

## Trabajo Fin de Grado

Estudio de la viabilidad técnica y económica de la automatización del suministro logístico de productos en Módulos Ribera Alta SL.

Technical and economic feasibility study of the logistics supply of products automation in Módulos Ribera Alta SL.

Autora

**María Báguena Gutiérrez**

Director

Alfredo Gavin Calvo

Ponente

Ángel Fernández Cuello

Titulación

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza

2020/2021

# ANEXOS

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Información acerca de la empresa multinacional Celulosa Fabril S.A. (CEFA).....	4
Anexo II. Estudio de la logística de los carros en los que se trasladan los elementos del salpicadero del modelo Opel Corsa P2JO.....	6
Anexo III. Composición de un AGV.....	9
Anexo IV. Tipos de AGV.....	10
Anexo V. Seguridad y normativas. ....	17
Anexo VI. Cálculo de las prioridades de los criterios mediante el método AHP. ....	19
Anexo VII. Cálculo del tamaño de la flota. ....	27
Anexo VIII. Comparación de las alternativas en cuanto a los criterios considerados. ....	28
Anexo IX. Simulación teórica del funcionamiento del AIV en la fábrica.....	38
Anexo X. Programación del robot. ....	45
Anexo XI. Ubicaciones de las pantallas a colocar para el nuevo método de suministro logístico y su función.....	48

**Anexo I. Información acerca de la empresa multinacional Celulosa Fabril S.A. (CEFA)**

La empresa multinacional CEFA está interesada en llevar sus fábricas hacia la industria 4.0., por ello, cada año propone proyectos de innovación en sus fábricas como lo es este. En su página web se describen de la siguiente forma:

*CEFA es una empresa líder en el desarrollo y producción de componentes para la industria del automóvil basados fundamentalmente en la tecnología de inyección de materiales plásticos.*

*Nuestra misión como compañía es la de satisfacer a nuestros CLIENTES en calidad, servicio, precio y tecnología, anticipándonos a sus necesidades, diferenciándonos en innovación, capacidad de desarrollo, presencia global y estilo de dirección, consiguiendo como resultados prioritarios la excelencia empresarial y la satisfacción de accionistas, empleados y sociedad, todo ello sustentado en un equipo humano con cultura de calidad total, competitivo, innovador y eficaz. [2]*

Dentro de la producción de esta empresa se pueden diferenciar cuatro grandes grupos, que se muestran en la siguiente tabla y que se corresponden con diferentes zonas del coche.

<p style="text-align: center;"><b>Panel de Instrumentos y Consola Central</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PANEL INSTRUMENTOS</li> <li>▪ CONSOLA CENTRAL</li> <li>▪ GUANTERA</li> <li>▪ CAJA PORTAOBJETOS</li> <li>▪ CARCASA COLUMNA DIRECCIÓN</li> <li>▪ PORTAVASOS</li> <li>▪ TAPA AIRBAG</li> <li>▪ CENICERO</li> <li>▪ RECUBRIMIENTO CUADRO INSTRUMENTOS</li> <li>▪ REVESTIMIENTOS CALEFACTOR</li> <li>▪ CONJUNTO AIREADORES</li> <li>▪ RECUBRIMIENTO PANTALLA CENTRAL</li> <li>▪ CONDUCTO</li> <li>▪ CUBIERTA INSONORIZANTE</li> <li>▪ REJILLA DESEMPAÑADORES</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Paneles de puerta y revestimientos interiores</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ REVESTIMIENTOS PANELES DE PUERTA</li> <li>▪ REVESTIMIENTOS PANELES LATERALES</li> <li>▪ REVESTIMIENTOS MALETERO</li> <li>▪ REVESTIMIENTOS PORTÓN TRASERO</li> <li>▪ REVESTIMIENTOS PILARES</li> <li>▪ MOLDURAS INTERIORES</li> </ul>

<p><b>Aplicaciones funcionales</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ ENVOLVENTES RADIADOR Y VENTILADORES</li><li>▪ DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN/DESGASIFICACIÓN</li><li>▪ BANDEJA BATERÍA Y AISLAMIENTO TÉRMICO</li><li>▪ SISTEMAS DE ADMISIÓN DE AIRE A MOTOR</li><li>▪ DEPÓSITOS DE VACÍO</li><li>▪ DEPÓSITOS DE LÍQUIDO DE FRENOS Y DIRECCIÓN ASISTIDA</li><li>▪ TAPAS/TAPONES</li><li>▪ SOPORTES PARA COMPONENTES ELÉCTRICOS</li></ul>
<p><b>Revestimientos exteriores</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• DEFLECTORES DE AIRE</li><li>• REVESTIMIENTO PASO DE RUEDA</li><li>• REJILLA ENTRADA AIRE</li><li>• ESTRIBERAS</li><li>• MOLDURAS LATERALES</li><li>• ACCESORIOS PARAGOLPES</li></ul>

Tabla 1. Piezas fabricadas por CEFA.  
(Fuente: elaboración propia con información y fotos de <https://www.cefa.es/>)

Sin embargo, no todos los productos mostrados en la tabla anterior se producen en las instalaciones de CEFA, si no que se distribuyen en las distintas entidades del grupo CEFA, como son MRA (Módulos Ribera Alta) y Algontec.

## Anexo II. Estudio de la logística de los carros en los que se trasladan los elementos del salpicadero del modelo Opel Corsa P2JO.

Como se ha explicado en el [Apartado 4.2](#) el traslado de los carros en los que se introducen los elementos del salpicadero del modelo Opel Corsa P2JO no resulta rentable automatizarlo. Sin embargo, el estudio de la logística de estos carros podría resultar útil para proyectos futuros, por lo que se describe a continuación.

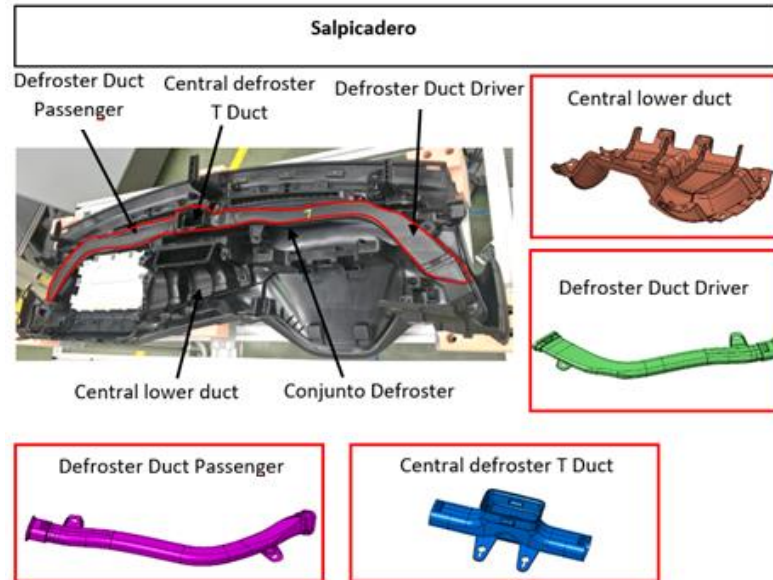


Ilustración 1. Piezas del salpicadero, modelo Opel Corsa, P2JO.  
(Fuente: Elaboración propia)

Estos carros se llenan en la zona de salida de la inyectora y una vez llenos se trasladan a la zona de soldadura por infrarrojos del salpicadero, donde se van vaciando. Los elementos que se introducen en dichos carros son el elemento 'Conjunto Defroster' previamente montado por un operario, y el elemento 'Central lower duct', cabiendo en cada carro un total de **60 piezas** de cada tipo. Habrá carros RHD y LHD, ya que estas piezas se fabrican para conducción derecha y para conducción izquierda. Sin embargo, por turno, se llenan 7 carros LHD, mientras que solo 1 RHD.



Ilustración 2. Carro tipo 6.  
(Fuente: Elaboración propia)

En este caso, en la máquina inyectora sólo se fabrica el elemento 'Central lower duct'. Los elementos del 'Conjunto Defroster' llegan de proveedor y se montan antes de colocarlos en el carro. Se puede considerar que se tardan 60 segundos en colocar en el carro una pieza de cada tipo por lo que el tiempo que tardará en llenarse y vaciarse cada carro es **1 hora**.

En la siguiente imagen, se pueden ver los orígenes y destinos de este tipo de carros.

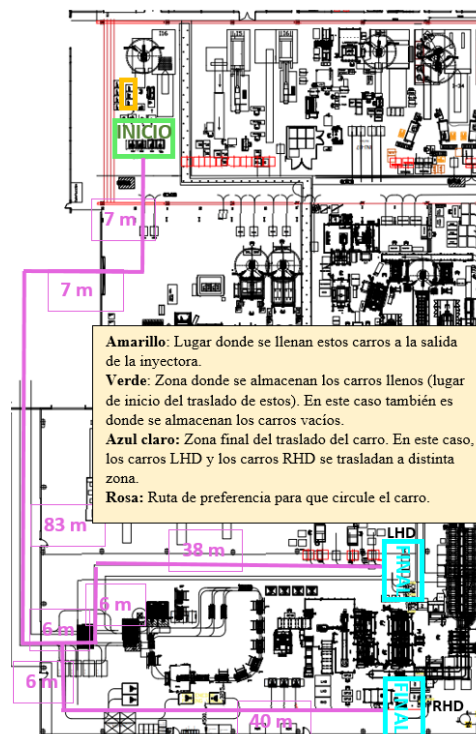


Ilustración 3. Orígenes y destinos carros tipo 6.  
(Fuente: Elaboración propia)

Si al día salen 1200 coches, se necesitarán 1200 unidades de 'Conjunto Defroster' y 1200 unidades de 'Central lower duct', con lo cual, si en cada carro caben 60 unidades de cada pieza se necesitarán **20 carros al día de este tipo**, sin embargo, en este caso, se trabaja durante las 24 horas del día ya que muchas de las piezas hay que desecharlas, por lo tanto, se producen un total de **21 carros LHD y 3 carros RHD**.



### Anexo III. Composición de un AGV.

La tecnología de los AGVs, iniciada en la década de 1950, se ha convertido en un pilar fundamental de la industria 4.0. cuyo objetivo principal es el de transportar mercancías de forma automática, mejorando la productividad y seguridad de las zonas de trabajo.

Todo sistema AGV se compone de [\[4\]](#):

- **Sistema de guiado:** En función de la aplicación para la cual se va a utilizar el robot, existen diferentes tipos de guiado, los cuales están explicados en el [Apartado 5.3](#). Se trata de un sistema externo o interno al robot que hace que este se pueda mover de un sitio a otro.
- **Motor o equipo de potencia y mecánica:** Motor de tracción que mediante un reductor controla el frenado del robot.
- **Batería:** Es el sistema de alimentación de los AGV, mediante el cual reciben energía para realizar las acciones para las que han sido construidos. Puede ser de plomo ácido, de gel o de Níquel Cadmio y el sistema de carga de este sistema de alimentación puede ser manual, automático, en caliente o por inducción.
- **Sistema de mando y control:** Equipo que transmite órdenes al robot por transmisión de datos, de manera semiautomática o manual.
- **Sistemas de seguridad:** Para cumplir con la normativa, los AGV deben llevar incorporados sistemas de seguridad como láseres y sensores de proximidad alrededor de su estructura, de manera que puedan esquivar obstáculos como pueden ser paredes, máquinas, elementos móviles o personas.

#### Anexo IV. Tipos de AGV.

##### ➤ Según tipo de navegación.

El modo de navegación de los robots influye notablemente en la infraestructura necesaria para su aplicación. Existen robots con diferentes tipos de navegación y cada tipo de navegación tiene unas características diferentes para que el vehículo pueda guiarse en su recorrido. A continuación se muestran todos los tipos de navegación existentes en la actualidad.[\[4\]\[7\]\[8\]\[9\]](#)

##### • Filoguiado.

Dentro de este tipo de navegación se pueden encontrar dos métodos: cableado y cinta guía.

El **cableado** consiste en cortar una ranura en el suelo colocando un cable debajo de la superficie que se conecta al vehículo, proporcionándole el guiado a este. El guiado se puede proporcionar a través de un vástago conectado al hilo o por inducción entre un campo magnético generado en el hilo y recibido por dos bobinas integradas en el AGV. Este es un sistema preciso pero limitado por la previa instalación del hilo, lo cual hace que tenga una menor flexibilidad en comparación a otros sistemas.

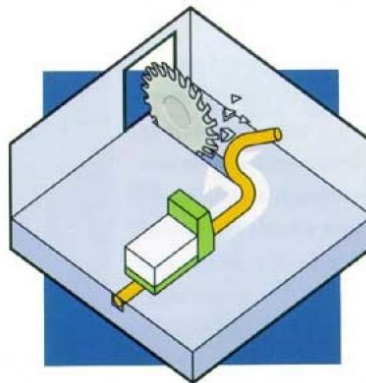


Ilustración 4. Guiado por cableado.

(Fuente: <https://innovacion-tecnologia.com/robotica/agv-aiv-vehiculo-de-guiado-automatico-inteligente/>)

El método de **cinta guía**, es similar al anterior, pero utiliza una cinta superficial para el guiado. La cinta puede ser magnética o de colores. La principal ventaja de este método es que la cinta se puede quitar y reubicar. Sin embargo, no puede utilizarse en áreas de mucho tráfico ya que puede dañarse o ensuciarse, además de ser menos precisa.

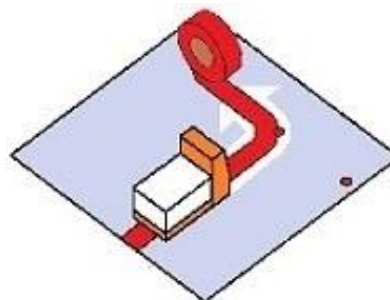


Ilustración 5. Guiado por cinta guía.

(Fuente: <https://www.ma2014.es/productos/>)

- **Navegación de objetivo láser.**

Este tipo de navegación requiere el montaje de cinta reflectante en posiciones fijas como paredes o postes. A los vehículos que se mueven gracias a este sistema se las conoce como LGV (Laser Guided Vehicles). Un trasmisor y un receptor láser giratorios instalados en el LGV rebotan en los reflectores colocados a su misma altura y a lo largo del recorrido deseado para el LGV. Así, el sistema de navegación triangula la posición del LGV comparándola con la ruta programada en el mapa de diseño del reflector y ajustando la dirección en consecuencia. Es una tecnología de alto coste, pero permite una instalación rápida y no conlleva gastos de mantenimiento. Existen dos tipos de láser, pulsados y modulados, siendo los modulados los que proporcionan un mayor alcance y precisión.

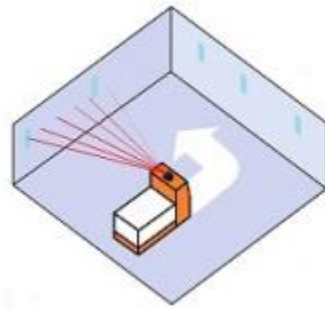


Ilustración 6. Guiado por navegación de objetivo láser.  
(Fuente: <https://www.ma2014.es/productos/>)

- **Navegación inercial (giroscópica) o Optoguiado.**

Este tipo de navegación es más avanzada. A los vehículos que la incorporan se les conoce como IGVs (Intelligent Guided Vehicles). Este sistema requiere de la instalación de discos magnéticos en el suelo para trazar los recorridos. Esto se hace mediante perforaciones en el suelo de 12mm de diámetro y 20mm de profundidad. Un giroscopio instalado en el IGV es capaz de detectar el más mínimo cambio en la dirección del vehículo y corregirlo para mantener el AGV en su camino, pudiendo llegar hasta los 2mm de tolerancia en su trayectoria. La principal ventaja de este sistema respecto a otros es su flexibilidad y reducido coste de re-configuración, pudiendo además funcionar en pasillos estrechos o temperaturas extremas.

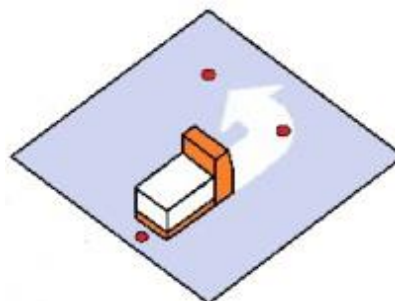


Ilustración 7. Guiado por Navegación inercial.  
(Fuente: <https://www.ma2014.es/productos/>)

- **Navegación natural.**

La navegación natural o navegación SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) es la tecnología más avanzada hasta el momento. Se basa en la lectura continua del entorno del AGV para estimar su posición. Los vehículos que funcionan mediante este sistema son conocidos como AIVs (Autonomous Intelligent Vehicles) o AMRs (Autonomous Mobile Robots).

Un sistema de visión, un sistema sonar o un sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) instalado en el vehículo permite al AIV crear mapas virtuales en 2D o 3D. El mapeado mediante sonar y LIDAR consiste en leer las ondas que emite el vehículo, que rebotan en su entorno, y vuelven, creando un mapa 2D de este, mientras que los sistemas de visión crean un mapa 3D del entorno procesando imágenes de su alrededor, asemejándose a la visión humana. Con este último sistema se obtiene mucha más información, pero son necesarios algoritmos más potentes y complejos.

Este sistema no necesita la instalación de ningún elemento externo y estos vehículos pueden cambiar su trayectoria en cualquier momento, evitar obstáculos y elegir la ruta más óptima. Su puesta en marcha se realiza llevando al vehículo manualmente por el entorno, incluyendo después mediante un software muy sencillo zonas restringidas si las hay. Estos sistemas son los más costosos pero los mejores en cuanto a flexibilidad y precisión.

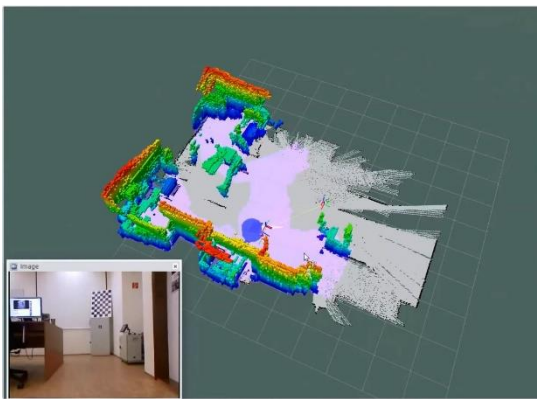


Ilustración 8. Mapa 3D creado por sistemas de visión.  
(Fuente: <http://www.smartroboticsys.eu/>)

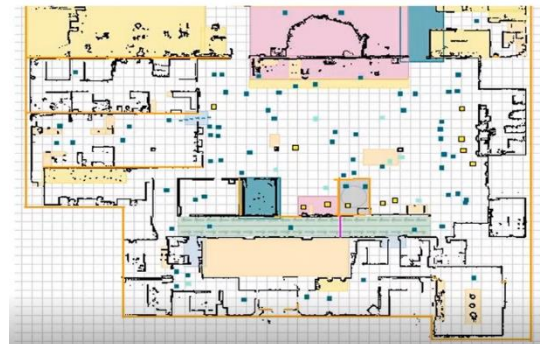


Ilustración 9. Mapa 2D creado por sonar o LIDAR.  
(Fuente: Omron)

➤ **Según forma de trasladar la carga.**

Los vehículos guiados automáticos tienen muchas aplicaciones en cuanto a traslado de material, es decir, pueden trasladar una amplia variedad de materiales. Por ello, existen diferentes tipos de AGVs en función del material que van a trasladar y la forma en que van a trasladarlo. A continuación, se describen los más comunes. [\[6\]\[9\]\[18\]\[19\]](#)

- **Vehículos de remolque.**

Los vehículos de remolque o remolcadores fueron los primeros que se fabricaron y siguen siendo muy populares en la actualidad. Estos vehículos son capaces de tirar de carros mediante un enganche accionado y sus capacidades de carga van desde los 900 kg hasta

las 70 toneladas. Para el traslado de las cargas suelen utilizar plataformas elevables o abatibles, rodillos motorizados o correas, por ejemplo. Estos tipos de vehículos son comunes en circuitos automatizados con ubicaciones de paradas predeterminadas y en el transporte de materiales en distancias largas.



Ilustración 10. Vehículos autónomos de remolque.

(Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tugger\\_AGV,\\_courtesy\\_of\\_Egemin\\_Automation\\_Inc..JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tugger_AGV,_courtesy_of_Egemin_Automation_Inc..JPG),  
[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tugger\\_AGV\\_with\\_trailers,\\_courtesy\\_of\\_Egemin\\_Automation\\_Inc..jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tugger_AGV_with_trailers,_courtesy_of_Egemin_Automation_Inc..jpg))

- **Vehículos de carga unitaria AGVs.**

Los vehículos de carga unitaria AGVs, también conocidos como AGCs (Automated Guided Carts) o AGVs de Túnel, están equipados con plataformas que permiten el transporte de una sola unidad de carga como puede ser un palé o un contenedor con productos. Gracias a su reducida altura se puede colocar debajo de la carga a transportar. En función del peso y volumen de la carga, la unión entre ésta y el AGV puede ser con gancho o Pin-hook (entre 100 kg y 3000 kg), siendo necesario que la carga a trasladar lleve ruedas, o con plataforma elevadora, pudiendo soportar pesos mayores y no siendo necesario que la carga lleve ruedas. Estos vehículos suelen utilizarse en sistemas de almacenamiento y distribución, y trayectorias cortas.



Ilustración 11. AGV de carga unitaria con unión Pin-hook.

(Fuente: <https://www.logismarket.fr/kivnon/agv-unidirectionnel-k10-one-way/9184241829-p.html>)

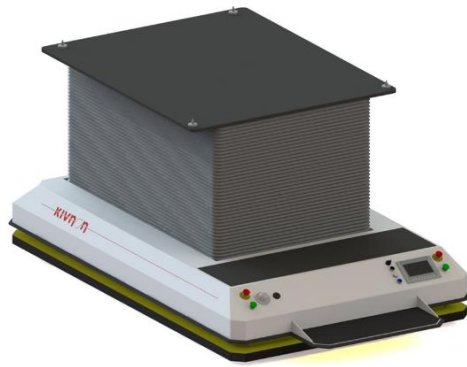


Ilustración 12. AGV de carga unitaria con plataforma elevadora.  
(Fuente: <https://www.logisticsmadrid.com/es/products/agv-kivnon-platform/>)

- **Transpaletas AGVs y Carretilla de horquilla AGVs**

Las transpaletas AGVs están diseñadas para transportar cargas paletizadas a nivel del suelo mientras que la carretilla de horquilla AGVs pueden funcionar tanto a nivel del suelo como en soportes. Dependiendo del tamaño de la carga, el AGV será más grande o más pequeño. Estos vehículos pueden trasladar cargas de hasta 2500 kg siendo los más pequeños capaces de operar en pasillos estrechos y los más grandes capaces de levantar cargas de más de mil kilos a alturas de hasta 13 metros.



Ilustración 13. Carretilla de horquilla AGV.  
(Fuente: <https://www.jungheinrich.es/sistemas-log%C3%ADsticos-soluciones-a-medida-para-su-negocio/veh%C3%ADculos-autoquiados/veh%C3%ADculos-autoquiados/ere-225a-482688>)



Ilustración 14. Transpaleta AGV.  
(Fuente: <https://dinostretchhood.com/home/nipper-hero-small/>)



- **Vehículos híbridos AGVs**

Los vehículos híbridos AGVs son la adaptación de un camión estándar a un camión autónomo, pudiendo funcionar de forma automática o conducidos por un conductor de carretilla elevadora. Este tipo de vehículos puede adaptarse para transportar cualquier tipo de carga y suelen utilizarse para la carga de remolques o el movimiento de materiales alrededor de los almacenes.



Ilustración 15. Vehículo híbrido AGV.

(Fuente: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/seat-tiene-vehiculos-electricos-autonomos-recarga-inductiva-trabajando-martorell/20200210091250033034.html>)

- **AGVs de carga ligera**

Los AGVs de carga ligera son vehículos con capacidades de carga pequeñas, cercanas a los 220 kilos o menos, y suelen utilizarse en áreas de espacio limitado.



Ilustración 16. AGV de carga ligera.

(Fuente: <https://www.ssi-schaefer.com/es-es/productos/transportadores/aqv-veh%C3%ADculo-de-guiado-autom%C3%A1tico/aqvs-para-cargas-peque%C3%B1as-653384>)

- **Vehículos de línea de ensamble AGVs**

Los vehículos de línea de ensamble AGVs son la adaptación del AGV de carga ligera para aplicaciones de procesos de ensamble en serie. Son muy versátiles ya que se pueden utilizar en líneas donde las trayectorias y ubicaciones de la carga a trasladar pueden modificarse sin suponer un gran coste.



*Ilustración 17. AGV de línea de ensamble.*

(Fuente: <https://blog.gieicom.com/por-que-es-tan-util-un-agv-vehiculo-de-quiado-automatico-en-las-lineas-de-ensamble>)



## Anexo V. Seguridad y normativas.

Como cualquier producto, los AGVs deben cumplir una serie de normativas de seguridad. Los robots colaborativos han ido evolucionando con el tiempo, y con ellos su normativa. Además, el promedio de ventas de robots colaborativos ha incrementado en los últimos años:

*...entre 2012 y 2017, el aumento promedio de las ventas de robots industriales fue del 19% anual. En 2017, las ventas crecieron un 30% (381.335 unidades), la mayor parte de este crecimiento fue impulsado por la industria metalúrgica (+55%) y la industria eléctrica/electrónica (+33%). [10]*

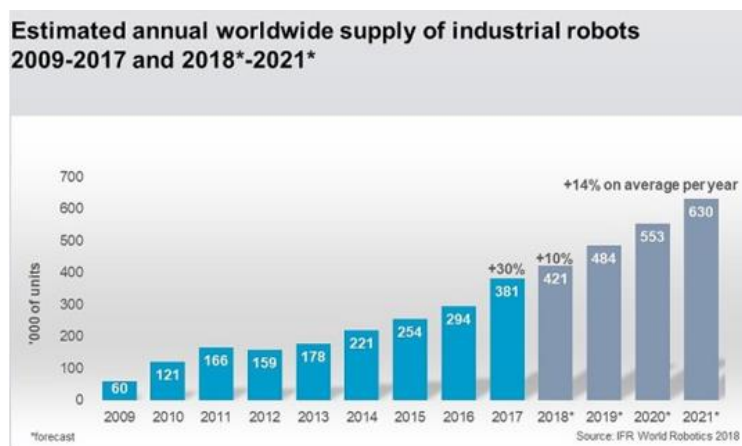


Ilustración 18. Crecimiento de la venta de robots colaborativos.

(Fuente: [https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2019/normativa-robots-colaborativos-cobots-su-influencia-en-prevencion-riesgos-laborales#\\_ENREF\\_6](https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2019/normativa-robots-colaborativos-cobots-su-influencia-en-prevencion-riesgos-laborales#_ENREF_6))

Todos los AGVs incorporan elementos de seguridad activos como botones de parada de emergencia y sistemas anticolidión que aseguran que si el robot se encuentra con un obstáculo como puede ser una persona, este se parará a suficiente distancia de seguridad o lo esquivará. También tienen elementos de seguridad pasivos como pueden ser señales acústicas, señales visuales o luces de advertencia. Todos los vehículos AGV tienen programada una distancia de seguridad que varía dependiendo de la velocidad a la que se mueven. [11]

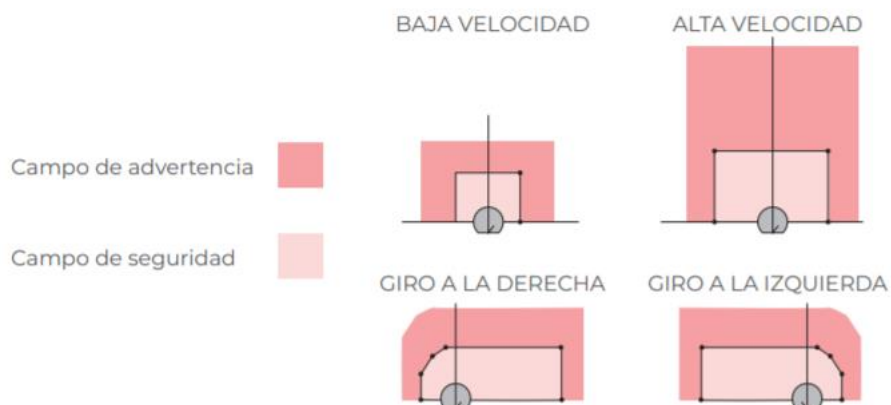


Ilustración 19. Distancia de seguridad dependiendo de la velocidad.

(Fuente: [https://www.femeval.es/dam/jcr:1e5ed01a-a0af-48ea-b92a-c62c3e68230c/GUIA\\_AGV.pdf](https://www.femeval.es/dam/jcr:1e5ed01a-a0af-48ea-b92a-c62c3e68230c/GUIA_AGV.pdf))

La normativa aplicable actualmente para este tipo de vehículos a nivel europeo es la norma **ISO EN1525**, o la norma **ANSI / ITSDF B56.5**, aplicable a nivel estadounidense. Ambas dos definen los requisitos de seguridad relacionados con los elementos de diseño, operación y mantenimiento de vehículos automáticos guiados. [\[11\]](#)

### Anexo VI. Cálculo de las prioridades de los criterios mediante el método AHP.

El cálculo de las prioridades de los criterios y subcriterios considerados para la decisión de elección del mejor AIV se ha realizado mediante el método de decisión multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) propuesto por el profesor Thomas L. Saaty en la década de los 70. Este método se basa en realizar comparaciones pareadas entre varios criterios, siguiendo una serie de tablas y fórmulas explicadas detalladamente en un blog escrito por Víctor Yepes Piqueras [13].

A continuación, se detallan todos los cálculos y fórmulas aplicadas para el cálculo de los vectores de prioridad de cada uno de los criterios y subcriterios. En la [tabla 15](#) se muestran las reglas que se han seguido para las comparaciones pareadas entre los distintos criterios.

- **Criterios nivel 1.**

La matriz obtenida para los criterios del nivel 1 aplicando el método AHP es la siguiente.

A\B	C.Económicos	C.Técnicos	C.Operacionales	C.Estratégicos
C. Económicos	1	5	4	6
C.Técnicos	1/5	1	1/2	4
C.Operacionales	1/4	2	1	3
C.Estratégicos	1/6	1/4	1/3	1
SUMA	1,62	8,25	5,83	14,00

Tabla 2. Matriz de decisión de los criterios del nivel 1.  
(Fuente: Elaboración propia)

Esta matriz, llamada matriz de decisión, debe cumplir las propiedades de reciprocidad (si  $a_{ij}=x$ , entonces  $a_{ji}=1/x$ ), homogeneidad (si  $i$  y  $j$  son igualmente importantes,  $a_{ij}=a_{ji}=1$ , y además,  $a_{ii}=1$  para todo  $i$ ), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada).

La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (Consistency Index, CI) donde  $\lambda_{max}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Para hallar el valor  $\lambda_{max}$ , calculamos la matriz normalizada, dividiendo el valor de cada celda por la suma total de la columna, hallamos el vector de ponderación de dicha matriz, el cual multiplicaremos por la matriz inicial (A), obteniendo el vector B.

MATRIZ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
0,62	0,61	0,69	0,43	0,58
0,12	0,12	0,09	0,29	0,15
0,15	0,24	0,17	0,21	0,20
0,10	0,03	0,06	0,07	0,07

Tabla 3. Matriz de decisión normalizada y ponderada de los criterios del nivel 1.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
2,53
0,63
0,85
0,27

Tabla 4. Vector B de los criterios del nivel 1.  
(Fuente: Elaboración propia)

Finalmente se divide cada elemento del vector B por su correspondiente ponderación obteniendo el vector C. El valor buscado será el promedio de los 4 elementos de ese vector C.

	<b>B/PONDERACIÓN</b>
	4,32834425
	4,09407339
	4,32576099
	4,07225847
<b>PROMEDIO</b>	4,20510928

Tabla 5. Vector C y su promedio de los criterios del nivel 1.  
(Fuente: Elaboración propia)

Por tanto,  $\lambda_{max}=4,205$  y  $CI = \frac{4,205-4}{4-1} = 0,06836976$

Una vez obtenido CI, se obtiene la proporción de consistencia (Consistency Ratio, CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria (Tabla 35):

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 6. Valores del RI según tamaño de la matriz.  
(Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/saaty/>)

Al ser la matriz 4x4, RI=0,9 y por tanto la proporción de consistencia resulta:

$$CR = \frac{0,06836976}{0,9} = 0,0759664 \longrightarrow 7,59\%$$

Este valor se acepta siempre que no supere los valores indicados en la Tabla 36.

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 7. Valores máximos de la ratio de consistencia según tamaño de la matriz.  
(Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/saaty/>)

Tal y como se ha comprobado, las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $7,59\% < 9\%$ . Por lo tanto, las prioridades de los criterios del nivel 1 son las que se muestran en la tabla 37.

	PRIORIDAD
C. Económicos	58%
C.Técnicos	15%
C.Operacionales	20%
C.Estratégicos	7%

Tabla 8. Prioridades de los criterios del nivel 1.  
(Fuente: Elaboración propia)

- Subcriterios económicos.

A\B	Coste de cada AGV	Inversión total (5 años)	Costes de mantenimiento	Renting industrial	Vida útil
Coste de cada AGV	1	¼	2	1/3	1/2
Inversión total (5 años)	4	1	5	2	3
Costes de mantenimiento	1/2	1/5	1	1/4	1/3
Renting industrial	3	½	4	1	2
Vida útil	2	1/3	3	1/2	1
SUMA	10,5	1,95	15	4	6,83

Tabla 9. Matriz de decisión de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,10	0,13	0,13	0,08	0,07	0,10
0,38	0,51	0,33	0,49	0,44	0,43
0,05	0,10	0,07	0,06	0,05	0,07
0,29	0,26	0,27	0,24	0,29	0,27
0,19	0,17	0,20	0,12	0,15	0,17

Tabla 10. Matriz de decisión normalizada y ponderada de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
0,51
2,20
0,33
1,39
0,85

Tabla 11. Vector B de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

	B/PONDERACIÓN
	5,02
	5,11
	4,98
	5,14
	5,09
PROMEDIO	5,07

Tabla 12. Vector C y su promedio de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,01723062
<b>RI</b>	1,12
<b>CR</b>	1,54%
<b>CR<sub>max</sub></b>	10%

Tabla 13. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $1,54\% < 10\%$ . Por lo tanto, las prioridades de los subcriterios económicos son las que se muestran en la [tabla 43](#).

	<b>PRIORIDAD</b>
<b>Coste de cada AGV</b>	10%
<b>Inversión inicial</b>	43%
<b>Costes de mantenimiento</b>	7%
<b>Renting industrial</b>	27%
<b>Vida útil</b>	17%

Tabla 14. Prioridades de los subcriterios económicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Subcriterios técnicos.**

<b>A\B</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Modificación de infraestructura</b>	<b>Área</b>	<b>Radio de giro</b>	<b>Comunicación</b>
<b>Seguridad</b>	1	6	4	5	3
<b>Modificación de infraestructura</b>	1/6	1	1/4	1/3	1/5
<b>Área</b>	1/4	4	1	2	1/3
<b>Radio de giro</b>	1/5	3	1/2	1	1/4
<b>Comunicación</b>	1/3	5	3	4	1
<b>SUMA</b>	1,95	19	8,75	12,33333333	4,78333333

Tabla 15. Matriz de decisión de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,51	0,32	0,46	0,41	0,63	0,46
0,09	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05
0,13	0,21	0,11	0,16	0,07	0,14
0,10	0,16	0,06	0,08	0,05	0,09
0,17	0,26	0,34	0,32	0,21	0,26

Tabla 16. Matriz de decisión normalizada y ponderada de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=A <sub>x</sub> P
2,53
0,24
0,71
0,46
1,42

Tabla 17. Vector B de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

B/PONDERACIÓN	
	5,46
	5,12
	5,18
	5,08
	5,43
<b>PROMEDIO</b>	5,21

Tabla 18. Vector C y su promedio de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,05220212
<b>RI</b>	1,12
<b>CR</b>	4,66%
<b>CR<sub>max</sub></b>	10%

Tabla 19. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $4,66\% < 10\%$ . Por lo tanto, las prioridades de los subcriterios técnicos son las que se muestran en la [tabla 49](#).

	PRIORIDAD
<b>Seguridad</b>	46%
<b>Modificación de infraestructura</b>	5%
<b>Área</b>	14%
<b>Radio de giro</b>	9%
<b>Comunicación</b>	26%

Tabla 20. Prioridades de los subcriterios técnicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Subcriterios operacionales.**

A\B	Autonomía	Velocidad	Capacidad	Precisión	Altura
Autonomía	1	5	3	1/3	2
Velocidad	1/5	1	1/3	1/6	1/4
Capacidad	1/3	3	1	1/5	1/2
Precisión	3	6	5	1	4
Altura	1/2	4	2	1/4	1
SUMA	5,033333333	19	11,33333333	1,95	7,75

Tabla 21. Matriz de decisión de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,20	0,26	0,26	0,17	0,26	0,23
0,04	0,05	0,03	0,09	0,03	0,05
0,07	0,16	0,09	0,10	0,06	0,10
0,60	0,32	0,44	0,51	0,52	0,48
0,10	0,21	0,18	0,13	0,13	0,15

Tabla 22. Matriz de decisión normalizada y ponderada de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=A <sub>x</sub> P
1,21
0,24
0,49
2,53
0,77

Tabla 23. Vector B de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

B/PONDERACIÓN	
5,26	
5,07	
5,07	
5,31	
5,16	
PROMEDIO	5,18

Tabla 24. Vector C y su promedio de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

CI	0,04412146
RI	1,12
CR	3,94%
CR <sub>max</sub>	10%

Tabla 25. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $3,94\% < 10\%$ . Por lo tanto, las prioridades de los subcriterios operacionales son las que se muestran en la [tabla 55](#).



	PRIORIDAD
<b>Autonomía</b>	23%
<b>Velocidad</b>	5%
<b>Capacidad</b>	10%
<b>Precisión</b>	48%
<b>Altura</b>	15%

Tabla 26. Prioridades de los subcriterios operacionales.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Subcriterios estratégicos.**

A\B	Flexibilidad de la frecuencia de movimientos	Flexibilidad frente a modificaciones del layout	Confianza en la tecnología
<b>Flexibilidad de la frecuencia de movimientos</b>	1	2	6
<b>Flexibilidad frente a modificaciones del layout</b>	1/2	1	5
<b>Confianza en la tecnología</b>	1/6	1/5	1
<b>SUMA</b>	1,666666667	3,2	12

Tabla 27. Matriz de decisión de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,6	0,63	0,50	0,58
0,3	0,31	0,42	0,34
0,1	0,06	0,08	0,08

Tabla 28. Matriz de decisión normalizada y ponderada de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
1,75
1,04
0,25

Tabla 29. Vector B de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

B/PONDERACIÓN	
	3,05
	3,03
	3,01
<b>PROMEDIO</b>	3,03

Tabla 30. Vector C y su promedio de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,01457958
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	2,51%
<b>CR<sub>max</sub></b>	5%

Tabla 31. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $2,51\% < 5\%$ . Por lo tanto, las prioridades de los subcriterios estratégicos son las que se muestran en la [tabla 61](#).

	<b>PRIORIDAD</b>
<b>Flexibilidad de la frecuencia de movimientos</b>	58%
<b>Flexibilidad frente a modificaciones del layout</b>	34%
<b>Confianza en la tecnología</b>	8%

Tabla 32. Prioridades de los subcriterios estratégicos.  
(Fuente: Elaboración propia)

### Anexo VII. Cálculo del tamaño de la flota.

Para tener una oferta final de cada uno de los proveedores, se necesita saber cuántos robots serán necesarios. Las especificaciones de cada uno de ellos son diferentes, por ello, se han considerado las especificaciones más desfavorables para el cálculo de la flota, ya que así se obtendrá el número máximo de robots necesarios.

Las especificaciones de los robots consideradas son una velocidad media de 0,6 m/s y un tiempo de carga y descarga del carro de 65 segundos. Sabiendo esto, las frecuencias de movimiento, y las distancias de cada uno de los movimientos, se ha obtenido la siguiente tabla.

	FRECUENCIA (h)	Viajes/h	Distacia (m)	Tiempo carga (s)	Tiempo descarga (s)	Tiempo traslado (s)	Tiempo total (s)	Disponibilidad 1 hora (min)
<b>Carro 1</b>								
<b>LHD</b>								
Ida lleno	3	0,33333333	60	65	65	100	230	1,277777778
Vuelta vacío	3	0,33333333	70	65	65	116,6666667	246,6666667	1,37037037
<b>RHD</b>								
Ida lleno	3	0,33333333	60	65	65	100	230	1,277777778
Vuelta vacío	3	0,33333333	70	65	65	116,6666667	246,6666667	1,37037037
<b>Carro 2</b>								
<b>LHD</b>								
Ida lleno	1,6	0,625	20	65	65	33,33333333	163,3333333	1,701388889
Vuelta vacío	1,6	0,625	51	65	65	85	215	2,239583333
<b>RHD</b>								
Ida lleno	1,6	0,625	20	65	65	33,33333333	163,3333333	1,701388889
Vuelta vacío	1,6	0,625	51	65	65	85	215	2,239583333
<b>Carro 3</b>								
<b>LHD</b>								
Ida lleno	1,2	0,83333333	52	65	65	86,66666667	216,6666667	3,009259259
Vuelta vacío	1,2	0,83333333	86	65	65	143,3333333	273,3333333	3,796296296
<b>RHD</b>								
Ida lleno	1,2	0,83333333	52	65	65	86,66666667	216,6666667	3,009259259
Vuelta vacío	1,2	0,83333333	86	65	65	143,3333333	273,3333333	3,796296296
<b>Carro 4</b>								
Ida lleno	2	0,5	65	65	65	108,3333333	238,3333333	1,986111111
Vuelta vacío	2	0,5	40	65	65	66,66666667	196,6666667	1,638888889
<b>Carro 5</b>								
Ida lleno	2,133333333	0,46875	60	65	65	100	230	1,796875
Vuelta vacío	2,133333333	0,46875	40	65	65	66,66666667	196,6666667	1,536458334
<b>Total</b>		9,10416667						<b>33,74768519</b>

Tabla 33. Cálculo del tiempo total que le costaría al robot realizar todas las tareas en una hora.  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede ver, se ha calculado el tiempo total que tardaría el robot en realizar todos los movimientos de carros, en el caso de que todos ellos se tuvieran que realizar en una hora. Ese tiempo es de 34 minutos aproximadamente, lo que quiere decir que solo es necesario 1 robot y además a ese robot le sobrarían 26 minutos en los que podría realizar otros movimientos o aprovechar para cargar su batería.

<b>Número robots</b>	<b>1</b>
<b>Tiempo restante</b>	<b>26,2523148</b>
<b>Porcentaje de disponibilidad</b>	<b>44%</b>

Tabla 34. Número de robots necesarios y su disponibilidad.  
(Fuente: Elaboración propia)

### Anexo VIII. Comparación de las alternativas en cuanto a los criterios considerados.

- **Criterios económicos:** los criterios económicos considerados tratan datos numéricos, por lo que la comparación se puede realizar de forma objetiva.
  - **Coste de cada AGV:** Se valora positivamente un coste más bajo de cada AGV, por lo tanto, se invertirán los valores de manera que será el coste menor el que obtendrá un mayor porcentaje.

Coste de cada AGV			
ALTERNATIVAS	X (€)	1/X	% Normalizado
Omron (LD-250)	47500	2,10526E-05	5,6184%
MTS tech (MIR250)	49200	2,03252E-05	5,4242%
Wheel_me (Genius)	3000	0,000333333	88,9574%

Tabla 35. Comparación de las alternativas en función del coste de cada AGV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Inversión total (5 años):** Se valora positivamente una inversión más baja por lo que se invertirán los valores de manera que será el coste menor el que obtendrá un mayor porcentaje.

Inversión total (5 años)			
ALTERNATIVAS	X (€)	1/X	% Normalizado
Omron (LD-250)	91200	1,09649E-05	38,8551%
MTS tech (MIR250)	92210	1,08448E-05	38,4295%
Wheel_me (Genius)	156000	6,41026E-06	22,7153%

Tabla 36. Comparación de las alternativas en función de la inversión total en 5 años.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Costes de mantenimiento:** Igual que en los casos anteriores se invertirán los valores ya que se valora positivamente el valor más bajo.

Costes de mantenimiento			
ALTERNATIVAS	X (€)	1/X	% Normalizado
Omron (LD-250)	7500	0,000133333	39,5636%
MTS tech (MIR250)	13250	7,54717E-05	22,3945%
Wheel_me (Genius)	7800	0,000128205	38,0419%

Tabla 37. Comparación de las alternativas en función de los costes de mantenimiento.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Renting Industrial:** En este caso se tratan también datos numéricos (precio por mes), pero también hay que considerar el tiempo en el que es aplicable la oferta, siendo mejor un tiempo mayor y un coste menor. Por lo tanto, se consideran los dos criterios.

Renting industrial						
ALTERNATIVAS	X = €/mes	Y= Tiempo (meses)	1/X	% Normalizado (1/X)	% Normalizado (Y)	% Total
Omron (LD-250)	1395	60	0,000716846	44,1130%	38,4615%	50,64%
MTS tech (MIR250)	1910	36	0,00052356	32,2187%	23,0769%	22,19%
Wheel_me (Genius)	2600	60	0,000384615	23,6683%	38,4615%	27,17%

Tabla 38. Comparación de las alternativas en función del renting industrial.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Vida útil:** Se valora positivamente un tiempo mayor de vida útil del producto.

Vida útil		
ALTERNATIVAS	X (años)	% Normalizado
Omron (LD-250)	5	33,3333%
MTS tech (MIR250)	5	33,3333%
Wheel_me (Genius)	5	33,3333%

Tabla 39. Comparación de las alternativas en función de la vida útil del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Criterios técnicos:** la valoración de los criterios técnicos considerados depende del juicio del decisor y por tanto se realizarán comparaciones pareadas mediante el método AHP, igual que se ha realizado anteriormente. Por lo tanto, también se calculará la ratio de consistencia para asegurarnos de que la subjetividad es aceptable.
- **Seguridad:** cada uno de los productos tiene diferentes elementos de seguridad, por lo que se valorará positivamente el producto que tenga mayor número de elementos de seguridad, así como su eficiencia.

Seguridad			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	1/2	4
MTS tech (MIR250)	2	1	5
Wheel_me (Genius)	1/4	1/5	1
SUMA	3,25	1,7	10

Tabla 40. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,31	0,29	0,40	0,33
0,62	0,59	0,50	0,57
0,08	0,12	0,10	0,10

Tabla 41. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=A <sub>x</sub> P
1,01
1,73
0,30

Tabla 42. Vector B de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

	B/PONDERACIÓN
	3,03
	3,04
	3,01
PROMEDIO	3,02

Tabla 43. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

CI	0,012328776
RI	0,58
CR	2,13%
CRmax	5%

Tabla 44. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $2,13\% < 5\%$ . Por lo tanto, las prioridades de cada uno de los productos con respecto a seguridad son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	33,39%
MTS tech (MIR250)	56,79%
Wheel_me (Genius)	9,82%

Tabla 45. Prioridades de las diferentes alternativas en función de la seguridad de cada una de ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Modificación de infraestructura:** se valorará positivamente el producto con el que la modificación de la infraestructura sea menor.

Modificación de infraestructura			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	1/2	1/5
MTS tech (MIR250)	2	1	1/4
Wheel_me (Genius)	5	4	1
<b>SUMA</b>	<b>8</b>	<b>5,5</b>	<b>1,45</b>

Tabla 46. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,13	0,09	0,14	0,12
0,25	0,18	0,17	0,20
0,63	0,73	0,69	0,68

Tabla 47. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

<b>B=AxP</b>
0,35
0,61
2,08

Tabla 48. Vector B de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

	<b>B/PONDERACIÓN</b>
	3,01
	3,02
	3,05
<b>PROMEDIO</b>	3,02

Tabla 49. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,01235173
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	2,13%
<b>CRmax</b>	5%

Tabla 50. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $2,13\% < 5\%$ . Por lo tanto, las prioridades de cada uno de los productos con respecto a modificación de infraestructura son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	11,79%
MTS tech (MIR250)	20,14%
Wheel_me (Genius)	68,06%

Tabla 51. Prioridades de las diferentes alternativas en función de la modificación de infraestructura que requieren.

(Fuente: Elaboración propia)

- **Área:** se valorará positivamente la alternativa que ocupe menor área.

Área			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	1/2	1/4
MTS tech (MIR250)	2	1	1/3
Wheel_me (Genius)	4	3	1
<b>SUMA</b>	7	4,5	1,583333333

Tabla 52. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,14	0,11	0,16	0,14
0,29	0,22	0,21	0,24
0,57	0,67	0,63	0,62

Tabla 53. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
0,41
0,72
1,89

Tabla 54. Vector B de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)

	B/PONDERACIÓN
	3,01
	3,01
	3,03
<b>PROMEDIO</b>	3,02

Tabla 55. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,00916863
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	1,58%
<b>CRmax</b>	5%

Tabla 56. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $1,58\% < 5\%$ . Por lo tanto, las prioridades de cada uno de los productos con respecto al área son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	13,73%
MTS tech (MIR250)	23,95%
Wheel_me (Genius)	62,32%

Tabla 57. Prioridades de las diferentes alternativas en función del área que ocupan.  
(Fuente: Elaboración propia)



- **Radio de giro:** se valorará positivamente el producto que opere con un radio de giro menor.

Radio de giro			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	1	1
MTS tech (MIR250)	1	1	1
Wheel_me (Genius)	1	1	1
<b>SUMA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Tabla 58. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,33	0,33	0,33	0,33
0,33	0,33	0,33	0,33
0,33	0,33	0,33	0,33

Tabla 59. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
1,00
1,00
1,00

Tabla 60. Vector B de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

	B/PONDERACIÓN
	3,00
	3,00
	3,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,00</b>

Tabla 61. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	0,00%
<b>CRmax</b>	5%

Tabla 62. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

Que la ratio de consistencia sea 0 quiere decir que la comparación es completamente objetiva, por lo que las prioridades de cada uno de los productos con respecto al radio de giro infraestructura son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	33,33%
MTS tech (MIR250)	33,33%
Wheel_me (Genius)	33,33%

Tabla 63. Prioridades de las diferentes alternativas en función de su radio de giro.  
(Fuente: Elaboración propia)

○ **Comunicación**

Comunicación			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	1	3
MTS tech (MIR250)	1	1	3
Wheel_me (Genius)	0,333333333	0,333333333	1
<b>SUMA</b>	<b>2,333333333</b>	<b>2,333333333</b>	<b>7</b>

Tabla 64. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,43	0,43	0,43	0,43
0,43	0,43	0,43	0,43
0,14	0,14	0,14	0,14

Tabla 65. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
1,29
1,29
0,43

Tabla 66. Vector B de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

B/PONDERACIÓN	
	3,00
	3,00
	3,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,00</b>

Tabla 67. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	0,00%
<b>CRmax</b>	5%

Tabla 68. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

De nuevo, las comparaciones realizadas poseen una objetividad del 100%, por lo que las prioridades de cada uno de los productos con respecto al radio de giro infraestructura son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	42,86%
MTS tech (MIR250)	42,86%
Wheel_me (Genius)	14,29%

Tabla 69. Prioridades de las diferentes alternativas en función de su comunicación.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Criterios operacionales:** en este caso los datos que tenemos de cada uno de los subcriterios son numéricos, por lo que las comparaciones serán completamente objetivas y se procederá como en el caso de los criterios económicos.

- **Autonomía:** se valorará positivamente una mayor duración de la batería.

Autonomía		
ALTERNATIVAS	X (horas)	% Normalizado
Omron (LD-250)	13	41,2698%
MTS tech (MIR250)	15	47,6190%
Wheel_me (Genius)	3,5	11,1111%

Tabla 70. Comparación de las alternativas en función de la autonomía del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Velocidad máxima:** se valorará positivamente una velocidad máxima mayor.

Velocidad máxima		
ALTERNATIVAS	X (m/s)	% Normalizado
Omron (LD-250)	1,2	25,5319%
MTS tech (MIR250)	2	42,5532%
Wheel_me (Genius)	1,5	31,9149%

Tabla 71. Comparación de las alternativas en función de la velocidad máxima del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Capacidad:** se valorará positivamente el producto capaz de levantar mayor peso.

Capacidad		
ALTERNATIVAS	X (kg)	% Normalizado
Omron (LD-250)	250	27,7778%
MTS tech (MIR250)	250	27,7778%
Wheel_me (Genius)	400	44,4444%

Tabla 72. Comparación de las alternativas en función de la capacidad del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Precisión:** se valorará positivamente una precisión mayor. Para ello habrá que invertir los valores.

Precisión			
ALTERNATIVAS	X (mm)	1/X	% Normalizado
Omron (LD-250)	10	0,1	20,0%
MTS tech (MIR250)	5	0,2	40,0%
Wheel_me (Genius)	5	0,2	40,0%

Tabla 73. Comparación de las alternativas en función de la precisión del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Altura:** se valorará positivamente una menor altura del producto.

Altura			
ALTERNATIVAS	X (mm)	1/X	% Normalizado
Omron (LD-250)	383	0,002610966	22,0%
MTS tech (MIR250)	383	0,002610966	22,0%
Wheel_me (Genius)	150	0,006666667	56,1%

Tabla 74. Comparación de las alternativas en función de la altura del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Criterios estratégicos:** al igual que pasaba con los criterios técnicos, la valoración de los criterios estratégicos depende del juicio del decisor, por lo que se seguirá de nuevo el método AHP para calcular las prioridades.

- **Flexibilidad de la frecuencia de movimientos:** se valora positivamente una mayor flexibilidad, sin embargo, todos los productos considerados son capaces de adaptarse de la misma forma a los cambios de la frecuencia de movimientos, por lo que sabemos que la prioridad es igual para los tres.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	33,33%
MTS tech (MIR250)	33,33%
Wheel_me (Genius)	33,33%

Tabla 75. Comparación de las alternativas en función de la flexibilidad de la frecuencia de movimientos del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Flexibilidad frente a modificaciones del layout:** en este caso pasa lo mismo que en el anterior, la flexibilidad frente a modificaciones del layout es igual para los tres productos. Todos ellos son capaces de adaptarse a las modificaciones. Por lo tanto, la prioridad será, de nuevo, igual para los tres.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	33,33%
MTS tech (MIR250)	33,33%
Wheel_me (Genius)	33,33%

Tabla 76. Comparación de las alternativas en función de la flexibilidad frente a modificaciones del layout del AIV.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Confianza en la tecnología:** se valorará positivamente una mayor confianza en la tecnología de cada uno de los tres proveedores.

Confianza en la tecnología			
ALTERNATIVAS	Omron (LD-250)	MTS tech (MIR250)	Wheel_me (Genius)
Omron (LD-250)	1	3	5
MTS tech (MIR250)	1/3	1	3
Wheel_me (Genius)	1/5	1/3	1
<b>SUMA</b>	1,533333333	4,333333333	9

Tabla 77. Matriz de decisión de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

MATRIZ NORMALIZADA			PONDERACIÓN
0,65	0,69	0,56	0,63
0,22	0,23	0,33	0,26
0,13	0,08	0,11	0,11

Tabla 78. Matriz de decisión normalizada y ponderada de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

B=AxP
1,95
0,79
0,32

Tabla 79. Vector B de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

	B/PONDERACIÓN
	3,07
	3,03
	3,01
<b>PROMEDIO</b>	3,04

Tabla 80. Vector C y su promedio de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>CI</b>	0,01935734
<b>RI</b>	0,58
<b>CR</b>	3,34%
<b>CRmax</b>	5%

Tabla 81. Valores del índice de consistencia, índice aleatorio y ratio de consistencia de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las comparaciones realizadas poseen una subjetividad aceptable ya que  $3,34\% < 5\%$ . Por lo tanto, las prioridades de cada uno de los productos con respecto al área son las siguientes.

ALTERNATIVAS	PRIORIDAD
Omron (LD-250)	63,33%
MTS tech (MIR250)	26,05%
Wheel_me (Genius)	10,62%

Tabla 82. Prioridades de las diferentes alternativas en función de la confianza que se tiene en ellas.  
(Fuente: Elaboración propia)

### Anexo IX. Simulación teórica del funcionamiento del AIV en la fábrica.

\*El proceso comienza teniendo llenos los bolsillos de los carros 2 y 3 en la inyectora 8.

\*Se muestra el caso en que todas las líneas estén en funcionamiento.

\*Los símbolos que aparecen en los paréntesis se corresponden con los símbolos de la [Ilustración 22](#). Se han utilizado para facilitar la comprensión de cada uno de los movimientos, al igual que los colores, que corresponden a los que se le han asignado a cada uno de los tipos de carro.

8:00

- Empieza llenado de carro 1 en inyectora 8. (⊗, RHD y LHD)
- Empieza montaje de piezas de carro 1. (■, RHD y LHD)
- Empieza llenado de bolsillos (carro 2) en inyectora 9. (⊗, RHD y LHD)
- Empieza llenado de brackets (carro 2) en inyectora 8. (⊗, RHD y LHD)
- Empieza montaje de piezas de carro 2. (■, RHD y LHD)
- Empieza llenado de bolsillos (carro 3) en inyectora 9. (⊗, RHD y LHD)
- Empieza llenado de brackets (carro 3) en inyectora 8. (⊗, RHD y LHD)
- Empieza montaje de piezas carro 3. (■, RHD y LHD)
- Empieza llenado de carro 4 en inyectora 9. (⊗)
- Empieza montaje de piezas carro 4. (■)
- Empieza llenado de carro 5 en inyectora 9. (⊗)
- Empieza montaje de piezas carro 5. (■)
- Robot lleva carro 3 a zona de montaje. (X → □, RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carro 2 a zona de montaje. (X → □, RHD y LHD) (9 min)
- Robot lleva carro 4 a zona de montaje. (X → □) (8 min)
- Robot lleva carro 5 a zona de montaje. (X → □) (8 min)
- Robot lleva carro 1 a zona de montaje. (X → □, RHD y LHD) (12 min)

9:12

- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ☒, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. (☒ → X, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. (X → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

9:36

- Terminan de llenar carro 2 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ☒, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 2 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)

- Carro vacío 2 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 2 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 2 llenos y sigue montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 2 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carros 2 llenos a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 2 a montaje. (✕ → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

10:00

- Terminan de llenar carro 4 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida (⊗ → ⊗) y cogen vacío. (● → ⊗)
- Empiezan a llenar carro 4 en inyectora 9. (⊗)
- Se vacía carro 4 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. (■ → ○)
- Cogen carro 4 lleno y sigue montaje. (□ → ■)
- Robot lleva carro vacío 4 a su sitio. (○ → ●) (7 min)
- Robot lleva carro 4 lleno a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕) (4 min)
- Robot lleva carro lleno 4 a montaje. (✕ → □) (Siguiendo FIFO) (4 min)

10:08

- Terminan de llenar carro 5 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida (⊗ → ⊗) y cogen vacío. (● → ⊗)
- Empiezan a llenar carro 5 en inyectora 9. (⊗)
- Se vacía carro 5 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. (■ → ○)
- Cogen carro 5 lleno y sigue montaje. (□ → ■)
- Robot lleva carro vacío 5 a su sitio. (○ → ●) (7 min)
- Robot lleva carro 5 lleno a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕) (2 min)
- Robot lleva carro lleno 5 a montaje. (✕ → □) (Siguiendo FIFO) (5 min)

10:24

- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ⊗, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. (✕ → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

11:00

- Terminan de llenar carro 1 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ⊗, RHD y LHD)
- Carro vacío 1 pasa a inyectora 8 y empieza llenado de piezas. (● → ⊗, RHD y LHD)

- Se vacía carro 1 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■→○, RHD y LHD)
- Cogen carros 1 llenos y sigue montaje. (□→■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 1 a su sitio. (○→●, RHD y LHD) (13 min)
- Robot lleva carros 1 llenos a su zona de almacenamiento. (⊠→✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 1 a montaje. (✕→□, RHD y LHD) (12 min)

11:12

- Terminan de llenar carro 2 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊠→⊠, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 2 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊠, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 2 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (●→⊠, RHD y LHD)
- Se vacía carro 2 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■→○, RHD y LHD)
- Cogen carros 2 llenos y sigue montaje. (□→■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 2 a su sitio. (○→●, RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carros 2 llenos a su zona de almacenamiento. (⊠→✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 2 a montaje. (✕→□, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

11:36

- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊠→⊠, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊠, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (●→⊠, RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■→○, RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. (□→■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. (○→●, RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. (⊠→✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. (✕→□, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

12:00

- Terminan de llenar carro 4 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida (⊠→⊠) y cogen vacío. (●→⊠)
- Empiezan a llenar carro 4 en inyectora 9. (⊠)
- Se vacía carro 4 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. (■→○)
- Cogen carro 4 lleno y sigue montaje. (□→■)
- Robot lleva carro vacío 4 a su sitio. (○→●)(7 min)
- Robot lleva carro 4 lleno a su zona de almacenamiento. (⊠→✕) (4 min)
- Robot lleva carro lleno 4 a montaje. (✕→□) (Siguiendo FIFO) (4 min)

12:16



- Terminan de llenar carro 5 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ ) y cogen vacío. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ )
- Empiezan a llenar carro 5 en inyectora 9. ( $\otimes$ )
- Se vacía carro 5 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ )
- Cogen carro 5 lleno y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ )
- Robot lleva carro vacío 5 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ ) (7 min)
- Robot lleva carro 5 lleno a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ ) (2 min)
- Robot lleva carro lleno 5 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ ) (Siguiendo FIFO) (5 min)

12:48

- Terminan de llenar carro 2 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 2 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. ( $\otimes, I.9 \rightarrow I.8$ , RHD y LHD)
- Carro vacío 2 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 2 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 2 llenos y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 2 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carros 2 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 2 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)
- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. ( $\otimes, I.9 \rightarrow I.8$ , RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

14:00

- Terminan de llenar carro 1 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Carro vacío 1 pasa a inyectora 8 y empieza llenado de piezas. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 1 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 1 llenos y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 1 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (13 min)
- Robot lleva carros 1 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 1 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (12 min)

- Terminan de llenar carro 4 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ ) y cogen vacío. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ )
- Empiezan a llenar carro 4 en inyectora 9. ( $\otimes$ )
- Se vacía carro 4 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ )
- Cogen carro 4 lleno y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ )
- Robot lleva carro vacío 4 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ )(7 min)
- Robot lleva carro 4 lleno a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ ) (4 min)
- Robot lleva carro lleno 4 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ ) (Siguiendo FIFO) (4 min)
- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. ( $\otimes$ , I.9  $\rightarrow$  I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

14:24

- Terminan de llenar carro 5 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ ) y cogen vacío. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ )
- Empiezan a llenar carro 5 en inyectora 9. ( $\otimes$ )
- Se vacía carro 5 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ )
- Cogen carro 5 lleno y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ )
- Robot lleva carro vacío 5 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ )(7 min)
- Robot lleva carro 5 lleno a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ ) (2 min)
- Robot lleva carro lleno 5 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ ) (Siguiendo FIFO) (5 min)
- Terminan de llenar carro 2 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 2 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. ( $\otimes$ , I.9  $\rightarrow$  I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 2 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 2 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 2 llenos y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 2 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carros 2 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 2 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

15:12

- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)

- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. (✕ → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

16:00

- Terminan de llenar carro 4 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida (⊗ → ⊗) y cogen vacío. (● → ⊗)
- Empiezan a llenar carro 4 en inyectora 9. (⊗)
- Se vacía carro 4 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. (■ → ○)
- Cogen carro 4 lleno y sigue montaje. (□ → ■)
- Robot lleva carro vacío 4 a su sitio. (○ → ●) (7 min)
- Robot lleva carro 4 lleno a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕) (4 min)
- Robot lleva carro lleno 4 a montaje. (✕ → □) (Siguiendo FIFO) (4 min)
- Terminan de llenar carro 2 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ⊗, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 2 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 2 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 2 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 2 llenos y sigue montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 2 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (11 min)
- Robot lleva carros 2 llenos a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 2 a montaje. (✕ → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

16:24

- Terminan de llenar carro 3 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. (⊗ → ⊗, RHD y LHD)
- Terminan de llenar bolsillos en carro 3 y lo pasan a inyectora 8 para empezar con el llenado de brackets. (⊗, I.9 → I.8, RHD y LHD)
- Carro vacío 3 pasa a inyectora 9 y empiezan a llenarlo con bolsillos. (● → ⊗, RHD y LHD)
- Se vacía carro 3 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. (■ → ○, RHD y LHD)
- Cogen carros 3 llenos y sigue el montaje. (□ → ■, RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 3 a su sitio. (○ → ●, RHD y LHD) (14 min)
- Robot lleva carros 3 llenos a su zona de almacenamiento. (⊗ → ✕, RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 3 a montaje. (✕ → □, RHD y LHD) (Siguiendo FIFO) (5 min)

16:32

- Terminan de llenar carro 5 en inyectora 9. Dejan carro en zona de recogida ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ ) y cogen vacío. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ )
- Empiezan a llenar carro 5 en inyectora 9. ( $\otimes$ )
- Se vacía carro 5 en montaje. Lo dejan en zona de recogida. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ )
- Cogen carro 5 lleno y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ )
- Robot lleva carro vacío 5 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ ) (7 min)
- Robot lleva carro 5 lleno a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ ) (2 min)
- Robot lleva carro lleno 5 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ ) (Siguiendo FIFO) (5 min)

17:00

- Terminan de llenar carro 1 en inyectora 8. Lo dejan en zona de recogida. ( $\otimes \rightarrow \boxtimes$ , RHD y LHD)
- Carro vacío 1 pasa a inyectora 8 y empieza llenado de piezas. ( $\bullet \rightarrow \otimes$ , RHD y LHD)
- Se vacía carro 1 en montaje. Esos carros se dejan en zona de recogida de carros vacíos. ( $\blacksquare \rightarrow \circ$ , RHD y LHD)
- Cogen carros 1 llenos y sigue montaje. ( $\square \rightarrow \blacksquare$ , RHD y LHD)
- Robot lleva carros vacíos 1 a su sitio. ( $\circ \rightarrow \bullet$ , RHD y LHD) (13 min)
- Robot lleva carros 1 llenos a su zona de almacenamiento. ( $\boxtimes \rightarrow \times$ , RHD y LHD) (5 min)
- Robot lleva carros llenos 1 a montaje. ( $\times \rightarrow \square$ , RHD y LHD) (12 min)

#### Anexo X. Programación del robot.

Como se ha explicado en el [Apartado 8.2](#), es necesario programar el robot para que se cumpla el FIFO en las zonas de almacenamiento de buffer. Para ello, se han dejado pasillos de suficiente anchura para que el robot pueda coger carros de distintas posiciones. La posición de la que tiene que coger el carro correspondiente en cada momento la determinará dicha programación.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que el robot cogerá carros de buffer cuando reciba un aviso de que una de las zonas de reserva de carros llenos en las zonas de montaje se ha quedado vacía. Y, por otro lado, traerá carros nuevos a buffer cuando reciba un aviso de que hay un nuevo carro lleno a la salida de la inyectora.

En segundo lugar, tendrá que tener en cuenta el tipo de carro que se le pide, que puede ser de 9 tipos (Tipo 1 RHD, Tipo 1 LHD, Tipo 2 RHD, Tipo 2 LHD, Tipo 3 RHD, Tipo 3 LHD, Tipo 4 DURO, Tipo 4 BLANDO o Tipo 5). Cada uno de los tipos de carro tiene un espacio asignado en el layout y un pasillo contiguo por donde puede pasar el robot.

En tercer lugar, hay que tener en cuenta cuántas posiciones de carros se tienen de un mismo tipo de carro:

- Tipo 1: 3 posiciones.
- Tipo 2: 5 posiciones.
- Tipo 3: 7 posiciones.
- Tipo 4: 4 posiciones.
- Tipo 5: 3 posiciones.

A partir de ahí, el robot necesitará saber la posición de la que ha cogido el último carro y actualizar su contador, hasta un máximo del número de posiciones de los diferentes tipos de carro. Cuando llegue a ese máximo, el contador se reiniciará.

De esta programación del robot se encarga el proveedor, sin embargo, en la siguiente ilustración se ha querido mostrar cómo sería esta programación en lenguaje C++.

```

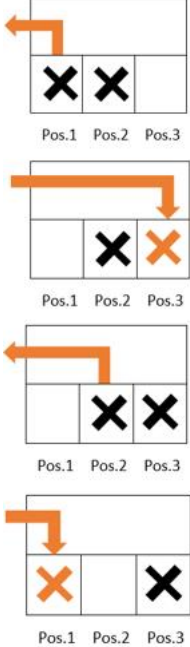
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main ()
6 {
7     bool AvR1R=false, AvR1L=false, AvR2R=false, AvR2L=false, AvR3R=false, AvR3L=false, AvR4D=false, AvR4B=false, AvR5=false; //Avisos en reserva. Inicialmente no hay avisos.
8     bool AvL1R=false, AvL1L=false, AvL2R=false, AvL2L=false, AvL3R=false, AvL3L=false, AvL4D=false, AvL4B=false, AvL5=false; //Avisos en inyectoras. Inicialmente no hay avisos.
9     int Cd1R = 1, Cd1L = 1, Cd2R = 1, Cd2L = 1, Cd3R = 1, Cd3L = 1, Cd4D = 1, Cd4B = 1, Cd5 = 1; //Inicialización a posición 1 en cada uno de los tipos de carro.(Desde buffer)
10    int C1Rmax = 3, C1Lmax = 3, C2Rmax = 5, C2Lmax = 7, C3Rmax = 7, C3Lmax = 7, C4Dmax = 4, C4Bmax = 4, C5max = 4; //Número de posiciones que hay de cada tipo de carro.
11    int Ch1R= C1Rmax, Ch1L= C1Lmax, Ch2R= C2Rmax, Ch2L= C2Lmax, Ch3R= C3Rmax, Ch3L= C3Lmax, Ch4D= C4Dmax, Ch4B= C4Bmax, Ch5= C5max; //Inicialización a última posición.(Hacia buff
12
13    int matrizCd[5][2] = {{Cd1R,Cd1L},{Cd2R,Cd2L},{Cd3R,Cd3L},{Cd4D,Cd4B},{Cd5,0}}; //matriz contador posiciones desde buffer hacia reserva.
14    int matrizCh [5][2] = {{Ch1R,Ch1L},{Ch2R,Ch2L},{Ch3R,Ch3L},{Ch4D,Ch4B},{Ch5,0}}; //matriz contador posiciones desde inyectora hacia buffer.
15    int matrizCmax [5][2] = {{C1Rmax,C1Lmax},{C2Rmax,C2Lmax},{C3Rmax,C3Lmax},{C4Dmax,C4Bmax},{C5max,0}}; //matriz de máximo del contador de cada tipo de carro.
16
17    float x=0;
18    while (x!= -9999) //mientras no se escriba -9999 el robot estará en ON esperando avisos.
19    {
20        cout<<"Para terminar escribe -9999:"<<"\n";
21        cout<<"Escribe el número del aviso:"<<"\n";
22        cin>> x;
23        if (x==1) //Aviso 1 corresponde a aviso de que falta carro tipo 1 RHD en reserva.
24        {
25            AvR1R=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 1 RHD en reserva.
26        }
27        if (x==2) //Aviso 2 corresponde a aviso de que falta carro tipo 1 LHD en reserva.
28        {
29            AvR1L=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 1 LHD en reserva.
30        }
31        if (x==3) //Aviso 3 corresponde a aviso de que falta carro tipo 2 RHD en reserva.
32        {
33            AvR2R=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 2 RHD en reserva.
34        }
35        if (x==4) //Aviso 4 corresponde a aviso de que falta carro tipo 2 LHD en reserva.
36        {
37            AvR2L=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 2 LHD en reserva.
38        }
39        if (x==5) //Aviso 5 corresponde a aviso de que falta carro tipo 3 RHD en reserva.
40        {
41            AvR3R=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 3 RHD en reserva.
42        }
43        if (x==6) //Aviso 6 corresponde a aviso de que falta carro tipo 3 LHD en reserva.
44        {
45            AvR3L=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 3 LHD en reserva.
46        }
47        if (x==7) //Aviso 7 corresponde a aviso de que falta carro tipo 4 DURO en reserva.
48        {
49            AvR4D=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 4 DURO en reserva.
50        }
51        if (x==8) //Aviso 8 corresponde a aviso de que falta carro tipo 4 BLANDO en reserva.
52        {
53            AvR4B=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 4 BLANDO en reserva.
54        }
55        if (x==9) //Aviso 9 corresponde a aviso de que falta carro tipo 5 en reserva.
56        {
57            AvR5=true; //Robot recibe aviso de que falta carro tipo 5 en reserva.
58        }
59        if (x==10) //Aviso 10 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 1 RHD en inyectora.
60        {
61            AvL1R=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 1 RHD en inyectora.
62        }
63        if (x==11) //Aviso 11 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 1 LHD en inyectora.
64        {
65            AvL1L=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 1 LHD en inyectora.
66        }
67        if (x==12) //Aviso 12 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 2 RHD en inyectora.
68        {
69            AvL2R=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 2 RHD en inyectora.
70        }
71        if (x==13) //Aviso 13 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 2 LHD en inyectora.
72        {
73            AvL2L=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 2 LHD en inyectora.
74        }
75        if (x==14) //Aviso 14 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 3 RHD en inyectora.
76        {
77            AvL3R=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 3 RHD en inyectora.
78        }
79        if (x==15) //Aviso 15 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 3 LHD en inyectora.
80        {
81            AvL3L=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 3 LHD en inyectora.
82        }
83        if (x==16) //Aviso 16 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 4 DURO en inyectora.
84        {
85            AvL4D=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 4 DURO en inyectora.
86        }
87        if (x==17) //Aviso 17 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 4 BLANDO en inyectora.
88        {
89            AvL4B=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 4 BLANDO en inyectora.
90        }
91        if (x==18) //Aviso 18 corresponde a aviso de que hay carro lleno tipo 5 en inyectora.
92        {
93            AvL5=true; //Robot recibe aviso de que hay carro lleno tipo 5 en inyectora.
94        }
95        if (x==0) //Aviso 0 reinicia robot.
96        {
97            AvR1R=false; AvR1L=false; AvR2R=false; AvR2L=false; AvR3R=false; AvR3L=false; AvR4D=false; AvR4B=false; AvR5=false;
98            AvL1R=false; AvL1L=false; AvL2R=false; AvL2L=false; AvL3R=false; AvL3L=false; AvL4D=false; AvL4B=false; AvL5=false;
99        }
100    bool matrizAvisoReserva [5][2] = {{(AvR1R,AvR1L),(AvR2R,AvR2L),(AvR3R,AvR3L),(AvR4D,AvR4B),(AvR5,false)}}; //matriz de avisos en reserva.
101    bool matrizAvisoLleno [5][2] = {{(AvL1R,AvL1L),(AvL2R,AvL2L),(AvL3R,AvL3L),(AvL4D,AvL4B),(AvL5,false)}}; //matriz de avisos en inyectora.
102    for (int i=0; i<5; i++) //recorrer todas las filas de las matrices de avisos para ver si hay algún aviso.
103    {
104        for (int j=0; j<2; j++) //recorrer todas las columnas de las matrices de avisos para ver si hay algún aviso.
105        {
106            if (matrizAvisoReserva [i][j] == true) { //si hay algún aviso en reserva:
107                cout<<"Robot tiene que coger carro de zona de carro tipo"<<(i+1)<<" ", "<<(j+1) <<" y posición" << matrizCd [i][j] <<"\n";
108                AvR1R=false; AvR1L=false; AvR2R=false; AvR2L=false; AvR3R=false; AvR3L=false; AvR4D=false; AvR4B=false; AvR5=false; //actualización
109                if (matrizCd [i][j] < matrizCmax [i][j]) { //si la posición de la que se ha llevado carro el robot no es la última entonces:
110                    matrizCd [i][j]= matrizCd [i][j] + 1; //contador se actualiza para que el robot vaya a la siguiente posición en el próximo aviso.
111                }
112                else { //si la posición de la que se ha llevado carro el robot es la última entonces:
113                    matrizCd [i][j]= 1; //contador se actualiza a la primera posición.
114                }
115                matrizAvisoReserva[i][j]=false; //el aviso ya está dado por lo que vuelve a false.
116            }
117            if (matrizAvisoLleno [i][j] == true) { //si hay algún aviso en inyectora:
118                cout<<"Robot tiene que llevar carro a zona de carro tipo"<<(i+1)<<" ", "<<(j+1) <<" y posición" << matrizCh [i][j] <<"\n";
119                AvL1R=false; AvL1L=false; AvL2R=false; AvL2L=false; AvL3R=false; AvL3L=false; AvL4D=false; AvL4B=false; AvL5=false; //actualización
120                if (matrizCh [i][j] < matrizCmax [i][j]) { //si la posición a la que ha llevado carro el robot no es la última entonces:
121                    matrizCh [i][j]= matrizCh [i][j] + 1; //contador se actualiza para que el robot vaya a la siguiente posición en el próximo aviso.
122                }
123                else { //si la posición a la que ha llevado carro el robot es la última entonces:
124                    matrizCh [i][j]= 1; //contador se actualiza a la primera posición.
125                }
126                matrizAvisoLleno[i][j]= false; //el aviso ya está dado por lo que vuelve a false.
127            }
128        }
129    }
130 }
131 }

```

Ilustración 20. Programación adicional del robot para que se cumpla el FIFO.  
(Fuente: Elaboración propia mediante el programa Dev C++)



Como se puede ver en el programa, el aviso 1 corresponde al aviso de que falta carro tipo 1 RHD en reserva y por tanto el robot tiene que ir a buscar un carro de este tipo a buffer; y el aviso 10 corresponde al aviso de que hay carro lleno tipo 1 RHD a la salida de la inyectora, y por tanto el robot tiene que ir a por él y llevarlo a buffer, dejándolo en la posición correcta. En la siguiente ilustración se ve un ejemplo de lo que pasaría para este tipo de carros.



```
Para terminar escribe -9999:
Escribe el numero del aviso:
1
Robot tiene que coger carro de zona de carro tipo1 , 1 y posicion1
Para terminar escribe -9999:
Escribe el numero del aviso:
10
Robot tiene que llevar carro a zona de carro tipo1 , 1 y posicion3
Para terminar escribe -9999:
Escribe el numero del aviso:
1
Robot tiene que coger carro de zona de carro tipo1 , 1 y posicion2
Para terminar escribe -9999:
Escribe el numero del aviso:
10
Robot tiene que llevar carro a zona de carro tipo1 , 1 y posicion1
Para terminar escribe -9999:
Escribe el numero del aviso:
```

Ilustración 21. Ejemplo de aplicación del programa.  
(Fuente: Elaboración propia)

## **Anexo XI. Ubicaciones de las pantallas a colocar para el nuevo método de suministro logístico y su función.**

Como se ha explicado en el [apartado 8.4](#) el lanzamiento de las tareas al AIV se hará a través de pantallas táctiles. En este anexo se explica el análisis realizado para determinar la cantidad de pantallas necesarias, así como su ubicación y las tareas que se podrán lanzar desde cada una de ellas.

Una de las pantallas se ubicará en la zona de dejada de carros vacíos (○), al lado de las zonas de montaje de puertas delanteras, siendo el operario que está en una de estas zonas el encargado de lanzar las tareas al robot. La tarea que se le dará al robot en este caso será el traslado del carro vacío correspondiente hacia su zona de almacenamiento, lo cual implicará también la tarea de traslado de un carro lleno de ese tipo desde la zona de almacenamiento de buffer hasta la zona de reserva (□). Esto es debido a que cuando el operario encargado del montaje vacía un carro, después de dejar dicho carro en la zona de vacíos, coge el carro de reserva que tiene en ese momento y es necesario reponer ese carro de reserva para tener asegurada la continuidad del montaje de puertas. Por lo tanto, las tareas que se podrán seleccionar en esta primera pantalla serán las siguientes:

- Traslado de carro vacío tipo 1 (RHD o LHD) y traslado de lleno a zona de reserva.
- Traslado de carro vacío tipo 3 (RHD o LHD) y traslado de lleno a zona de reserva.
- Traslado de carro vacío tipo 4 (duro o blando) y traslado de lleno a zona de reserva.
- Traslado de carro vacío tipo 5 y traslado de lleno a zona de reserva.

La segunda de las ubicaciones será la zona de dejada de carros vacíos (○), al lado de las zonas de montaje de puertas traseras, siendo el operario que se encuentra en esta zona el encargado de lanzar la tarea al robot. En este caso la tarea que se le da al robot será la misma que en el caso anterior, el traslado de carros vacíos hacia su zona de almacenamiento y el traslado del carro lleno correspondiente desde almacenamiento de buffer hasta la zona de reserva, pero ahora solo para los carros tipo 2 (RHD o LHD) ya que es el único tipo de carro que se emplea en esta zona.

La ubicación de la última de las pantallas será la zona donde se llenan los bolsillos de los carros tipo 2 y 3. Los operarios que en ese momento se encarguen de llenar esos carros serán también los encargados de darle las tareas al robot desde dicha pantalla. Las tareas que se le dan al robot en este caso son el traslado de los carros que se llenan a la salida de las inyectoras hacia la zona de almacenamiento de buffer. Para ello, los operarios encargados de llenar cada tipo de carro, una vez llenen un carro y lo dejen en su zona de recogida, le darán la orden al operario que se encarga de lanzar las tareas al robot de lanzar la tarea correspondiente. Por lo tanto, las tareas que se podrán seleccionar en esta pantalla serán las siguientes:

- Traslado de carro lleno tipo 1 (RHD o LHD).
- Traslado de carro lleno tipo 2 (RHD o LHD).
- Traslado de carro lleno tipo 3 (RHD o LHD).
- Traslado de carro lleno tipo 4 (duro o blando).
- Traslado de carro lleno tipo 5.

Gracias a este análisis se ha llegado a la conclusión de que son necesarias un total de 3 pantallas ubicadas en las zonas marcadas en la [ilustración 32](#). La ubicación de estas se ha buscado que sea lo más cerca posible de los operarios que van a lanzar las tareas, de manera que pierdan el menor tiempo posible.