura 3.5: Transporte de las mesas por los AMR.

En la Figura 3.5, se muestra todo lo necesario para esta zona concreta, las cuatro plazas de estacionamiento para las mesas TIPO A, dos al inicio de la cinta y las otras dos al final; y las tres plazas de estacionamiento para las mesas TIPO B, una plaza por cada uno de los puestos de montaje que hay.

Para descargar las mesas TIPO A, los trabajadores podrán hacerlo desde la zona habilitada al principio de la cinta principal.

Una vez finalizado el proceso de montaje, para cargar las mesas TIPO A con los cargadores montados, los trabajadores podrán hacerlo desde la zona habilitada al final de la cinta principal.

En la leyenda, mediante un código de colores, se puede consultar a que hace referencia cada elemento de las figuras. El área habilitada para el desplazamiento por la fábrica está disponible tanto para el personal como para los AMR, es decir, es un área compartida donde coexisten ambos elementos, por lo que habrá un riesgo asociado a ello. Aunque el AMR, tenga definida una ruta principal, si esta se encuentra obstaculizada, al igual que los humanos, tendrá la capacidad de sortear el obstáculo y seguir hacia su destino. Por lo que la ruta principal es una sugerencia, ya que no siempre se podrá asegurar que el camino esté disponible. Servirá para que los trabajadores puedan facilitarle el trabajo al AMR, por ejemplo, evitando entorpecer todo lo posible al AMR cuando este se aproxime.

Al igual que en las otras zonas, lo que se quiere mostrar con la ruta principal, es que la velocidad de desplazamiento al ser más elevada que cuando está estacionando, el área que ocupa será mucho mayor. La ruta principal tiene 20 cm a cada lado de margen, en cambio, cuando estaciona, el margen es de 10 cm a cada lado, ya que la velocidad es menor y además que los movimientos serán más precisos.



Figura 3.6: Renderizado 3D del *ÁREA DE MONTAJE DE CARGADORES*.

ZONA 3: INSPECCIÓN DE CALIDAD

La Figura 3.7, no se corresponden con la realidad, cualquier parecido es pura coincidencia. Dado el desconocimiento que se tiene de las dimensiones de la zona de *INSPECCIÓN DE CALIDAD* de la fábrica, lo que se ha querido mostrar una posible distribución en planta.

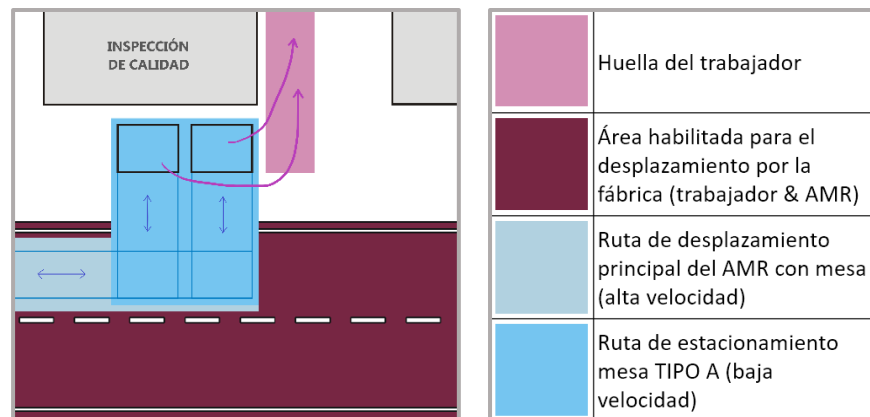


Figura 3.7: Trazado de la mesa TIPO A.

En la siguiente figura, se muestra todo lo necesario para esta zona concreta, las dos plazas de estacionamiento para las mesas TIPO A. Para descargar el cargador de la mesa, los trabajadores podrán hacerlo desde la zona habilitada a la entrada de la zona de *INSPECCIÓN DE CALIDAD*.

En la leyenda, mediante un código de colores, se puede consultar a que hace referencia cada elemento de la figura. Como se ha mencionado en las demás zonas, existirá un área habilitada para el desplazamiento por la fábrica, un área compartida donde coexisten tanto trabajadores como los AMR.

Al igual que en las otras zonas, lo que se quiere mostrar con la ruta principal, es que la velocidad de desplazamiento al ser más elevada que cuando está estacionando, el área que ocupa será mucho mayor. La ruta principal tiene 20 cm a cada lado de margen, en cambio, cuando estaciona, el margen es de 10 cm a cada lado, ya que la velocidad es menor y además que los movimientos serán más precisos.

TIPOS DE ESTACIONAMIENTO DE MESAS

ESTACIONAMIENTO PARALELO, Figura 3.8

El estacionamiento paralelo consiste en los siguientes pasos:

1. Parar en la posición X.
2. El robot móvil solo puede avanzar en una dirección, por lo que es necesario que se desanclase de la mesa móvil, girar 90° sobre X, y volver a anclarse, por lo que los carros necesitan poder anclarse en dos orientaciones distintas.
3. Avanzar con la nueva orientación hacia Y. A partir de ahora se desplazará con una velocidad reducida respecto a la velocidad de la ruta principal, para así aumentar la precisión de sus movimientos, por lo que el margen se reducirá a 10 cm por cada extremo.
4. Desanclarse de la mesa y dejarla en Y.
5. Retirarse y volver al área de desplazamiento común.

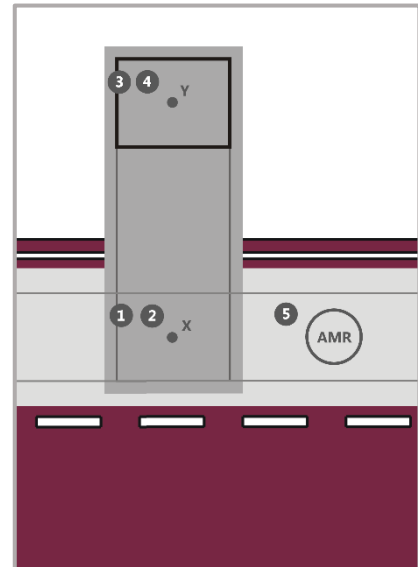


Figura 3.8: Estacionamiento paralelo.

ESTACIONAMIENTO PERPENDICULAR, Figura 3.9

El estacionamiento perpendicular consiste en los siguientes pasos:

1. Parar en la posición X.
2. Girar 90° sobre X (con la mesa).
3. Avanzar con la nueva orientación hacia Y. A partir de ahora se desplazará con una velocidad reducida respecto a la velocidad de carretera, para así aumentar la precisión de sus movimientos, por lo que el margen se reducirá a 10 cm por cada extremo.
4. Desanclarse de la mesa y dejarla en Y.
5. Retirarse y volver al área de desplazamiento común.

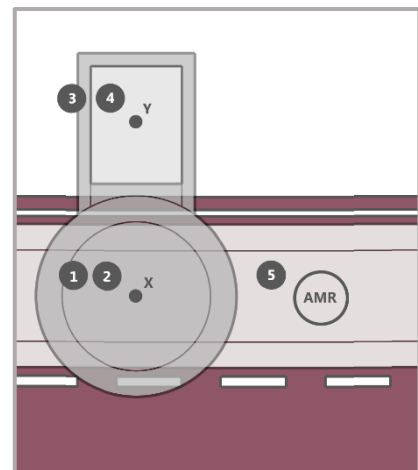


Figura 3.9: Estacionamiento perpendicular.

3.6. OTROS ASPECTOS QUE PUEDAN VERSE AFECTADOS

La automatización del proceso de transporte, y montaje si se incluye la propuesta realizada por el grupo B5 BIS, supone también una modificación en la forma de operar en otras áreas de la empresa.

- Área de almacén: debido a que las mesas deberán ser cargadas en el almacén, los procesos realizados en este sector se verán afectados por la automatización. Los operarios del almacén tendrán que adaptarse y aprender cómo colocar los componentes en las mesas además de aprender a utilizar la aplicación para controlar los AMR.

- Área inspección de calidad: ya que el destino final de los cargadores es la zona de inspección de calidad, este espacio se verá afectado también por la automatización. Los operarios de esta zona tendrán que aprender a emplear la aplicación para manejar los robots.
- Área de cargadores sin montar: puesto que los cargadores vacíos son recogidos de esta zona, también se verá afectada por la propuesta. Los operarios necesitarán conocer cómo manipular el vehículo automático a través de la aplicación.

Los procesos realizados en estas áreas, por tanto, se verán afectados, posiblemente mejorando mínimamente la productividad al evitar que tengan que preocuparse por desplazar o tener que llamar a alguien para que desplace las cargas. Además, todo el personal relacionado con estos procesos deberá ser formado, por lo que los operarios de estas áreas también se verán afectados por la automatización.

4. LISTADO DE DISPOSITIVOS Y PRESUPUESTO TÉCNICO

4.1. EQUIPAMIENTO

4.1.1. ROBOT MÓVIL RB-1 BASE (AMR)

Plataforma RB-1 Base con sistema de elevación de carros, unidad inercial y *docking station*, estación de carga de la batería. Serían necesarios dos de estos robots móviles para transportar las mesas con el material hasta los puntos de trabajo donde son necesarias o para llevar los cargadores terminados a la siguiente zona, donde se realizará la inspección de calidad.

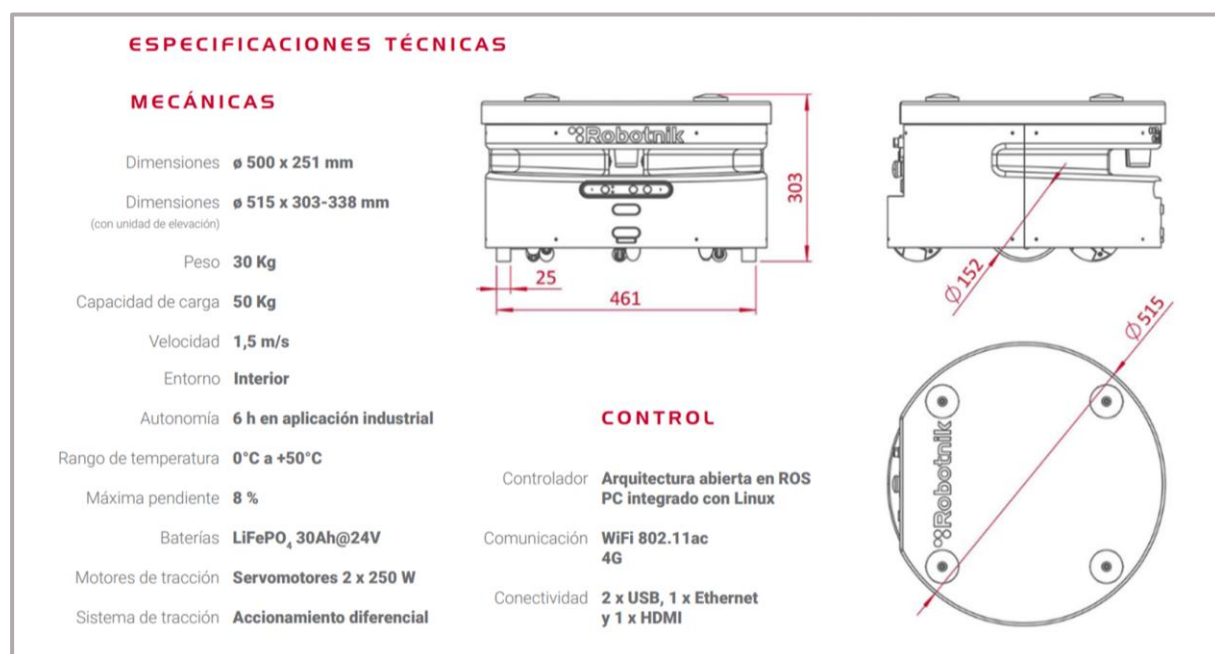


Figura 4.1: Dimensiones y especificaciones técnicas del robot móvil RB-1 BASE de Robotnik.

4.1.2. BATERÍA LIFEP04 DE 24V 30AH

El modelo RB-1 BASE de la empresa *Robotnik* emplea las baterías [LiFePo₄ de 24V 30Ah](#). Normalmente las baterías no vienen incluidas cuando se compra un AMR, estas se venden por separado. Es recomendable tener una batería de repuesto por cada una que esté en uso, es decir una batería para el normal funcionamiento del AMR y otra batería extra en caso de avería o necesidad de realizar un cambio. Dado que se requieren dos AMR serán necesarias cuatro baterías en total.



Figura 4.2: Batería LiFePO₄
De 24V 30Ah de QH.

Tipo	Batería LiFePo4
Aplicaciones	Carro, Bus, SAI, Electricidad, Barco, Carrito de Golf, Bicicletas Eléctricas, Scooters, Energía Solar
Voltaje Nominal	24V
Capacidad	30Ah
Peso Neto	8kg
Ciclos de vida	≥4.000 Ciclos

Figura 4.3: Especificaciones técnicas de la batería.

4.1.3. MESAS MÓVILES PARA EL ROBOT MÓVIL

Debido a que las mesas se emplearán para transportar cargadores y materiales pesados, se propone el uso de dos modelos de mesa distintos, TIPO A y TIPO B. La empresa *Fetch Robotics*, ofrece un servicio de personalización de carros para sus AMR. Los modelos que se van a plantear a continuación se basan en los diseños de modelos de *Fetch Robotics*. En la Figura 4.5 se muestran algunos modelos de carros que podrían emplearse con función de mesa de trabajo, aunque dependerá de aquellos que se encarguen de la instalación decidir la forma de la mesa que más se adecúe a lo necesario, fijándose en el tipo de carga y la forma de manejar los materiales.¹

Ambos modelos tendrán una base en la parte baja para que el robot pueda elevarse, engancharlas y llevarlas de un lado a otro. Se puede apreciar en las Figuras 4.6, 4.7 y 4.8 que los carros cuentan con un sistema de cuatro ruedas multidireccionales. La función de estas ruedas es proporcionar estabilidad y una mayor capacidad de carga ya que el peso de la carga y el carro estará repartido entre los puntos de apoyo del robot y las cuatro patas del carro. Un aspecto importante a tener en cuenta será la implementación de frenos mecánicos para las ruedas, y que estos puedan ser accionados por los operarios mientras usen los carros como mesas de trabajo, consultar Figura 4.4.



Figura 4.4: Rueda giratoria con freno.

¹ Consultar punto 5 del subapartado de INSTALACIÓN del apartado de PRESUPUESTO.



Figura 4.5: Modelos de mesa personalizables de la empresa *Fetch Robotics*.

MESAS PARA LOS CARGADORES, TIPO A

Las mesas que transporten el cargador deberán tener un tamaño mínimo: 70 cm ancho, 90 cm largo y 100 cm altura, para que quepan los cargadores en la parte superior. Los cargadores estarán colocados en la segunda altura para que sea fácilmente manipulable por el personal. Es importante destacar que, aunque las fuerzas se repartan también sobre las ruedas, el peso de esta mesa estará limitado ya que los cargadores una vez montados pesan 35 kg, y la suma total de la fuerza que actúan sobre el robot tiene que ser inferior al máximo de capacidad de carga del RB-1 Base, que son 50 kg, consultar Figura 4.1. Estas mesas móviles serán similares al modelo de la Figura 4.6.



Figura 4.6: Ejemplo de mesa TIPO A.

MESAS PARA LOS MATERIALES, TIPO B

Las mesas que transporten los materiales pesados y livianos tendrán unas dimensiones similares a las de las mesas TIPO A, 70 cm ancho, 90 cm largo y 100 cm altura. La única diferencia será que se asemejarán a los modelos de la Figura 4.7 ya que necesitarán un mayor espacio de almacenamiento, así pudiendo almacenar en varias alturas los diversos componentes necesarios para el montaje del cargador en la mesa TIPO A. Estos materiales pueden ser desde conjuntos para el cargador o elementos de sujeción como tornillos, tuercas, arandelas, etc.



Figura 4.7: Ejemplo de mesa TIPO B.

4.2. PRESUPUESTO

En este apartado se analizarán varias partes. Primero se describirá el presupuesto relacionado únicamente con la automatización del transporte propuesto por el grupo B6-BIS y, a continuación, se comentará el presupuesto final; producto de juntar este proyecto centrado en el transporte con el del grupo B5-BIS, centrado en el montaje, ya que ambos se centran en la misma área de trabajo y podrían implementarse exitosamente de manera conjunta.

4.2.1. NUESTRO PRESUPUESTO

FORMACIÓN

A la hora de implementar los robots, será necesario formar a los operarios para que puedan trabajar conjuntamente con estos. Será necesario que aprendan por dónde se desplazan los robots, de qué forma deben ser cargarlos, cómo mandarles instrucciones, etc.

El coste aproximado de esta formación sería de unos **2.000 €**.

INSTALACIÓN

El coste asociado a la instalación de los AMR en las fábricas dependerá de la empresa subcontratada. Puede que el coste de la instalación venga incluido en el precio que se paga cuando se adquiere un robot móvil como estos. En otras ocasiones por este servicio se tendrá que realizar un pago a parte, contratando a un técnico especializado para proceder a la instalación, normalmente de la propia empresa. En algunos casos las empresas proporcionan extensos manuales con las indicaciones necesarias para una buena instalación, por lo que los propios trabajadores de las propias fábricas serían capaces de realizar la instalación.

El AMR empleado para este proyecto como referencia, el Robot móvil RB-1 BASE, no dispone de un *User's Manual* accesible para el público, por lo que no se puede asegurar que la empresa *Robotnik* proporcione la información necesaria para llevar a cabo una instalación sin necesidad de alguien externo a la empresa. Por lo que se considerará el peor de los casos, donde hay que contratar a alguien por la instalación.

A continuación, se muestra una descripción general que cubre el *kit* de inicio que podría tener cualquier AGV, que incluye la plataforma con todos los componentes necesarios para su uso, incluido un carro, una estación de acoplamiento y el software necesario para la navegación.

- Instalar la batería en la plataforma.
- Cargar completamente la batería, ya sea fuera o dentro de la plataforma.
- Configurar la Ethernet inalámbrica para la plataforma.
- Instalar la estación de acoplamiento para la carga automática de las baterías.
- Diseñar, construir e instalar una estructura de carga útil que se adapte a la aplicación deseada. Teniendo en cuenta especificaciones técnicas como la carga máxima, centros de gravedad y que el diseño de la carga útil no obstruya el campo de visión del AMR. Esta es la tarea más complicada para que el AMR funcione de la manera que desea.²
- Configurar el AMR para su entorno, de modo que pueda realizar tareas útiles. Esto incluye generar el mapa que utilizará la plataforma para su navegación. Este procedimiento y la configuración de parámetros variarán dependiendo del modelo y del software utilizado.
- Marcar la ubicación y orientación de las metas donde se puede estacionar el carrito. Esto permite que una persona coloque un carro donde el transportador pueda encontrarlo.

² Referencia al subpartado de MESAS del apartado de EQUIPAMIENTO.

También ayudará a evitar que alguien coloque algo que no sea un carrito en esa área, lo que podría evitar que se estacione un carrito en ese lugar.

Con todo esto, suponemos un coste de instalación de 10 €/h, por lo que pagaríamos al Técnico Instalador unos **400 €** por los dos AMR.

MANTENIMIENTO

Los robots y mesas necesitarán de cierta vigilancia y mantenimiento para controlar que funcionen correctamente y no se rompan o estropeen. Según el *LD Cart Transporter User's Manual* de la empresa *Omron*, se recomienda un mantenimiento de las baterías cada seis meses, por lo que, debido a la similitud entre este modelo de robot y el seleccionado para el proyecto, se tomará esta información como referencia. Excluyendo el caso en que sea necesario cambiar completamente un armario, robot o batería, se estima un coste de mantenimiento de **450 €**.

EQUIPAMIENTO

ROBOT MÓVIL RB-1 BASE

En este trabajo se ha empleado como referencia el robot móvil RB-1 BASE, el cual tiene un valor de 27.031,4 € incluyendo IVA. Serán necesarios dos robots de este tipo, por lo que el coste ascenderá a **54.062,8 €**.

BATERÍA LIFEPO4 DE 24V 30AH

La empresa [QH Tech](#) es la proveedora oficial de estas baterías. El precio de las [LiFePo₄ de 24V 30Ah](#) es de 166,06 €. Para la propuesta de automatización son necesarias cuatro de ellas, por tanto el coste estimado en baterías será de **664,24 €**.

MESAS (CARROS PARA EL ROBOT MÓVIL)

Aun siendo dos modelos distintos de mesa, ambos tienen un presupuesto estimado similar de unos 150 €. Serán necesarias cuatro mesas de cada modelo, es decir, ocho mesas. Por ello, el coste total estimado será de **1.200 €**.

PRESUPUESTO (B6-BIS)				
Descripción	Precio	Cantidad	Tiempo	Coste
FORMACIÓN	2000,00	-	-	2000,00
INSTALACIÓN	10,00	4	-	400,00
MANTENIMIENTO	450,00	-	cada 6 meses	450,00
ROBOT MÓVIL	27031,40	2	-	54062,80
BATERÍAS	166,06	4	-	664,24
MESAS	150,00	8	-	1200,00
Total (en €)				58777,04

• Importes aproximados

TOTAL

El coste total del proyecto sería de aproximadamente unos **60.000 €**. Hay que tener en cuenta que los valores obtenidos en algunos apartados son aproximados y que no se han tenido en cuenta posibles gastos de envío.

4.2.2. PRESUPUESTO CONJUNTO (B5-BIS + B6-BIS)

En este apartado se muestra en coste total que supondría una implementación conjunta de ambos proyectos. Primeramente se muestra el coste asociado al equipo B6-BIS, con su proyecto de automatización del transporte. Para terminar se muestra el coste asociado a la propuesta del equipo B5-BIS, con su propuesta de automatización de la zona de montaje de los cargadores pequeños. La única diferencia entre el presupuesto original del equipo B5-BIS, respecto al presupuesto conjunto, es

22



que no se ha sumado el coste de las mesas fijas de los materiales, ya que el equipo B6-BIS las sustituye con sus mesas TIPO B.

DOCUMENTO

TITULO	Presupuesto Proyecto Técnico	Fecha	10/06/2023
ALUMNO	Equipo B5-BIS Y B6-BIS	Nº	1
CANT	DESCRIPCION	PRECIO	IMPORTE
	MATERIALES		
1,00	CURSO: FORMACIÓN ROBOT MÓVIL RB-1 BASE	1652,89	1652,89
4,00	Instalación de los robots móviles	82,64	330,58
1,00	Mantenimiento (*1)	371,90	371,90
2,00	ROBOT MÓVIL RB-1 BASE	22340,00	44680,00
4,00	BATERÍA LIFEPO4 DE 24V 30AH	166,06	664,24
6,00	Mesas TIPO A y B para los robots móviles	123,97	743,80
1,00	Presupuesto Cuadro Eléctrico	5951,50	5951,50
2,00	Vía de rodillos ligera, rodillos de plástico, Ø 50 mm, L x An 2.000 x 600 mm	401,00	802,00
2,00	Vía de rodillos ligera, rodillos de plástico, Ø 50 mm, L x An 1.000 x 600 mm	234,00	468,00
3,00	Vía de rodillos ligera, rodillos de plástico, Ø 50 mm, L x An 1.000 x 800 mm	317,00	951,00
5,00	Mesa de rodillos de bola, anchura de vía 600 mm, longitud 1000 mm	1200,00	6000,00
3,00	Mesa de trabajo de acero inox. PREMIUM - 0,8 m - con dos estantes	183,99	551,97
3,00	Serie UR-20e Universal Robots	49586,77	148760,31
3,00	Diseño y producción de cabezal de los Cobots (*2)	660,00	1980,00
3,00	Sensor capacitivo ifm electronic KI5085 - KIA3080BFPKG2T/US	133,26	399,78
2,00	Tubería de aire comprimido RS PRO Negro, diá. exterior 10mm, longitud 30m	57,43	114,86
3,00	Montaje del armazón (*3)	74,17	222,51
3,00	Soporte para robots QR-RP-S-5kN	2600,83	7802,49
3,00	Mamparas de protección plexiglás Alt 170 x An 76 cm	439,00	1317,00
1,00	CURSO: SEGURIDAD EN COBOTS	320,00	320,00
IMPORTE MATERIALES Y MANO DE OBRA			224084,83
IMPORTE TOTAL			224084,83
%IVA			21,00
TOTAL DOCUMENTO			271142,64

● Importes aproximados

(*1): Coste de mantenimiento de los robots móviles cada 6 meses

(*2): Precio estimado del coste del diseño y posterior montaje del cabezal de los Cobots

(*3): Este precio incluye el coste de las barras de la estructura, el sistema para agarrar la placa y el trabajo de soldadura.

5. NORMATIVA Y REGULACIÓN

En este apartado se presentarán las normativas básicas que debe cumplir el AMR. También se expondrán las medidas de seguridad que deben llevarse a cabo para evitar problemas entre vehículo autónomo y operario. Estas medidas de seguridad deberán tener en cuenta las diversas formas de prevenir los riesgos que pueden aparecer en el espacio de trabajo y se podrán ejecutar gracias a los distintos dispositivos de seguridad, emergencia y control del robot.

La normativa y medidas de seguridad que se nombrarán a continuación se ha tenido en cuenta a la hora de realizar la distribución en planta ya que, para realizar la distribución se deben tener en cuenta

tanto aspectos técnicos como de seguridad, y para ello es necesario realizar un estudio de las normativas de seguridad vigentes.

5.1. NORMATIVAS DE LOS AMR

En la actualidad, la principal normativa aplicable en Europa relativa a los AMR es la norma EN ISO 3691-4:2020, la cual sustituye a la norma EN 1525:1997. Esta amplía los requisitos de las funciones de seguridad de los AMR adoptando el método de diseño de la EN ISO 13849 y estableciendo el nivel de prestaciones para las distintas funciones de supervisión del vehículo, modos de funcionamiento y el mando de los frenos que se mencionarán posteriormente. Es importante señalar que esta norma, la ISO 3691-4 se dirige tanto a los fabricantes como a las empresas operadoras.

También están disponibles como referencia la norma ANSI/ITSDF B56.5-2019 y la norma UL 3100 para plataformas móviles automatizadas (AMP). Estas normas definen los requisitos de seguridad relacionados con los elementos de diseño, operación y mantenimiento de vehículos automáticos guiados.

EN ISO 3691-4:2020	Carretillas de manutención. Requisitos de seguridad y verificación. Parte 4: Carretillas industriales sin conductor y sus sistemas
EN ISO 13849-1:2016	Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño
ANSI/ITSDF B56.5-2019	Estándar de seguridad para vehículos industriales de guiado automático sin conductor y funciones automáticas de los vehículos industriales con conductor

En Europa, la normativa AMR se amplía con la norma EN 1175:2021, la cual se concentra en determinados aspectos eléctricos y funciones automáticas de los AMR.

En los EE.UU., la normativa se amplía con la norma ANSI/RIA R15.08-1:2020, la cual también puede emplearse como referencia.

EN 1175:2021	Seguridad de las carretillas de manutención. Requisitos eléctricos/electrónicos.
ANSI/RIA R15.08-1:2020	Robots móviles autónomos. Requisitos de seguridad. Parte 1: Requisitos para los robots Industriales móviles.

5.2. SEGURIDAD DEL VEHÍCULO, CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA

La norma EN ISO 3691-4 que afecta al AMR seleccionado establece los límites claros en materia de seguridad entre las personas y los vehículos autónomos. Por ejemplo, se encarga de regular aspectos como la distancia mínima de seguridad entre el AMR y los elementos fijos de la fábrica. Para ello, ambos AMR deben incluir sensores en la dirección de desplazamiento que cubran el ancho y/o la

longitud máxima de movimiento para evitar el contacto entre la carga que transportan y cualquier obstáculo.

También menciona otros aspectos como los niveles de prestaciones mínimos que deben tener las funciones de seguridad del sistema. Por ejemplo, en lo referente al control de velocidad, tanto esta norma como la ANSI B56.5 indican que, si la velocidad es inferior a 0,3 m/s (18 m/min), no hay necesidad de disponer de un sistema anticolidión (por lo que no se necesita láser), pero es obligatorio tener una señal de advertencia acústica y visual. En el caso del robot seleccionado, ya que su velocidad es superior a esta, sí que requerirá de un sistema anticolidiones el cual se explicará más adelante.

En lo que respecta al control de frenos, el sistema de frenado junto con el sistema de detección de objetos y el tiempo de respuesta del sistema de control de seguridad harán que el vehículo se detenga antes del impacto con obstáculos. Hay que tener en cuenta, además de la estructura del vehículo, sus accesorios supletorios, es decir, las mesas que transporta, y la carga prevista en su movimiento a lo largo de la dirección principal de desplazamiento, es decir, los materiales pesados y cargadores.

Además, la desviación de la ruta prevista del robot móvil supondrá una parada de emergencia.

5.3. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Los vehículos móviles automáticos disponen de dispositivos de seguridad que permiten evitar las posibles colisiones con objetos o personas que se interpongan en su camino. En el mercado existen diferentes sistemas de seguridad acoplables a los vehículos, pero, en el caso del vehículo seleccionado para este proceso, se emplea un láser de seguridad.

Este es un dispositivo capaz de detectar obstáculos reduciendo la velocidad de la marcha del vehículo hasta detenerse dependiendo de la distancia con los obstáculos cercanos. Estos tienen normalmente dos campos de seguridad:

- **EL CAMPO DE ADVERTENCIA O *WARNING FIELD*:** en el caso de que el láser detecte algún obstáculo a esta distancia, el robot desacelera.
- **EL CAMPO DE SEGURIDAD O *SAFETY FIELD*:** en el caso de que el láser detecte algún elemento en este campo, el robot se detiene.

El AMR cambiará continuamente su mapa de seguridad mientras se desplace.

Además de los láseres de seguridad existen otros sistemas de seguridad acoplables necesarios para el AMR:

- **FOTOCÉLULAS + PARACHOQUES (*BUMPER*):** son sistemas activos de seguridad que permiten la recogida segura de la carga al poder detener el vehículo al detectar un obstáculo. La norma ANSI B56.5 establece que no deben ejercer una fuerza mayor de 134 N aplicada de manera paralela al suelo y opuesta a la dirección de desplazamiento con respecto al parachoques.

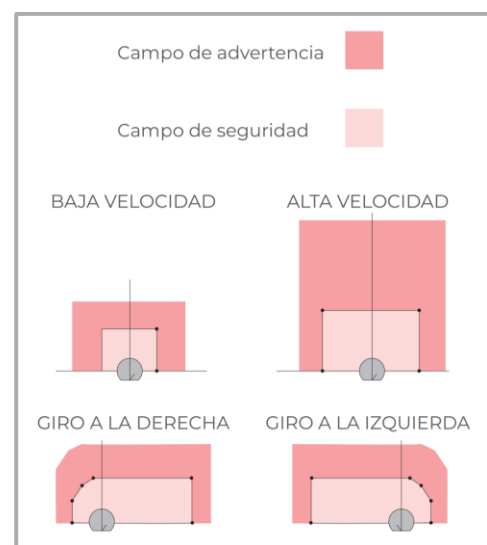


Figura 5.1: Campos de seguridad.

- **SISTEMAS DE AVISO ACÚSTICO Y LUMINOSO:** es un sistema que, mediante señales acústicas y luminosas, informa a los operarios de la presencia del vehículo. Dependiendo del estado del AMR emitirá diferentes tipos de tonos.
- **PARADA DE EMERGENCIA:** es un botón de parada del sistema que detiene el vehículo tras su activación ante un peligro inminente. Los botones deben ser visibles, distinguibles y de fácil acceso desde cualquier lado del robot.

5.4. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

El uso de los AMR, incluso con estas medidas de seguridad, tiene sus riesgos, por ello, se deben llevar a cabo una serie de medidas preventivas que reduzcan la probabilidad de fallo. A continuación, se exponen los riesgos más habituales:

CHOQUES, GOLPES Y/O ATROPELLOS

- Es necesario delimitar las zonas de tránsito de los AMR y que los peatones circulen por la zona habilitada para peatones respetando el camino del robot.
- Se debe señalar los riesgos de atropellos o golpes y la zona de circulación.
- Es necesaria una instrucción de trabajo para las tareas realizadas en la zona de movimiento de los vehículos de guiado automático. En el caso del proyecto propuesto, se deberá indicar a los trabajadores que trabajen en la misma área del robot cómo deben proceder cuando el AMR esté cerca.
- También será necesario tener bien programada la velocidad del AMR y disponer de dispositivos de seguridad en el mismo, tales como la parada de emergencia y el sistema de detección y frenado.

ATRAPAMIENTO DURANTE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

- Se requiere mantener las protecciones colocadas y activas impidiendo el acceso a las partes móviles.
- Además, las operaciones de mantenimiento y limpieza deben realizarse en parado.

CAÍDA DE LA CARGA TRANSPORTADA

- Normalmente se requiere que no se supere la carga máxima recomendada por el fabricante, en el caso de este proyecto, sin embargo, se puede superar mínimamente esta carga gracias a las estanterías con ruedas que aligeran la carga.
- Es necesario asegurar la carga y, en este caso, que las estanterías sean recogidas correctamente por el robot y tengan la carga adecuada bien colocada.

EXPLOSIÓN EN LA ZONA DE CARGA DE BATERÍAS

- Como se ha mencionado anteriormente, se debe cumplir con el programa de revisiones periódicas y mantenimiento, en este caso, de los cargadores.

- La zona de carga a su vez debe estar bien ventilada y cumplir con el [R.D.681/2003](#) de protección a los trabajadores expuestos a atmósferas explosivas.

CONTACTO CON ÁCIDOS DE LAS BATERÍAS DURANTE EL CAMBIO

- Usar guantes de seguridad homologados con resistencia a químicos y gafas de seguridad.
- Cumplir con las recomendaciones preventivas para el cambio de baterías.

OTRAS MEDIDAS A TENER EN CUENTA CON CUALQUIER ROBOT MÓVIL

- Programar el mantenimiento y revisiones periódicas del equipo según instrucciones del fabricante.
- Formar en el uso del robot al personal.

6. CONCLUSIONES

La propuesta de automatización expuesta a lo largo de este documento surgió tras darse cuenta de la existencia de un problema relacionado con el bienestar de los operarios y sus condiciones laborales. El transporte de mercancías mediante mesas móviles suponía que los trabajadores tuvieran que empujarlas y desplazarlas a lo largo de la fábrica. Este equipo, ha ido elaborando y mejorando a lo largo de estos meses una propuesta de mejora, tanto para el trabajador como para la empresa, centrándose en lo que aplica al proceso de montaje de los cargadores pequeños, en vez de toda la fábrica.

Por el camino fueron apareciendo ciertos desafíos y dificultades. Sin lugar a duda, el primero de ellos fue buscar soluciones al problema que se había planteado. Ya cuando se supo por dónde encaminar el trabajo, se tuvo que indagar más sobre los robots móviles, ya que en las asignaturas impartidas en el primer curso del grado en Informática Industrial y Robótica, como en la asignatura de Robótica Industrial y de Servicios (RIS), no se llegó a profundizar en este tema. Esto se debe a que, en futuros cursos, se empezará a explicar sobre la robótica móvil, pero en el primer curso es algo prematuro.

El siguiente desafío más importante fue algo que casi hizo que se empezara de cero todo el trabajo, lo que conllevaría buscar otro enfoque de automatización que no implicara la robótica móvil, ya que ese era el problema, la robótica móvil. El desconocimiento sobre la materia en sí era un gran inconveniente, aun así, se decidió seguir hacia adelante, y no fue por el problema que supondría el empezar de cero, desde un principio se tuvo plena confianza en el proyecto que se proponía.

Pese al desconocimiento de la robótica móvil, se ha ido explicando el proyecto de forma detallada sin entrar en detalles técnicos. Es cierto que se han podido relacionar conceptos de la anterior mencionada asignatura de RIS, ya que pese a no haber profundizado en la robótica móvil, su introducción supuso el primer contacto con la materia que nos motivó a proponer una solución realista mediante robótica móvil.

REFLEXIÓN PERSONAL

Desde un aspecto más personal, consideramos que esta asignatura ha sido de los más interesante y práctica, hemos aprendido mucho sobre cómo funciona el mundo empresarial, y que toda propuesta surge de un problema al que se le quiere dar solución. Con las herramientas que se nos han ido proporcionando a lo largo del curso, contando a FOE como la predecesora de PR1, creemos que estamos más preparados para el mundo real. Algo así como anécdota, ahora ya sabríamos redactar una propuesta para el ayuntamiento de nuestro pueblo para que pusiera contenedores orgánicos a la disposición de la población.

7. BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

- [AGV en Prevención de Riesgos Laborales | PRL CUATRO PUNTO CERO](#)
- [Resumen de las nuevas normas internacionales - Pilz ES](#)
- [Estándares de seguridad para los AGV | Dematic](#)
- [Automatización en la Industria 4.0 | Interempresas](#)
- [UNE-EN 1175:2021 | Normalización Española](#)
- [ANSI/ITSDF B56.5-2019: Guided Industrial Vehicles | American National Standards Institute](#)
- [BOE-A-2003-12099 | Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado](#)

LAYOUT

Para realizar el estudio del *layout* se han utilizado los siguientes programas:

- [Blender - Free and Open 3D Creation Software](#)
- [SketchUp Free - Software de modelado en 3D gratuito](#)
- [GIMP - GNU Image Manipulation Program](#)

EQUIPAMIENTO Y PRESUPUESTO

Para realizar los cálculos mostrados en el apartado 4.2 se ha empleado Excel.

Además, la información sobre los costes del equipamiento se ha extraído del trabajo de equipamiento y presupuesto realizado con anterioridad.

- [CartConnect100 \(referencia modelos de mesa\) | Fetch Robotics](#)
- [Presupuesto aproximado de las mesas | VEVOR](#)
- [User's manual | OMRON](#)
- [RB-1 BASE | Robotnik](#)

- [LiFePo4 de 24V 30Ah | QH Tech](#)
- Mediante un correo interno a la empresa *Robotnik* se obtuvo el precio del RB-1 Base.
- Mediante un correo interno a la empresa *QH Tech* se obtuvo el precio de las baterías LiFePo4 de 24V 30Ah.

