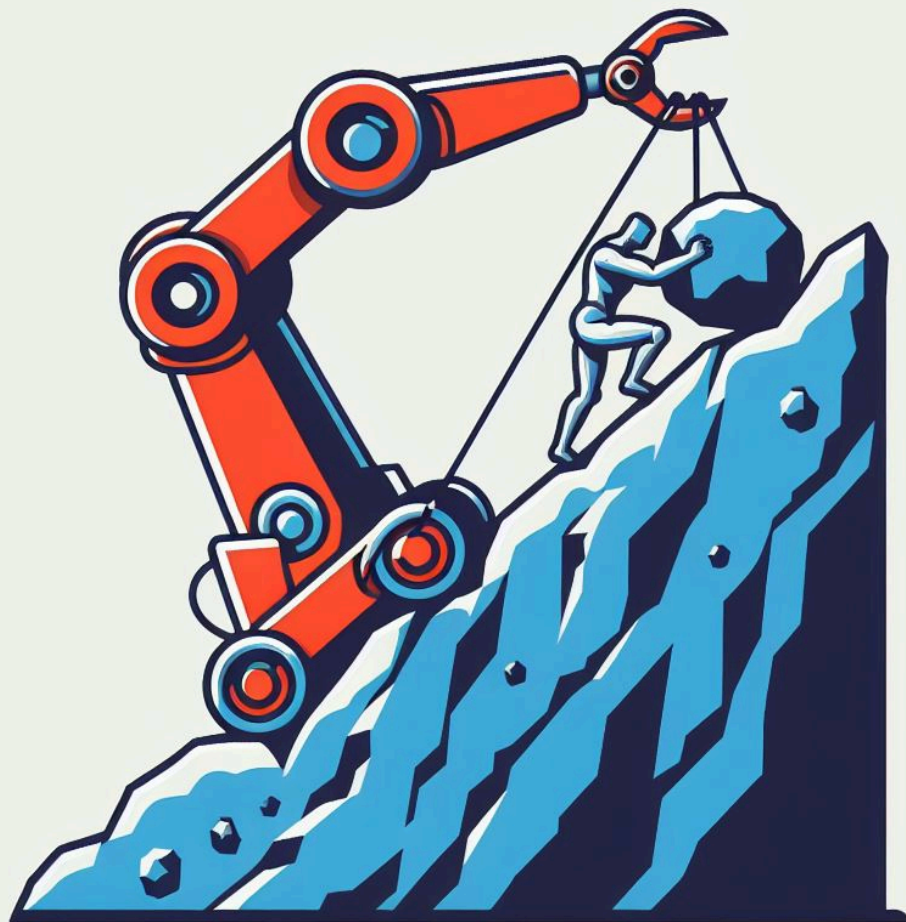


Proyecto automatización de paletizado

(PR2-A09)



Óscar Gandía Iglesias
Iker Ubide Muñoz
Miquel Benlloch Armijo
Mario Alonso de la Torre

Contacto: oganigl@etsinf.upv.es

Índice:

1. Introducción (-4-)

2. Propuesta de Automatización (-5-)

- a. Análisis de alternativas. (-5-)
- b. Objetivos del Proyecto. (-5-)
- c. Impactos Adicionales. (-7-)
- d. Límites y restricciones. (-8-)

3. Diseño de la Solución (-9-)

- a. Elementos que intervienen en el proceso. (-9-)
- b. Estrategias y algoritmos de programación avanzada. (-15-)
- c. Diseño de la persistencia de información. Modelos relacional (SQL) y/o jerárquicos (no-SQL) de datos. (-15-)
- d. Arquitectura/Diseño de una solución de integración. Diagramas de comunicación indirectas/colas de mensajería e identificación de temas/topics y documentos de intercambio. (-15-)
- e. Distribución del espacio de trabajo, incluyendo una disposición en planta. (-15-)

4. Desarrollo e Implementación (-17-)

- a. Gestión del proyecto. (-17-)
- b. Pruebas y validación. (-19-)
- c. Costes y beneficios. (-20-)

5. Normativa y regulación. Seguridad (-24-)

- a. Impacto en los puestos de trabajo. (-24-)
- b. Consideraciones de seguridad. (-24-)
- c. Cumplimiento de regulaciones y estándares. (-26-)

6. Desarrollo de Software y Algoritmos (-27-)

- a. Listado tecnológico. (-27-)
- b. Descripción de la implementación. (-27-)
- c. Esquema de la/s BBDD utilizada/s. (-36-)

7. Conclusiones y Recomendaciones (-37-)

8. Referencias (-38-)

9. Anexos (-38)



SINCE 2023

Resumen:

Durante este documento se explica el proyecto que hemos realizado durante el año en la asignatura de Proyecto 2. En las siguientes páginas se detalla nuestra propuesta de automatización, el diseño de la solución y su desarrollo mediante una simulación en RoboDK. En esta simulación, comprobamos el tiempo de ciclo y explicamos la distribución de la planta. Estas mejoras se verán reflejadas en el presupuesto detallado, donde analizamos los costes y beneficios, así como el ROI (Retorno de la Inversión).

Además, nos centraremos en las normativas necesarias para llevar a cabo nuestro proyecto y los impactos en los puestos de trabajo que tendría. También se destacará nuestro desarrollo de código para el ESP32S3, que representa sistemas empotrados dentro del proyecto, utilizando las técnicas aprendidas durante las clases. Adicionalmente, y de manera autodidacta, hemos creado una página web que se comunica con un ESP32S3 mediante MQTT para la feria de proyectos.

Finalmente, queremos expresar nuestro agradecimiento a los profesores que nos han ayudado y nos han permitido prosperar en nuestro trabajo.



SINCE 2023

1. Introducció

El proyecto planteado se sitúa en un almacén de dispositivos tecnológicos el cual quiere automatizar el proceso de realización de los pedidos de una determinada sección del almacén. La propuesta se divide en dos procesos, realizados cada uno por uno de los grupos implicados en el proyecto: preparación de los pedidos y paletizado.

1.1 DESARROLLO DEL CONTEXTO:

La empresa de tecnología X cuenta con un almacén en el cual guardan los dispositivos tecnológicos que posteriormente son repartidos a las tiendas de la propia empresa, en el presente cuenta con tres sucursales en marcha. Esta repartición se lleva a cabo mediante pedidos que realizan las tiendas al almacén para reabastecerse de dispositivos. En la actualidad, este proceso de realización de pedidos se procesa de la siguiente forma:

1. Una tienda realiza un pedido y se manda un aviso al almacén.
2. Un trabajador con la función de preparador de pedidos recoge los dispositivos de las estanterías en que están situados y los coloca en una caja del tamaño correspondiente.
3. La caja es cerrada y etiquetada por el personal de etiquetado y embalaje.
4. El empleado de envío coloca el pedido en el camión de transporte para su posterior distribución.

Este último año, la empresa ha observado un incremento notable en sus ventas el cual ha conllevado un aumento en la cantidad de pedidos y el tamaño de estos por parte de las tiendas. Además, la empresa tiene planeado abrir nuevas sucursales. Debido a este aumento de demanda, la empresa cree necesario agilizar el proceso de preparación y paletizado de los pedidos con tal de poder proveer satisfactoriamente a todas las tiendas. Es por ello por lo que han contactado con el departamento de logística de la empresa, representado por los integrantes de los grupos A4 y A9 de la asignatura de PROYECTO RII 2, en busca de una solución a este problema de logística.

Al departamento, por tanto, se le pide que idee una propuesta realista de automatización parcial o total del proceso de preparación de pedidos y paletizado de una sección del almacén encargada del procesamiento de pedidos de ciertos productos (auriculares, pulseras, fundas de teléfono, teléfonos, fundas de e-readers, e-readers, fundas de tablet y tablets).



SINCE 2023

2. Propuesta automatización

1) Análisis de alternativas:

Como posibles soluciones que descartamos está el uso de un robot UR10 en vez de la mesa giratoria y que este se encargue de hacer un pick & place y llevarlos a las cintas, al final de estas en cada cinta se encontraría un UR10 para ir paletizando cada tipo de caja en su pallet.

2) Objetivos del proyecto:

Descripción y funcionamiento del proceso tras su automatización.

El proceso empezará con la llegada de las cajas en una cinta transportadora, un escáner de etiquetas determinará su dirección dependiendo de su tamaño y su prioridad(*servicio premium). En caso de serlo un robot colaborativo la apartará en una cinta a parte para que la recoja un operario. Las cajas después de ser identificadas pasan por la cinta hasta una mesa rotatoria la cual gira hacia la cinta que le corresponda a cada caja. Después de esto las cajas van por las cintas hasta que se apilan tres y una herramienta de push las empuja hacia una mesa y así hasta que formen un tres por tres. Después de esto el robot las coge y las apila en el palet que le corresponda.

*Hay un robot colaborativo UR puesto para pedidos prioritarios (servicio Premium)

Objetivos específicos

Nuestros objetivos con esta implantación son los de aumentar el tiempo de paletizado por cajas y reducir los costes en logística por lote, debido al aumento de la producción en la empresa que ha motivado el proyecto.



SINCE 2023

Claves de éxito	Descripción	Objetivo
Tiempo de ciclo	Reducción del tiempo de ciclo respecto al actual	50%
Tiempo previo	Tiempo preparación previo a la jornada	40 min
Utilización KUKA	Tiempo trabajo Kuka por tiempo de ciclo	90%
Costes Mantenimiento	Costes de mantenimiento y seguimiento máximo esperado al mes	2000€
Coste energético	Costes máximos esperados al mes	1500€
Coste por unidad	Reducción de coste por unidad respecto a la instalación anterior(estimado)	33%
Ahorro de costes de sueldos de operarios	Ahorro esperado de empleados prescindidos por la automatización en un mes	2.750€
Aumento seguridad	Reducción de accidentes	99%

Los datos relacionados con el tiempo se han obtenido mediante una simulación fiel de un nuevo entorno de trabajo integrado a la planta donde se incorporará.
Los costes monetarios se han llegado a obtener mediante estimaciones generadas por una inteligencia artificial. También se ha añadido costes aproximados de los recursos energéticos y mantenimiento de máquinas específicas.
Juntando todas estas variables se estima un abaratamiento del producto final.



SINCE 2023

3) Impactos adicionales:

a) Impacto ambiental:

- Eficiencia energética: La automatización reduce el consumo de energía al optimizar el uso de equipos y sistemas más eficientes
- Reducción de residuos: La automatización contribuye a minimizar los errores inherentes a la intervención humana.

b) Impacto tecnológico:

- Inversión en tecnología: Se requiere una inversión en equipos como robots colaborativos, sistemas de escaneo de etiquetas y cintas transportadoras automatizadas.
- Actualización y mantenimiento: Se dispone un plan para actualizar y mantener la tecnología utilizada.
- Integración de sistemas: La automatización implica la integración de sistemas para garantizar una operación sin problemas.

c) Impacto logístico:

- Eficiencia operativa: La automatización puede reducir los tiempos de procesamiento y aumentar la precisión en la preparación de pedidos, mejorando la eficiencia operativa.
- Gestión de inventario: Los sistemas automatizados pueden proporcionar datos en tiempo real para una mejor gestión del inventario.
- Flexibilidad: Los sistemas automatizados pueden ofrecer una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda y en el tamaño de los pedidos.

d) Impacto salarial:

- Reasignación de personal: Es posible que parte del personal deba ser reasignado o reentrenado para tareas más especializadas o de supervisión.
- Reducción de mano de obra: Reducción de mano de obra para tareas manuales repetitivas.

*En conclusión, la automatización puede tener un impacto significativo en diferentes áreas, desde la eficiencia operativa hasta la mano de obra requerida, y es importante considerar estos aspectos al implementar el proyecto.



SINCE 2023

4) Límites y restricciones del proyecto.

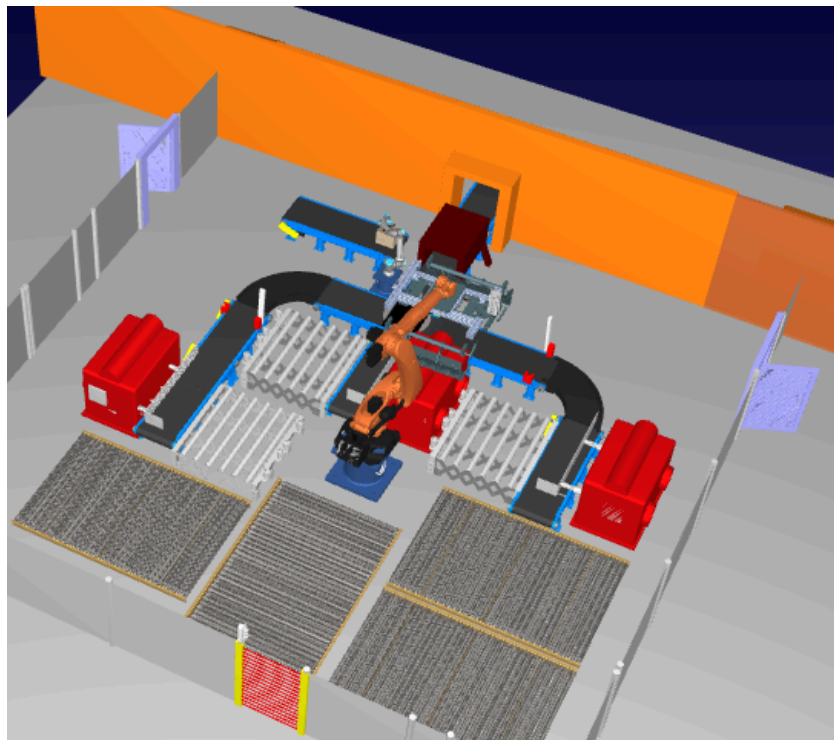
- **Recursos financieros limitados:** La disponibilidad de fondos podría limitar la escala y alcance de la automatización que se puede implementar.
- **Espacio físico:** Las limitaciones de espacio en el almacén podrían restringir la instalación de equipos y maquinaria adicionales necesarios para la automatización.
- **Compatibilidad tecnológica:** Es posible que ciertos sistemas existentes en el almacén no sean compatibles con las soluciones de automatización propuestas, lo que podría requerir inversiones adicionales en integración tecnológica.
- **Capacidad de adaptación del personal:** Algunos empleados pueden enfrentar desafíos para adaptarse a los nuevos sistemas automatizados, lo que puede requerir capacitación adicional y ajustes en las responsabilidades laborales.
- **Regulaciones y estándares de seguridad:** La implementación de sistemas automatizados debe cumplir con regulaciones y estándares de seguridad laboral para garantizar un entorno de trabajo seguro para los empleados.
- **Disponibilidad de proveedores y tecnología:** La disponibilidad de proveedores confiables y tecnologías maduras puede limitar las opciones de soluciones de automatización disponibles.
- **Tiempo de implementación:** El tiempo necesario para implementar completamente la automatización podría ser un factor limitante, especialmente si se requiere continuar operando el almacén durante la transición.
- **Resistencia al cambio:** La resistencia al cambio por parte de los empleados o la cultura organizacional puede obstaculizar la implementación exitosa de la automatización.



3. Diseño de la solución

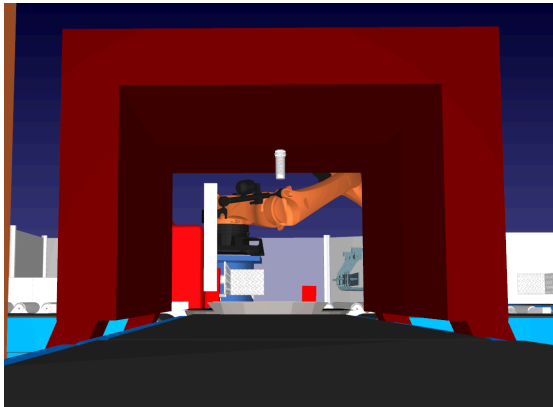
1) Elementos que intervienen en el proceso

- a. Lector detector
- b. Cintas transportadoras
- c. Cinta transportadora giratoria
- d. ESP 32 S3
- e. Robot KUKA-KR-150-R3700-K-ultra
- f. Robot colaborativo UR10e
- g. Barreras
- h. Roller table
- i. Herramientas push
- j. Sensores
- k. Garra/Herramienta Robot
- l. Curva Cinta



A. Lector de etiquetas

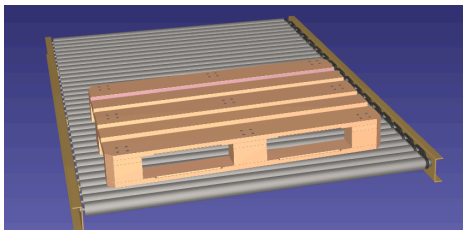
Objeto modelado por nosotros que se “encarga” de la lectura de etiquetas y mandar una señal a la mesa para que esta gire según el tipo de caja (small,medium,big)



B. Cinta transportadora:

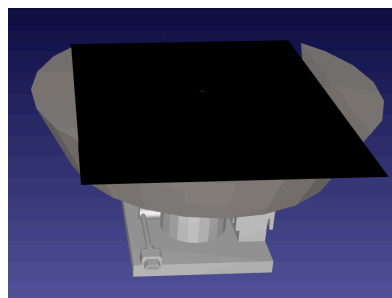
Usada para transportar las cajas, usadas en gran parte del proceso. Las cajas desde que salen y ya son identificadas pasan las cintas donde ahí se separan y se llevan a las mesas para el paletizado.

Además hemos mecanizado una cinta transportadora que era stl para que sea lo suficientemente ancha para que quepan los pallets. De este tipo tenemos 4, una por donde vienen los pallets vacíos, y 3 para que una vez relleno el pallet este se vaya por la cinta.



C. Cinta transportadora giratoria:

Para ello, hemos modelado en 3D la mesa, y en RoboDK la hemos convertido en mecanismo para que rote la cinta que tiene adherida. Esto, nos permite mover las cajas a la cinta correspondiente según el tamaño de esta



D. ESP 32-S3 :

El módulo ESP32 es una solución de Wi-Fi/Bluetooth todo en uno, integrada y certificada que proporciona no solo la radio inalámbrica, sino también un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periféricos.

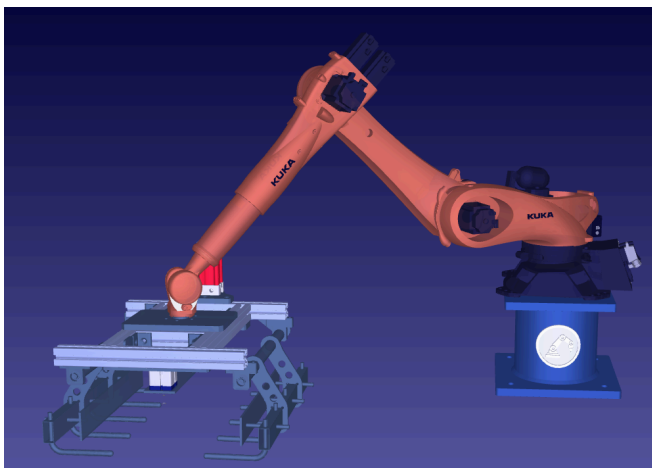
Usaremos dos ESP32 que se encargaran del buen funcionamiento del proceso de automatización. El primero se encargará de leer los códigos QR de las cajas y mandar la información al ur3 (en el caso de ser urgente) o al ESP32 conectado a la mesa giratoria esta se encargará de detectar la presencia de un objeto y de girar a la cinta adecuada según el tipo de caja.

[Ficha técnica](#)



E. Robot KUKA-KR-150-R3700-K-ultra:

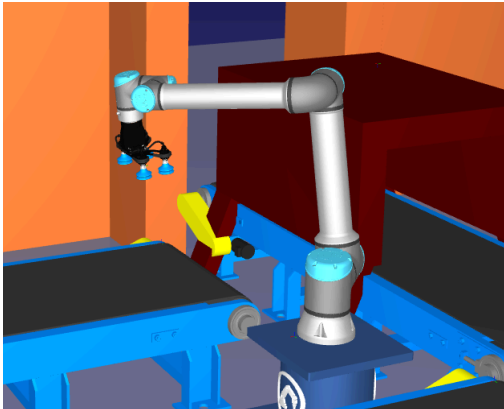
Robot antropomórfico con muñeca en línea, 6 ejes y 6 GDL (grados de libertad). Tiene un alcance de 3701 por lo que es óptimo para nuestro proceso ya que el alcance es suficientemente largo. Con un peso de 1200 Kg y una carga máxima de 200 Kg es robusto, pero está capacitado para levantar las cajas sin problemas y llegar perfectamente a los tiempos previstos. [Ficha técnica](#)



SINCE 2023

F. Robot colaborativo UR10e

El UR10e es un robot industrial colaborativo extraordinariamente versátil que ofrece una gran carga útil (12,5 kg) de elevación y un largo alcance (1300 mm), por lo que es ideal para una amplia gama de aplicaciones, como la alimentación de máquinas, el paletizado y el embalaje. [Ficha técnica](#)



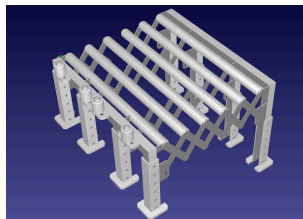
G. Barrera:

Para dar una mayor robustez a nuestro proceso de automatización hemos modelado una barrera y convertido en mecanismo para que se abra y cierre. Durante el push cerramos la barrera para que las cajas no pasen.



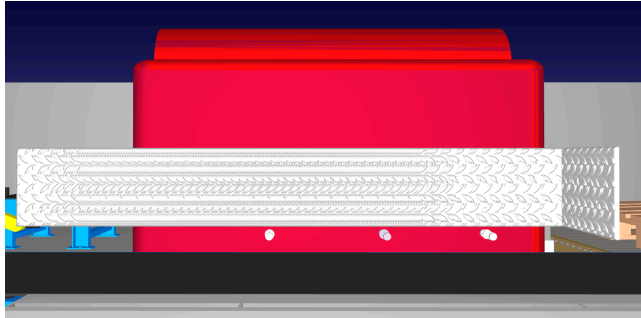
H. Roller Table:

Al elegir una herramienta que coge las cajas por debajo hemos necesitado encontrar una mesa adecuada. Aprovechando el espacio entre sus tubos la herramienta del robot se coloca en la posición más cómoda para recoger las cajas. Además al ser una mesa con rodillos y estar levemente inclinada hacia abajo al hacer el push las cajas se van posicionando al final de la mesa.



I. Herramienta push:

Hemos modelado una herramienta que sea capaz de parar las cajas en una posición de la cinta y empujar las 3 cajas a la roller-table.. Nuestra referencia es este [video](#), donde ellos sacan las cajas de una forma que no identificamos, pero la simulamos con nuestra herramienta push.



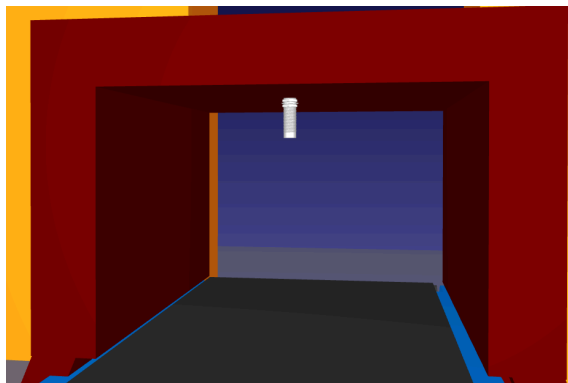
J. Sensores:

En nuestra estación contamos con diversos sensores colocados de manera estratégica para hacer más veraz la estación. Contamos con un UltraSonidos en el lector de etiquetas. Cada caja tiene una altura diferente por lo que un Ultrasonidos nos permite confirmar que la lectura ha sido correcta y si se diera el caso de que no se diera una lectura sea el ultrasonidos el que clasifique según el tipo de caja mientras se soluciona el problema.

Además contamos con un sensor capacitivo en cada semáforo para contar el número de cajas que van pasando y cuando este se tiene que cerrar. Y 3 por cada armario del push que comprueba que las 3 cajas están colocadas para realizar el push.

Finalmente hemos puesto una puerta con sensores de barrera para que en caso de que el operario tenga que entrar a solucionar un problema del robot, al pasar por la puerta se paren todos los mecanismos del sistema.

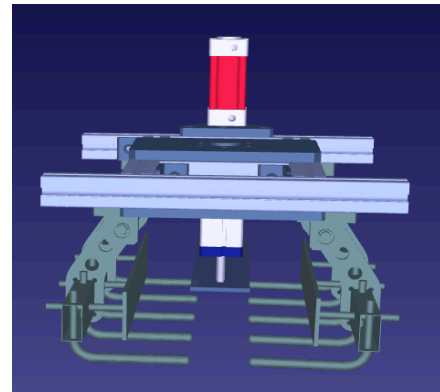
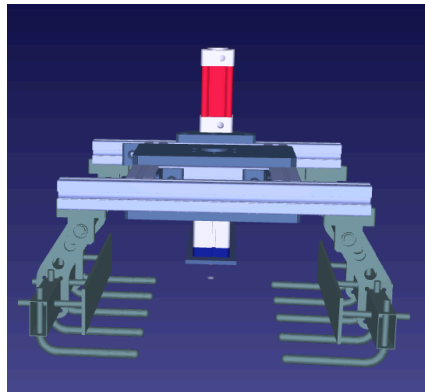
(Estos sensores no tienen una utilidad per se en la estación virtual ya que usamos variables, pero en una estación real serían imprescindibles para el buen funcionamiento del proceso)



SINCE 2023

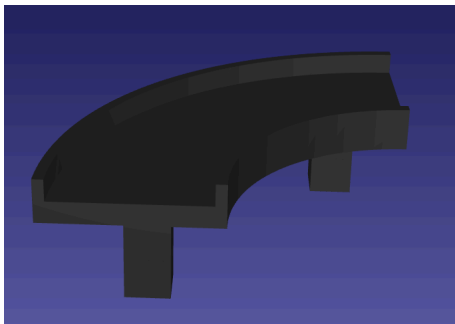
K. Garra/Herramienta Robot

Una garra también modelada por nosotros a partir de un objeto stl. La garra se compone de varios mecanismos que hacen que su funcionamiento sea coger por tracción lateral las cajas. Además tiene como variante una especie de pala que baja para sujetar mejor las cajas.



L. Curva Cinta

Para que todas las cajas acaben en posiciones cercanas al robot hemos modelado una curva para que las cajas giren sobre esta y así todas se encuentren relativamente cerca del robot.



2) Estrategias y algoritmos de programación avanzada:

Debido a nuestra propuesta, no se nos ha dado el caso en el que usamos programación voraz ni dinámica. Sin embargo al ir ejecutando varios scripts a la vez hemos tenido en RoboDK que crear un sistema que actúe como semáforo para que controlar el orden en el que se ejecutan los scripts. Además en el Arduino hemos usado tareas para realizar las acciones periódicas como: Leer el código QR, comprobar si se ha tocado una tecla para la feria de proyecto, comprobar si una caja ha llegado a la mesa giratoria.

3) Diseño de la persistencia de información. Modelos relacional (SQL) y/o jerárquicos (no-SQL) de datos

Sería buena idea que tanto los datos del cliente, Pedido y paquetes se queden guardados en una base de datos y así poder hacer estudios de qué piden nuestros clientes, y otros relacionados para mejorar la productividad y el marketing.

Estos datos se pueden guardar en una base de datos SQL relacional que intervenga clientes pedidos y paquetes y podamos acceder a todos los datos a partir de Queries. El diseño de esta base de datos se detalla en la parte de software.

4) Arquitectura/Diseño de una solución de integración.

Diagramas de comunicación indirectas/colas de mensajería e identificación de temas/topics y documentos de intercambio

Para la comunicación hemos utilizado distintos topics los cuales en un futuro podrán ser escalables:

"giirob/pr2/PackRobotic_station/id/esp32S3/id/tipo_caja"

Envía: un JSON que contiene dos datos el primero un bool sobre si el pedido es urgente o no y el segundo un string sobre el tamaño("small", "big", "medium").

//Este topic lo utilizamos para que los esp32s3 encargados del código QR envíen la información del tipo de caja al robot UR3 y a la mesa giratoria para que actúen adecuadamente a la caja.

"giirob/pr2/packrobotics/web_mqtt/id/Compra_productos"

Envía: char(un carácter de 0-9 de A-D o '*' y '#') los botones de la membrana

//Este topic lo utilizamos para que el ESP32S3 que vamos a poner en la feria se comunique con la web para comprar productos que hemos desarrollado.

"giirob/pr2/packrobotics/Esp32S3/id/Urgencia"

Este Topic lo usamos para que el primer ESP32S3 envíe la urgencia del pedido al segundo ESP32S3. Para ello enviará un string de un carácter un 0 si no es urgente y un 1 si es urgente.



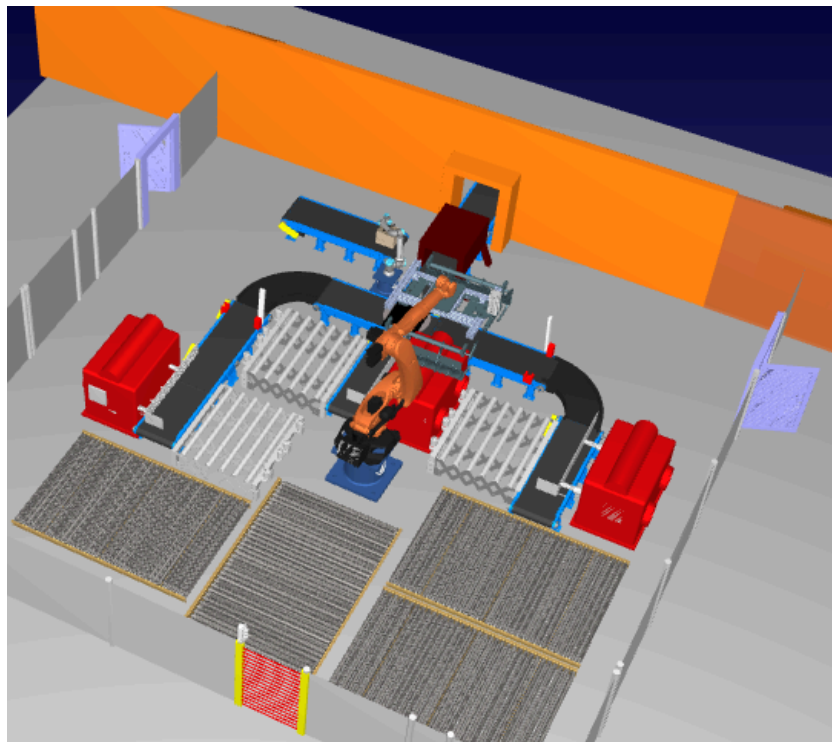
SINCE 2023

5) Distribución del espacio de trabajo, incluyendo una disposición en planta.

Como se puede ver en la imagen todas las cajas vienen por una cinta principal y después de leer el código QR, dependiendo del tipo irán por una cinta. La más cercana al Ur10 es la de pedidos urgentes, de izquierda a derecha tenemos la cinta de paquetes small, grandes y medianos.

Como se puede observar cada cinta tiene un semáforo para evitar problemas y una máquina push que se encarga de empujar las cajas una vez que hay 3. El robot se encuentra céntrico para poder llegar tanto a las mesas como a los pallets.

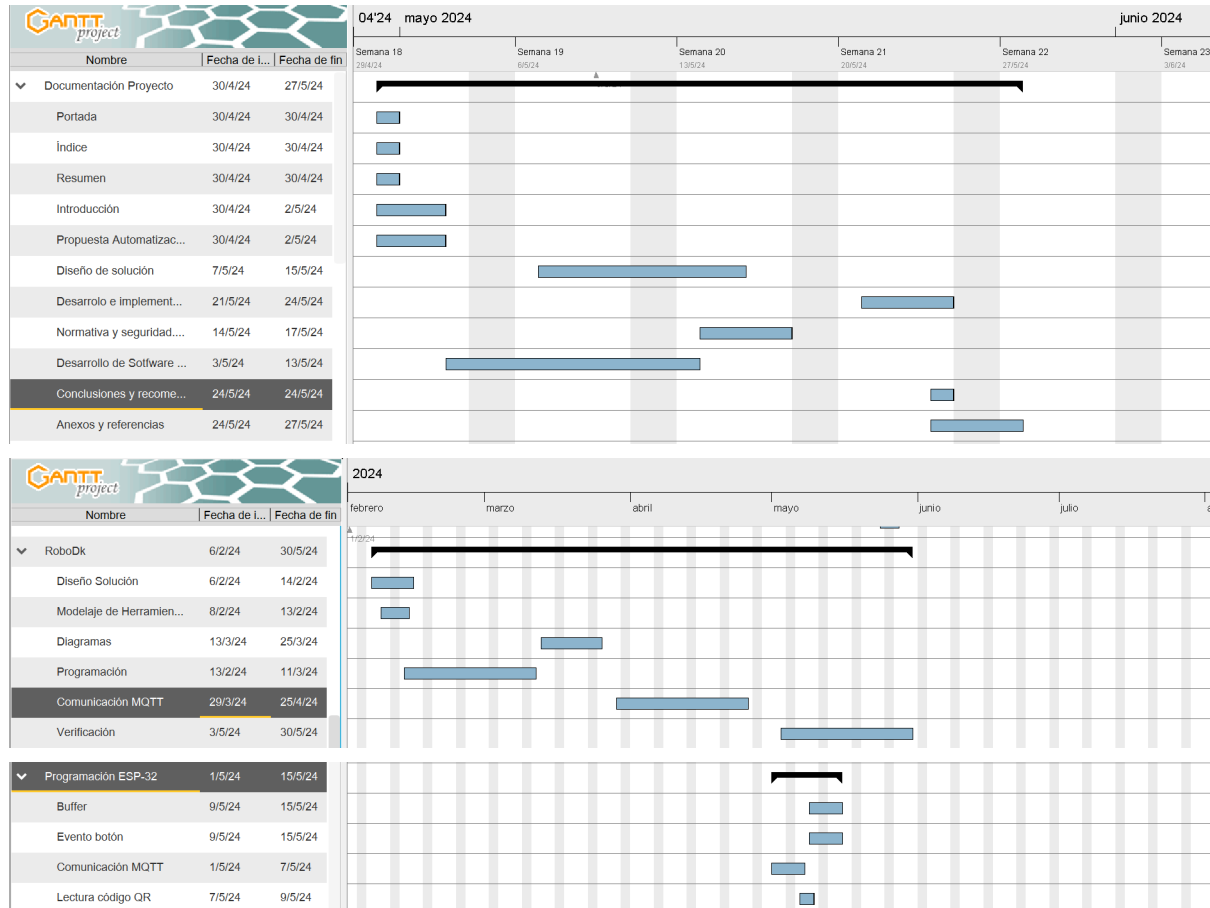
Un papel crucial juegan las puertas habiendo una en cada lado y una en el centro para que en el caso de que haya cualquier avería el operario pueda entrar, la del centro al ser la más cercana al Robot KUKA (paletizado) cuenta con sensores de haz de luz para que cuando entre un operario se apague el Robot, además hemos añadido un semáforo que monitorea el estado del robot en cada momento.



4. Desarrollo e implementación

1) Gestión del proyecto

Se encuentra en el gantt adjunto.



. A continuación, se detallan los entregables necesarios típicamente incluidos en un proyecto de automatización.

1. Documentación Técnica

- Manual de Usuario:

- Descripción general del sistema.
- Instrucciones detalladas sobre cómo operar el sistema.
- Procedimientos para iniciar y detener el sistema.
- Instrucciones de uso para cada componente del sistema (robots, cintas transportadoras, lector qr , etc.).

- Manual de Mantenimiento:



SINCE 2023

- Procedimientos de mantenimiento preventivo.
- Instrucciones para la revisión regular de los equipos.
 - Manual de Programación:
 - Descripción de los programas de control de los robots.
 - Instrucciones para modificar y actualizar el software de control.
 - Ejemplos de código y scripts utilizados(con su explicación).
 - Documentación de las interfaces de programación de aplicaciones (API) .
 - Esquemas de Cableado:
 - Diagramas detallados de la distribución eléctrica.
 - Conexiones entre todos los dispositivos del sistema (robots, sensores, actuadores, controladores, etc.).
 - Especificaciones de los cables y conectores utilizados.
 - Instrucciones para el cableado y la instalación eléctrica.
 - Planos de Diseño:
 - Diagramas de disposición física de todos los componentes en el almacén.
 - Planos de las estructuras de soporte y montajes.
 - Instrucciones de instalación y montaje.

2. Software y Sistemas de Control

- Código Fuente del Software:
 - Programas de control de los robots y otros dispositivos automatizados.
- Licencias de Software:
 - Detalles de las licencias de cualquier software de terceros utilizado.
 - Instrucciones para la activación y renovación de las licencias.

3. Formación y Capacitación

- Materiales de Capacitación:
 - Manuales y guías para la formación del personal.
 - Presentaciones y vídeos instructivos.
 - Ejercicios y actividades prácticas para los operadores y el mantenimiento.

4. Procedimientos de Seguridad

- Manual de Seguridad:
 - Procedimientos de seguridad para la operación de equipos automatizados.
 - Instrucciones de respuesta ante emergencias.



SINCE 2023

- Protocolos de seguridad específicos para cada componente del sistema.
- Listado de equipos de protección personal (EPP) recomendados.
- Evaluaciones de Riesgos:
- Informes detallados de las evaluaciones de riesgos realizadas.
- Medidas de mitigación de riesgos implementadas.
- Procedimientos para la revisión y actualización periódica de la evaluación de riesgos.

5. Garantías y Soporte

- Documentación de Garantías:
- Detalles de las garantías de todos los equipos y componentes.
- Plan de Soporte Técnico:
- Información de contacto para el soporte técnico.

2) Pruebas y Validación

Para comprobar nuestro proyecto de automatización hemos hecho uso de la simulación de RoboDK en la que hemos podido resolver los fallos de código y el tiempo de Ciclo de la nueva planta. Y lo hemos comparado con una simulación que hicimos nosotros mismos simulando a un operario.

Como esperábamos los resultados han sido los adecuados ya que al comparar el proceso automatizado con cómo sería si fueran operarios los que realizan el trabajo podemos observar como ha decrecido considerablemente el tiempo de ciclo (50%)

[Comparativa simulación](#) (pdf)

1. Confirmar la Operatividad:(*Con la simulación*)

- El sistema o equipo funciona de manera efectiva en el entorno operativo real.
- Todos los subsistemas (hardware y software) interactúan correctamente.

2. Cumplimiento de Especificaciones:

- El sistema cumple con todas las especificaciones técnicas y funcionales acordadas.
- Se han implementado todas las características y funcionalidades solicitadas.

3. Pruebas de Rendimiento:



SINCE 2023

- Hemos realizado pruebas de rendimiento para garantizar que el sistema puede manejar la carga y el ritmo de trabajo requeridos.
- Hemos evaluado la eficiencia y la capacidad del sistema en condiciones normales y extremas de operación.

4. Seguridad y Conformidad:

- Hemos comprobado que el sistema cumple con todas las normas y regulaciones de seguridad.
- Hemos verificado que se han implementado todas las medidas de seguridad necesarias para proteger al personal y al equipo.

3) Coste y Beneficios

Presupuesto total:

Equipamiento	Unidades	Precios
Ur10e	1	38.853,5€
Robot KUKA-KR-150-R3700-K-ultra	1	78.000€
Esp32-s3	8	111,92€
Cinta transportadora	5 metros	14.000€
Sensor ultrasonidos	1	40€
Cámara visión ESP-32	1	7€
Sensor presencia	9	270€
Lector códigos QR	1	230€
Mesa rotatoria	1	7.500€
Herramienta empuje	3	12.000€
Software gestión de almacenes	-	20.000/50.000€



SINCE 2023

Sistemas de integración y control	-	15.000€
Instalación eléctrica y cableado	-	5.000/15.000€
Soportes y estructuras	-	5.000€
Personal (Capacitación)	-	10.000€
Total	-	226.012,42€

***Mano de obra y Capacitación personal**

1. Ingeniería y Diseño del Sistema

El diseño del sistema y la ingeniería son etapas fundamentales en la implementación de la automatización. Estas tareas son llevadas a cabo por ingenieros de sistemas y consultores especializados en automatización. Los ingenieros de sistemas serán responsables de desarrollar y diseñar el esquema completo del sistema automatizado, asegurando que todos los componentes trabajen en armonía. Este diseño incluye la planificación de la disposición de las cintas transportadoras, los robots, los escáneres de etiquetas, las mesas rotatorias y otros equipos necesarios.

Ingenieros de Sistemas:

El costo asociado al trabajo de los ingenieros de sistemas se estima entre 20.000€ y 40.000€ . Esta inversión cubre la planificación detallada, el diseño de diagramas de flujo del proceso, la selección de tecnologías adecuadas y la integración de sistemas de software y hardware.

Consultores de Automatización:

Además de los ingenieros de sistemas, se requerirá la consulta con expertos en automatización. Estos consultores proporcionarán conocimientos especializados sobre las mejores prácticas, las tecnologías más avanzadas y la optimización del sistema automatizado. El costo de estos servicios de consultoría se estima entre 10.000€ y 20.000€.

2. Instalación y Configuración

Una vez que el diseño del sistema ha sido completado, el siguiente paso es la instalación y configuración de los equipos necesarios. Esta etapa implica la colocación física de las cintas transportadoras, los robots, los escáneres y otros componentes, así como la programación de estos dispositivos para que funcionen de manera coordinada.



SINCE 2023

Técnicos de Instalación de Equipos:

Los técnicos especializados en la instalación de equipos serán responsables de montar y conectar todos los componentes del sistema. Esta tarea incluye asegurar que todos los equipos estén correctamente alineados y funcionando según las especificaciones. Los costos asociados con la instalación de los equipos se estiman entre 10.000€ y 20.000€.

Especialistas en Programación y Configuración de Robots:

Una vez que los equipos están instalados, los especialistas en programación y configuración de robots entran en acción. Su labor consiste en programar los robots para que realicen tareas específicas, como el movimiento preciso de las cajas, la clasificación de pedidos y el paletizado. También configuran los sistemas de control y garantizan que todos los elementos trabajen en conjunto de manera eficiente. El costo de esta etapa se estima entre 15.000€ y 30.000 €.

3. Capacitación del Personal

Con la instalación y configuración del sistema automatizado completadas, es esencial capacitar al personal del almacén para que puedan operar y mantener los nuevos sistemas. La capacitación adecuada asegura que los operadores y mantenedores comprendan completamente cómo usar los equipos y cómo resolver problemas menores que puedan surgir.

Capacitación para Operadores y Mantenedores:

La capacitación para el personal incluirá instrucciones detalladas sobre el funcionamiento de los robots, el uso de las cintas transportadoras y los procedimientos de seguridad. También se cubrirán temas de mantenimiento preventivo y resolución de problemas comunes. Se estima que los costos de esta capacitación oscilan entre 5.000€ y 10.000€.

4. Pruebas y Puesta en Marcha

La fase final de la implementación es la realización de pruebas y la puesta en marcha del sistema automatizado. Este paso es crucial para asegurar que todo funcione según lo planeado y para realizar ajustes finales.

Pruebas de Aceptación del Sistema (SAT):

Las pruebas de aceptación del sistema (SAT) involucran la verificación de que todos los componentes del sistema funcionen correctamente bajo condiciones reales de operación. Estas pruebas garantizan que el sistema cumpla con los requisitos especificados y que esté listo para su uso. Los costos asociados con las pruebas de aceptación se estiman entre 5.000€ y 10.000€.



SINCE 2023

Puesta en Marcha y Ajustes Finales:

Después de las pruebas de aceptación, se realiza la puesta en marcha del sistema, que incluye cualquier ajuste final necesario para optimizar el rendimiento del sistema. Esto puede incluir ajustes en la programación de los robots, calibración de los escáneres de etiquetas y verificación de la correcta integración del software de gestión de almacenes. Los costos para esta etapa final se estiman entre 5.000€ y 10.000€.

Análisis de Retorno de la Inversión (ROI) para la Automatización del Almacén

Para determinar cuánto tiempo se tardará en rentabilizar la inversión en la automatización del almacén de la empresa de tecnología X, es necesario calcular el Retorno de la Inversión (ROI). Este cálculo depende de varios factores, incluidos los costos totales de automatización, los ahorros anuales esperados en costos operativos y el incremento en la eficiencia y productividad.

Basándonos en las estimaciones anteriores tenemos que el gasto rondará los 250.000€ aprox. Teniendo en cuenta la reducción de costos laborales, el aumento de la eficiencia y productividad(+50%) y finalmente la reducción de errores(99%), se estima que el primer año se consiga un ROI negativo en torno al -8%

Conclusión

Basándonos en las estimaciones de costos y ahorros anuales, el proyecto tiene un ROI negativo del -8.6%. Esto sugiere que la inversión inicial de €246,000 no se recupera completamente en el primer año, lo que significa que el proyecto no es rentable durante ese período. Pero a partir del segundo año ya se empezaran a ver los beneficios. A tener en cuenta que la mejora es en una parte de la logística y la estimación ha sido para una empresa pequeña, por lo que el retorno es bajo por los relativamente bajos ingresos netos.



SINCE 2023

5. Normativa y regulación. Seguridad

1) Impacto en los puestos de trabajo.

Coexistencia. El humano y el robot trabajan al mismo tiempo, de manera simultánea en tareas diferentes y en espacios de trabajo diferentes, pero próximos en el mismo entorno físico.

El impacto que tiene la coexistencia del robot implica una reducción en las tareas repetitivas y pesadas. Esto implica que:

- Elimina la adopción de posturas incómodas, tales como la postura natural de agachar el cuerpo para agarrar una caja, ya que el robot ahora se encarga del paletizado.
- Reduce las tareas repetitivas y pesadas como ir moviendo las cajas ya que el proceso ahora lo asume un robot.
- Se reduce la manipulación de las cajas ya que únicamente se encontraría en el proceso previo al nuestro (empaquetado de los productos electrónicos) y en la distribución de las cajas.

2) Consideraciones de seguridad.

La implementación de robots industriales y colaborativos en un entorno totalmente automatizado requiere una cuidadosa consideración de los aspectos de seguridad para garantizar la protección de los trabajadores y la eficiencia del proceso. A continuación, se detallan las consideraciones clave para cada tipo de robot:

Para el Robot Industrial:

- Zonas de Seguridad Definidas:

Es fundamental establecer zonas de seguridad claramente delimitadas alrededor del robot industrial para prevenir la entrada de trabajadores en áreas peligrosas durante su operación.

- Vallas y Barreras Físicas:

La instalación de vallas y barreras físicas ayuda a restringir el acceso humano al área de trabajo del robot. Estos dispositivos pueden activarse mediante sensores para detener el funcionamiento del robot en caso de detectar la presencia humana en áreas restringidas.

- Dispositivos de Parada de Emergencia:

Es imprescindible contar con dispositivos de parada de emergencia accesibles para los trabajadores, lo que permite detener rápidamente el funcionamiento del robot en caso de necesidad.



SINCE 2023

- **Sensores de Seguridad:**

La utilización de sensores de seguridad, como sensores de presencia y sistemas de visión, contribuye a detectar la presencia humana en áreas restringidas y detener automáticamente el robot cuando sea necesario.

- **Programación Segura:**

La programación del robot industrial debe realizarse de manera segura, evitando movimientos bruscos o inesperados que puedan representar un riesgo para los trabajadores.

Para el Robot Colaborativo:

- **Diseño Ergonómico:**

Se recomienda seleccionar un robot colaborativo con un diseño ergonómico que minimice los riesgos de lesiones en caso de contacto humano-robot.

- **Fuerza y Velocidad Limitadas:**

Configurar el robot colaborativo para limitar su fuerza y velocidad en presencia de humanos es esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro.

- **Sensores de Proximidad:**

Equipar el robot colaborativo con sensores de proximidad permite detectar la presencia de humanos y ajustar su comportamiento en consecuencia, como ralentizar o detenerse por completo.

- **Formación del Personal:**

Proporcionar una formación adecuada al personal sobre cómo interactuar de forma segura con el robot colaborativo y cómo reconocer situaciones de riesgo contribuye significativamente a un entorno de trabajo seguro y productivo.

En conclusión, la seguridad debe ser una prioridad absoluta en la implementación de robots industriales y colaborativos en un entorno totalmente automatizado. La aplicación de medidas de seguridad físicas y tecnológicas adecuadas, junto con una formación adecuada del personal, garantiza un entorno laboral seguro y eficiente. (Respetar las normas técnicas EN ISO 10218)

- ❖ Además como las normas técnicas EN ISO 10218, no incluyen apartados en referencia al ruido, se debería implementar protección auditiva al personal en caso de que el nivel de ruido no se pueda mitigar adecuadamente.



SINCE 2023

3) Cumplimiento de regulaciones y estándares.

Primero vamos a hablar de los posibles riesgos que hay debido a la implementación de un robot en este proceso.

1. Riesgos Mecánicos
 2. Riesgos Eléctricos
 3. Riesgos Ergonómicos
- Riesgos mecánicos: Se implementa una jaula de seguridad, que posee puertas con sensores 3 (dos más alejadas del robot que no influyen, ya que no supone ningún riesgo y otra que si la cruzas (Láser de Barrido) para el proceso para evitar cualquier riesgo de colisión). También tenemos un botón de parada de emergencia en el caso de mal funcionamiento.
 - Riesgos eléctricos: Se posee conductos de cableado, sistema de puesta a tierra permanente.
 - Riesgos ergonómicos: al ser un proceso prácticamente automatizado, sin necesidad de ayuda humana en el proceso regular (a excepción de intervenir en algún fallo). Los riesgos ergonómicos son nulos. Todo colocado a cierta altura para en caso de fallo, el operario asuma una postura cómoda para trabajar. **(Coexistencia, trabajo simultáneo, pero no ocupan el mismo espacio de trabajo)**



SINCE 2023

6. Desarrollo de software y algoritmos

a) Listado tecnológico

- Proyecto RoboDK (python y RoboDK)
- Programación de Arduino
- Creación de página web(css,html,javascript)
- Creación de página web sin código (para dar información sobre el proyecto)
- Comunicación Arduino-RoboDK (Python)

b) Descripción de la implementación

RoboDK

En el entorno de RoboDK para garantizar la fiabilidad y escalabilidad en el proyecto se ha optado por hacer un programa de simulación lineal en el que el funcionamiento se lleva a cabo de manera secuencial de manera que un fallo inesperado podría afectar a la simulación. Se ha optado por esta manera debido a las limitaciones de RoboDK en cuanto a la gestión de tareas y eventos, de todas el código está integrado de manera que reducimos el riesgo al mínimo debido a la segmentación de largas tareas en pequeñas acciones.

Base de Datos de la estación:

```
contador_push_izq      0
contador_izq          0
contador_push_med      0
contador_med          0
contador_der          0
contador_push_der      0
prox_caja              0
target_a_usar         1
poner_palletsmall     1
poner_palletmedium    1
poner_palletbig       1
poner_cajas_big       0
poner_cajas_medium    0
poner_cajas_small     0
cont_place_big        0
cont_place_medium     0
cont_place_small      0
hacer_pick            0
paletizado            1
acabado_cinta_pallets 1
utilizando_robot      1
tipo_caja              0
caja_urg              0
if                    0
final_if              0
```

En RoboDK se han establecido los siguientes parámetros de la estación como una base de datos de la que tienen control todos los subprogramas y sirve como comunicación entre ellos.

Entre ellos nos encontramos con una serie de booleanos, o enteros. Entre algunos ejemplos podemos tipo_caja que elige entre 0-2 el tipo de caja que debe transportar para ubicarla a lo largo de la cinta. Otro ejemplo es los distintos contador_push que cuentan el número de cajas que se tienen en una herramienta push para realizar posteriormente el movimiento.

Estas funcionalidades se detallarán más adelante.



SINCE 2023

Main:

```
RDk.setParam('if', 0)
RDk.setParam('final_if', 0)

RDk.RunProgram('ListenerMQTT_1')

RDk.RunProgram('Robot')
```

Este es un fragmento del código main. En él básicamente se resetean los parámetros por defecto y se llama al Listener MQTT y se activa el Robot KUKA.

Robot:

La manera con la que hemos organizado la función robot es la siguiente, el programa podrá ser llamado por varios al mismo tiempo pero tiene que gestionar esas llamadas de alguna forma, por ello se implementa un sistema simple de semáforos en el que el robot inhabilita otras llamadas mediante la variable utilizado que mantiene en espera hasta que el robot esté disponible. Entre sus funciones está la de transportar palés y apilar cajas en ellos.

```
RDk = Robolink()

robot = RDk.Item('KUKA KR 150 R3700 K ultra')
pallet=RDk.getParam('paletizado')
caja = RDk.getParam('hacer_pick')
utilizando=RDk.getParam('utilizando_robot')

while utilizando==1:
    time.sleep(0.1)
    utilizando=RDk.getParam('utilizando_robot')
if pallet == 1 and utilizando==0:
    RDk.setParam('utilizando_robot',1)
    RDk.RunProgram('generar_pallets')
while pallet==1:
    time.sleep(0.1)
    pallet=RDk.getParam('paletizado')

if caja==1 and utilizando==0:
    RDk.setParam('utilizando_robot', 1)
    RDk.RunProgram('pick_cajas')
```



PACKROBOTICS

SINCE 2023

Listener MQTT:

El programa recibe mensajes MQTT en relación con las cajas y su urgencia, recibirá información en formato JSON. Si la información llega desde el topic correcto los parámetros se asume que también lo son, en relación a estos se ajustan los parámetros globales de la estación y se llama a generar cajas.

```
def handle_message(mqttc, topic, payload):
    data = json.loads(payload)

    if topic == "giirob/pr2/PackRobotic_station/id/ESP32S3/id/tipo_caja":
        if data['urgencia']==1:
            RDK.setParam('caja_urg',1)
        else:
            RDK.setParam('caja_urg',0)
        if data['tipo_caja']==1:
            RDK.setParam('tipo_caja',2)
        elif data['tipo_caja']==2:
            RDK.setParam('tipo_caja',1)
        elif data['tipo_caja']==3:
            RDK.setParam('tipo_caja',0)
        RDK.RunProgram('GeneradorCajas')
    |
broker="broker.hivemq.com"
port=1883
user="giirob"
passwd="1234"
base_topic="giirob/pr2/PackRobotic_station/"
station_name="id/ESP32S3/id"
station_commands_topic=base_topic+station_name+"/tipo_caja"
def on_message(mqttc, obj, msg):
    payload = msg.payload.decode('utf-8')
    topic = msg.topic
    qos = msg.qos
    handle_message(mqttc, topic, payload)

mqttc = mqtt.Client(mqtt.CallbackAPIVersion.VERSION2)
mqttc.on_message = on_message

mqttc.connect(broker, port, 60)
mqttc.subscribe(station_commands_topic, 0)

#mqttc.publish(station_status_topic, "ready")

mqttc.loop_forever()
```

Generar_cajas:

El programa de generador de cajas básicamente copia y pega cajas que están ocultas en la estación y las hace visibles. Para elegir el tipo de caja se basa en los parámetros de la estación.

```
ref = RDK.Item('BigBox') #comprobacion si la copia de referencia se encuentra
ref1 = RDK.Item('MediumBox')
ref2 = RDK.Item('SmallBox')
if not ref.Valid() or not ref1.Valid() or not ref2.Valid():
    sys.exit()
cajas=[ref,ref1,ref2]
nombres=["Cg","Cm","Cp"]
frame_ref = RDK.Item('CajaMagica_frame') #frame fijo
frame_cinta = RDK.Item('Cinta_Movil') #frame movil de cinta
ref.Copy()
tipo_de_caja=RDK.getParam('tipo_caja')
if tipo_de_caja==0:
    tipo=0
elif tipo_de_caja==1:
    tipo=1
elif tipo_de_caja==2:
    tipo=2
caja=cajas[tipo].Copy()
caja = RDK.Paste()
caja.setVisible(False)
caja.setName(nombres[tipo])
caja.setParent(frame_ref) #situamos el cubo en un frame fijo
RDK.Update() #actualizamos la estacion
caja.setParentStatic(frame_cinta) #lo montamos dentro de la cinta con las coordenadas sin alterar
caja.setVisible(True) #confirmamos que el objeto sea visible

RDK.RunProgram('CintaIni_Script')
```



PACKROBOTICS

SINCE 2023

Sistema de cintas:

En este apartado no se explicará cada apartado de cintas debido a su redundancia. Resumidamente las cajas pasan de una cinta a otra en un recorrido específico. Para pasar de una a otra se ha simulado cambiando el sistema de referencia de la caja con la función `setParentStatic()`. Para cada caja se tiene un recorrido específico dependiendo de los parámetros globales.

Push Tool:

```
frame_tool = RDK.Item('empujatool_izq_Movil')
tool = RDK.Item('empujatool_izq')
ini = RDK.Item('ini_empujatool_izq')
fin = RDK.Item('fin_empujatool_izq')
hijos = frame_tool.Children() #lista de objetos contenida en frame
fusion = RDK.MergeItems(hijos)
fusion.setName('peg_fusion')
tool.MoveJ(fin) #mov push

cinta = RDK.Item('Cinta_inv_peg') #cinta invisible
cinta_inv_frame = RDK.Item('Cinta_inv_peg_Movil')

frame_mesa = RDK.Item('pick_caja_small') #frame final fijo
fusion.setParentStatic(cinta_inv_frame)
```

El código de Push se encarga de mover las cajas apiladas a una mesa. Este código se llama cuando hay 3 cajas, parámetro que se actualiza cuando llega una nueva, simulando de esta manera los sensores.

La mesa destino es más grande que el alcance de la herramienta, por ello se simula una gravedad por medio de una cinta invisible.

```
cont = RDK.getParam('contador_push_izq')

actual_pos = cinta.Pose()
if cont == 0:
    final_pos = actual_pos + transl(1030,0,0)
    cont = cont + 1
elif cont == 1:
    final_pos = actual_pos + transl(780,0,0)
    cont = cont + 1
elif cont == 2:
    final_pos = actual_pos + transl(530,0,0)
    cont = 0

RDK.setParam('contador_push_izq', cont)
RDK.setParam('contador_izq', 0)
RDK.RunProgram('Mover_Barrera3')
cinta.MoveL(final_pos)
tool.MoveJ(ini)

fusion.setParentStatic(frame_mesa)
if cont == 0:
    cajas_mesa = frame_mesa.Children()
    fusion2 = RDK.MergeItems(cajas_mesa)
    fusion2.setName('pegx9')
    RDK.setParam('poner_cajas_small', 1)
    RDK.setParam('hacer_pick', 1)
    RDK.RunProgram('Robot')
```

El programa también almacena parámetros para contar los pushes que ha hecho para decidir la posición final. Cuando se han hecho tres veces se llama al programa robot ya antes mencionado para realizar el pick and place en los pallets.



PACKROBOTICS

SINCE 2023

Pick and Place:

En la estación tenemos dos robots que hacen el Pick and Place que son el robot KUKA y el robot UR10.

El robot KUKA hará el pick and place cuando sea llamado con un programa externo.

```
big=RDk.getParam('poner_cajas_big')
medium=RDk.getParam('poner_cajas_medium')
small=RDk.getParam('poner_cajas_small')

if big ==1 :|
    RDk.RunProgram('pick_cajas_grandes')
while big==1:
    time.sleep(0.1)
    big=RDk.getParam('poner_cajas_big')

if small ==1 :
    RDk.RunProgram('pick_cajas_small')
while small==1:
    time.sleep(0.1)
    small=RDk.getParam('poner_cajas_small')

if medium ==1:
    RDk.RunProgram('pick_cajas_medium')
while medium==1:
    time.sleep(0.1)
    medium=RDk.getParam('poner_cajas_medium')

RDk.setParam('hacer_pick',0)
RDk.setParam('utilizando_robot',0)
```

El programa que llama al robot también será gestionado por un semáforo que asegura la seguridad de la estación y controla el único flujo de instrucciones para el robot.

El proceso de pick and place no es en sí diferente, se asigna un punto de pick y prepick fijo para cada tipo de caja.

En el preplace y place para la simulación los puntos varían para cada caja colocada, debido a que cuantas más cajas apiladas haya más arriba será.

```
robot.MoveJ(prepick)
pinza.MoveJ(abierta)
time.sleep(1)
robot.MoveL(pick)
pinza.MoveJ(cerrada)
time.sleep(1)
objeto = RDk.Item('granx9')

objeto.setParentStatic(frame_tool)

robot.MoveL(prepick)

preplace = (preplace_pallet.Pose() * transl(0,-120,-(190+240*cont_place)))
place = (place_pallet.Pose() * transl(0,-120,-(190+240*cont_place)))
```

Por otra parte, el robot UR10 será llamado por el código de una cinta cuando en el parámetro global indique que la caja sea urgente. Realiza un pick and place simple en otra cinta para que la aleje de la estación.

Reset:

Por último, en la estación hemos incluido un reset que elimina los objetos Stl de la estación y reinicia los mecanismos a sus parámetros de inicio. Este deberá ejecutarse cuando no se ejecute ningún programa adicional.



SINCE 2023

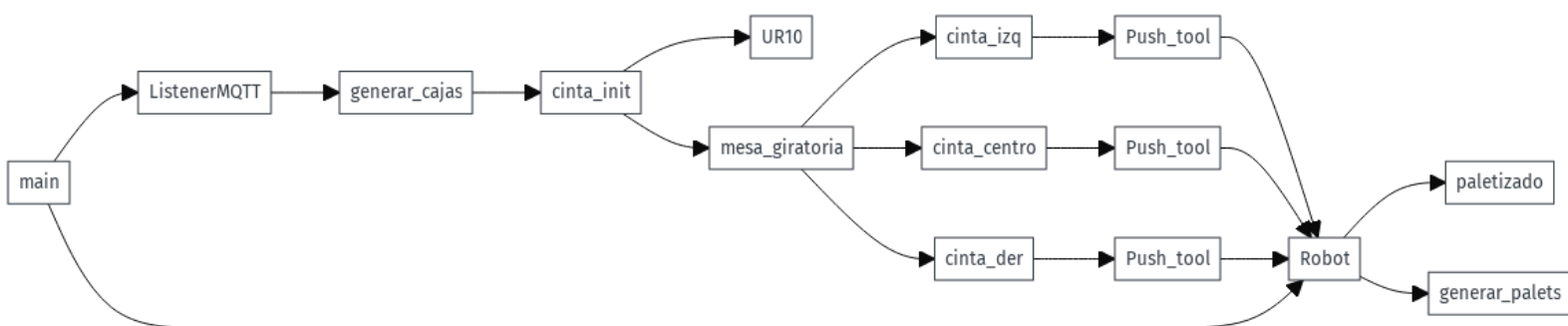
```
def borrar_objetos(nombres_objetos):
    objetos = RDK.ItemList()
    # Si el objeto existe, bórralo
    for obj in objetos:
        if obj.Name() in nombres_objetos and obj.Valid():
            obj.Delete()

def restart_cintas(lista_cintas):
    for cinta in lista_cintas:
        cinta_obj=RDK.Item(cinta)
        if cinta_obj.Valid():
            pos_inicial_cinta = transl(0,0,0)
            cinta_obj.setPose(pos_inicial_cinta)

# Lista de nombres de objetos a borrar
nombres_a_borrar = ['Cg', 'Om', 'Cp', 'pequeña', 'media', 'grande', 'peq', 'med', 'gran', 'p', 'peq_fusion', 'peq9', 'm', 'med_fusion', 'm']
# Llama a la función para borrar los objetos concretos
borrar_objetos(nombres_a_borrar)

Mesa = RDK.Item('Mesagiratoria') #Robot
ini = RDK.Item('inicio_gir') #Pos inicial robot
Mesa.MoveJ(ini)
Robot=RDK.Item('KUKA KR 150 R3700 K ultra')
Pos_Ini=RDK.Item('Pos_Ini')
Robot.MoveJ(Pos_Ini)
RDK.RunProgram('cerrar_pinzas')
Lista_cintas=['Cinta_palletsmall', 'cinta_ur', 'Cinta_alimentarpallets_mecanismo', 'Cinta_PalletBig', 'Cinta_PalletMedium', 'Cinta',
restart_cintas(Lista_cintas)
```

El diagrama de comunicaciones entre los distintos elementos de la estación quedaría de esta manera. Solo se realizan llamadas a los programas sin pasar información ya que queda registrada la información útil en variables globales.



Arduino

En Arduino hemos realizado dos programas que se ejecutan en ESP32S3 diferentes.

El primero nombrado Como ESP32S3 proyecto ya que es el Esp Maestro, se encarga de recibir los datos de la membrana matriz y enviarlos a una página web que hemos creado usando java,css y html. Como sensores cuenta con la membrana y de actuadores 4 leds que indican el tipo de caja y la urgencia. En el código hemos creado una tarea que es la que se encarga de comprobar si se ha pulsado la membrana, y enviar los datos si se ha tocado:



SINCE 2023


```
//Creo una tarea que se ira ejecutando para los botones de la membrana
xTaskCreatePinnedToCore(
    membrana_matriz,          /* Task function. */
    "membrana_matriz",      /* name of task. */
    5000,                    /* Stack size of task */
    NULL,                    /* parameter of the task */
    1,                        /* priority of the task */
    &membrana_matriz_Task,   /* Task handle to keep track of created task */
    0);                       /* pin task to core 0 */
}
```

En el segundo ESP32 se correrá un programa llamado código QR que se encargará de recibir el tipo de urgencia de la próxima caja, leer los códigos QR, y enviarlos por MQTT a RoboDK.

```
QRCodeResult = (const char *)data->payload;
portENTER_CRITICAL (&urgencia);
bool caja_urg=caja_urgente;
portEXIT_CRITICAL (&urgencia);
int producto_enviar;
if(QRCodeResult=="Caja_Pequeña"){
    producto_enviar=1;
    Serial.printf("Recibida caja pequeña\n");
}
else if(QRCodeResult=="Caja_Media"){
    producto_enviar=2;
    Serial.printf("Recibida caja media\n");
}
else if (QRCodeResult=="Caja_Grande"){
    producto_enviar=3;
    Serial.printf("Recibida caja grande\n");
}

if(caja_urg==true){
    return producto_enviar+10;
}
return producto_enviar;
```

Según el tipo de caja y la urgencia añade un dígito o otro en el buffer. el primer número es la urgencia por eso si `caja_urg==true` envía `10+producto_enviar`, y el segundo dígito es el tamaño de la caja que según el mensaje que reciba lo pondrá a 1,2,3.

Como sensores tiene la cámara y un botón de emergencia que cuando se pulsa se para de leer códigos QR y simula una seta de emergencia que pararía el proceso productivo:

```
#define PIN_BUTTON 5
EventButton button1(PIN_BUTTON);
bool funcionando=true;

void onbutton1Pulsado(EventButton& eb)
{
    funcionando=!funcionando; //cambiamos la seta
    Serial.print("boton pulsado");
    if(funcionando==true){
        restaurar_funcionamiento();
    }
    else{
        parar_todo();
    }
}

void on_setup() {
    //Inicializamos LOS PINES DE LOS LED
    Serial.print("SETA INICIALIZADA\n");
    pinMode(PIN_BUTTON, INPUT_PULLUP);
    cambiar_bottonpulsado(true);
    button1.setClickHandler(onbutton1Pulsado);
}
```

Además hemos implementado un buffer, la tarea productora “Código QR” que una vez leído el código lo codifica y lo guarda en el buffer. Y la tarea Consumidora que al comprobar que el buffer se ha añadido un elemento, lo decodifica y lo envía en formato JSON a RoboDK:

```
get_item(&valor_enviar, buff_prod);
JsonDocument doc;
if(valor_enviar>10){
    doc["urgencia"] =1;
    cambiar_urgencia(false);
}
else{
    doc["urgencia"] =0;
}
doc["tipo_caja"]=valor_enviar%10;
String msg_json;
serializeJson(doc, msg_json);
enviarMensajePorTopic(ROBODK, msg_json);
}
vTaskDelay(100/portTICK_RATE_MS);
```

Extra:

También se ha desarrollado una página web que integra los sistemas mencionados. Esta parte fue una incorporación propia y su programación no entra como objeto evaluable en sí por ello no se explicará el código en detalle.



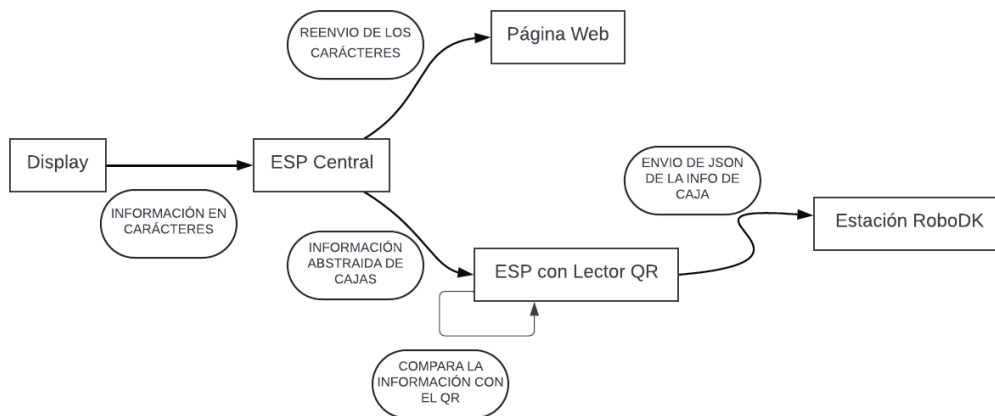
SINCE 2023

Básicamente aplicamos un ListenerMQTT en un programa Js para la integración y mostramos variables e información adicional en pantalla mediante html y css.

La explicación de empleo de todas estas tecnologías se explica en el Manual de Usuario adjunto al trabajo.

***DIAGRAMA DE COMUNICACIONES ENTRE MÓDULOS:**

Para representar la integración de los sistemas se ofrece este diagrama que muestra cómo se comunican y de qué manera los elementos del proyecto.



El ESP Central está cableado a un display membrana donde se recogen datos en bruto, el esp será el encargado de contextualizarlos dentro del programa para dar significado a las distintas fases de la compra.

Este ESP central también manda los datos a la página web y ella también los contextualiza para mostrar por pantalla sus distintas fases. Estos datos son los caracteres o números enteros que ha contextualizado el ESP.

El ESP central también manda el tipo de urgencia al lector QR que se enviará como 0 no urgente o 1 urgente. Esta información se combina con el contenido del QR que será el tamaño de la caja y con ello podrá serializar la información en formato JSON.

Este JSON se almacena en un buffer de paquete esperando ser enviado por MQTT a la estación RoboDK.

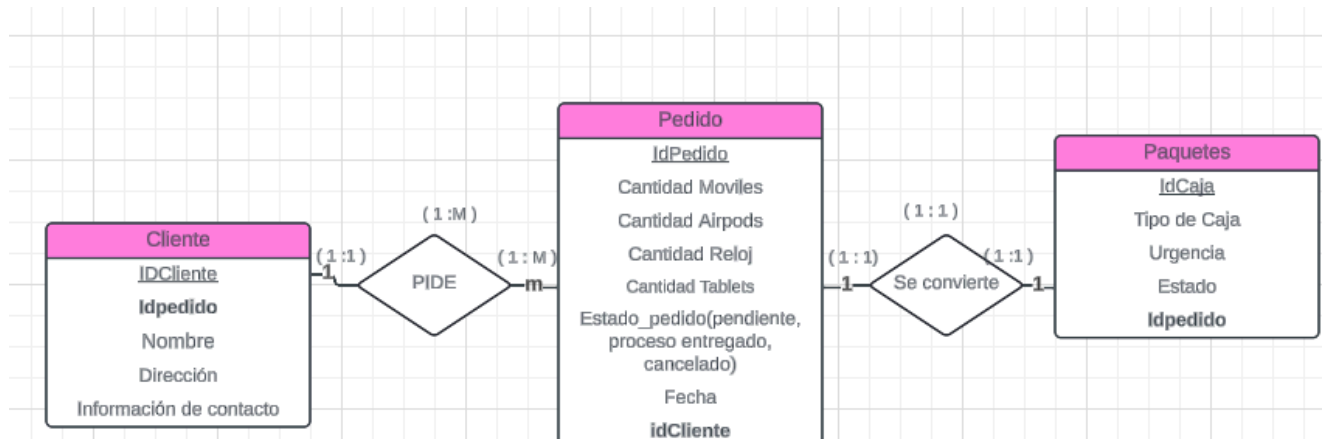
EL programa de RoboDK ListenerMQTT deserializara el JSON y según la información generará una caja u otra.

***Algoritmos de programación avanzada y Estructuras de Datos de programación**

Para nuestro proyecto hemos realizado un algoritmo de programación “dinámica” que encuentra el mejor tipo de caja según la cantidad y el tipo de pedido. Por otra parte como

estructuras de datos de programación hemos realizado un buffer con dos tareas (productor y consumidor)

c) Esquema de la/s BBDD utilizadas



Hemos pensado que una buena base de datos que podría utilizar nuestro proyecto para guardar datos y hacer consultas es la que se ve en la imagen. Una tabla del cliente que se relaciona 1:M con la tabla de pedidos ya que un cliente puede tener uno o más pedidos y un pedido sólo puede ser de un cliente. En la tabla de pedidos hemos puesto información sobre el pedido basándose en lo que puedes comprar en nuestra página web. Finalmente cada pedido se convierte en un Paquete y ese Paquete es una tabla aparte que cuenta con el tipo de caja que se va a convertir la Urgencia y el estado del paquete. Además se puede observar que cada tabla tiene una clave primaria(subrayado) y para conectarlas pedido y paquetes tienen una foreign key (negrita).

6. Conclusiones y recomendaciones

*El porqué de la propuesta: debido a que la paletización es uno de los procesos más usuales en la industria, es decir muchas industrias tienen este proceso, cada una de manera distinta, pero al fin y al cabo es un elemento clave para la logística. Además, la paletización es un proceso bastante repetitivo y que en muchos casos hay malas posturas que perjudican a las personas e influyen en la productividad. Al buscar un proceso de este tipo buscamos facilitar un trabajo muy cotidiano en la industria, que se podría incorporar en muchas empresas, a fin de mejorar la eficiencia, reducir los costes laborales y no menos importante mejorar la seguridad laboral(a parte de los beneficios que implican la flexibilidad, la reducción de errores humanos y el mejor seguimiento del proceso).

*Los desafíos, la implementación de varios lenguajes de programación que no dominamos en un principio, pero que con la práctica hemos ido mejorando (como python, java script, html entre otros). Además hemos tenido que modificar nuestro proyecto inicial para ajustarnos a los entregables exigidos, como la adición de un cobot a nuestro proceso.

*Puntos clave:

- ★ **Incremento en la productividad:** La implementación del robot industrial colaborativo ha demostrado un incremento del 50% en la eficiencia del proceso de paletizado, reduciendo significativamente los tiempos de operación y mejorando la precisión.
- ★ **Beneficios Financieros:** Aunque el ROI inicial indica un período de amortización extendido, los beneficios a largo plazo y la capacidad de manejar mayores volúmenes de pedidos justifican la inversión.
- ★ **Capacitación Continua:** Es esencial continuar con la capacitación del personal para maximizar el rendimiento del sistema automatizado y adaptarse a futuras mejoras tecnológicas.
- ★ **Monitoreo y Optimización:** Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño del robot y realizar ajustes necesarios para mantener la eficiencia operativa.
- ★ **Exploración de Nuevas Tecnologías:** La empresa debe mantenerse al tanto de las innovaciones tecnológicas en automatización y logística para seguir mejorando sus procesos y mantener una ventaja competitiva.

->En conclusión, la automatización parcial del proceso de preparación y paletizado de pedidos en el almacén de la empresa X no solo responde a la creciente demanda, sino que también posiciona a la empresa para un crecimiento sostenible y eficiente. La inversión inicial se ve compensada por los beneficios a largo plazo, haciendo de esta propuesta una decisión estratégica clave para el futuro de la empresa.



SINCE 2023

7. Referencias

- A. Uso de Chat GPT(Ayuda en código y en búsqueda de información)
- B. [Video que tomamos de ejemplo](#)
- C. [INFLUENCIA DE LA ROBÓTICA EN LAS CONDICIONES ERGONÓMICAS DE LOS PUESTOS DE TRABAJO.](#)
- D. [Información sobre las ISO](#)
- E. [ROBODK](#)
- F. Canva para diseño de diferentes entregables
- G. GIMP para edición del cartel
- H. Trello para organizar el trabajo

8. Anexos

[Página web del equipo.](#)

Manual de Usuario (Documento adjunto al entregable)

[Comparativa simulación](#)

[Ficha técnica UR10](#)

[Ficha técnica KUKA](#)

[Ficha técnica ESP32](#)



SINCE 2023