



RESULTADOS REAL

Plataforma de Realidad Aumentada integrada en dispositivo visual interactivo para aplicaciones logísticas

En Gijón , a 31 de Diciembre de 2017

1. MEMORIA TÉCNICA

Introducción

El proyecto REAL tiene por objetivo el desarrollo de las tecnologías de realidad aumentada para la creación de herramientas que den soporte a los procesos de logística en la industria, con el fin de reducir el coste en las tareas críticas dentro de la cadena de logística (picking, control de stock y paletizado) y optimizar las labores de los operarios del almacén.

Este trabajo estará orientado a dos fines fundamentales:

- Desarrollo de componentes que faciliten la operativa llevada a cabo en un almacén;
- Desarrollo de componentes para procesos de soporte durante la realización de tareas de logística, para cuidar la calidad de los procesos y asistir a los operarios ante cualquier eventualidad.

Para ello, se plantea en este proyecto la creación de un sistema capaz de cargar información de manera dinámica en entornos de realidad aumentada, adaptando los contenidos a distintos procesos logísticos y registrando la realización de los mismos. Dicho sistema consta fundamentalmente de dos elementos:

- **Plataforma de servicios**, que almacena la información a mostrar en cada paso del proceso de picking, que será accesible desde un conjunto de servicios Web y que integra la información actualmente almacenada por los sistemas de gestión de almacén existentes (SGA/WMS).
- **Dispositivo de realidad aumentada** en el que se ejecutará la aplicación, y que se conectará a la plataforma de servicios a través de una red para actualizar los contenidos necesarios para llevar a cabo el proceso.

Este trabajo se ha realizado durante la anualidad 2017, estructurando las tareas en los siguientes hitos:



A continuación, se describen los trabajos realizados, así como los resultados obtenidos tras la finalización del proyecto.

HITO 1: Diseño básico del sistema

TAREA 1.1: ANÁLISIS DE REQUISITOS

El objetivo de esta tarea es extraer un conjunto de requisitos tanto funcionales como de calidad para



la plataforma REAL que dará soporte a los operarios que realizan procesos de logística. Para ello en primer lugar se analizaron en detalle las necesidades planteadas, que permitieron definir un escenario y caso de uso acorde con la realidad de las empresas del ámbito de la logística. Por último, se definieron los requisitos para el sistema REAL que permitirán que dé respuesta a las necesidades planteadas. A continuación, se resumen los resultados conseguidos en cada caso.

HITO 1 – T1.1: ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Se han analizado los principales problemas en los procesos de la cadena logística, en donde se han identificado los siguientes errores principalmente¹:

ID	Descripción del error
ERR_1	Desconocimiento de la ubicación de un producto.
ERR_2	Falta de espacio para almacenamiento, que puede causar el apilamiento de productos en zonas no controladas o habilitadas para almacenaje.
ERR_3	Falta de organización en el almacén.
ERR_4	Falta de trazabilidad de productos (interna o externa).
ERR_5	Errores de picking (recogida errónea de productos dentro del almacén).
ERR_6	Falta de una gestión adecuada de la información para la toma de decisiones, porque no se dispone de toda la información o está incompleta.
ERR_7	Problemas de inventario, caducidad u obsolescencia.
ERR_8	Falta de integración entre los distintos procesos logísticos: recepción, transferencias, consumos, altas de fabricación, picking y envíos.
ERR_9	Falta de métricas claras y relevantes para el control de la productividad.
ERR_10	Poca optimización en las rutas y en los recursos humanos.

Tabla 1 – Resumen de errores principales identifica dos en la gestión de almacenes

De entre todos estos problemas, los relacionados con el proceso de picking – o proceso de preparación de pedidos - suelen ser los más recurrentes, bien sea porque las demandas exceden las capacidades de las empresas, o por ineficiencias en los procesos.

En cualquier caso, el proceso de picking se plantea como uno de los puntos más críticos dentro del proceso de manipulación y transporte de artículos, debido a que depende fundamentalmente de mano de obra. En los centros de distribución, este proceso puede consumir hasta dos tercios del costo operativo y del tiempo de los recursos.

El proceso de picking puede dividirse en cuatro sub-tareas que se estima requieran los siguientes porcentajes de dedicación:

- Traslado del operario de un lugar a otro (55% del tiempo);
- Búsqueda de artículos en las estanterías del almacén (15%);
- Recogida/depositado de artículos en las estanterías (10%);
- Gestión de documentación (lectura de albaranes, registro de información, etc. (20).

¹ Soluciones tecnológicas para la gestión de inventarios, Noviembre 2016, Clase10 Sistemas S.L.: <http://www.clase10.com/soluciones-tecnologicas-para-la-gestion-de-inventarios/>



Por todo lo comentado, los grandes fabricantes de todos los sectores industriales, han dedicado grandes inversiones a la optimización de las tareas de gestión de almacenes, centrando la mayor parte de los esfuerzos en la mejora del proceso de picking, ya que afecta directamente a toda la cadena logística y repercute en la percepción del servicio por parte de los clientes finales. Mejorar el proceso de picking no sólo agiliza los tiempos de servicio a clientes, sino que también reduce considerablemente los costes.

Tal y como se ha comentado, el picking es una de las actividades más críticas dentro del almacén, y que menos automatización presenta (salvo en algunas excepciones), representando entre el 45% y el 75% del coste total de las operaciones de un almacén².

Existen dos aspectos fundamentales dentro del proceso de picking susceptibles de mejora:

- La **organización de tareas, personal, espacios y procedimientos**;
- Las **herramientas utilizadas para el soporte** a las operaciones de logística.

Uso de herramientas adecuadas

Respecto a las herramientas a utilizar, existen muchas soluciones tecnológicas en el mercado para la gestión de inventario, orientadas a facilitar la toma de decisiones en tiempo real, y a optimizar los procesos para mejorar la competitividad de las organizaciones.

Estas son las necesidades principales a cubrir por las soluciones tecnológicas en el ámbito de la gestión de almacenes:

- Provisión de información en tiempo real del inventario: unidades disponibles, localización, movimientos de stock, etc.
- Optimización de las rutas dentro del almacén, para reducir los tiempos de desplazamiento.
- Facilitar el control del stock, permitiendo saber dónde están los productos y materiales en todo momento (*trazabilidad*), así como el estado de los mismos, evitando errores administrativos.
- Garantizar la existencia de productos para evitar las roturas de stock.
- Agilizar las tareas de gestión, para ofrecer un mejor servicio de distribución y entrega a los clientes finales.

HITO 1 – T1.1: ESTADO DE LA TÉCNICA

Existen una gran variedad de herramientas para la gestión y control del stock del stock, que se conocen como Sistemas de Gestión de almacén (SGA, o WMS por sus siglas en inglés: *Warehouse Management System*).

Los primeros SGAs sólo ofrecían funcionalidades sencillas referentes al lugar de almacenamiento, pero actualmente pueden ser aplicaciones tan complejas e intensivas en datos que requieren de personal especializado para su manejo. Dependiendo de la complejidad de la solución, los sistemas de gestión de almacén pueden integrar una serie de herramientas tecnológicas para la captura de datos, basadas en distintos tipos de tecnologías: radiofrecuencia (RFID), visión artificial, reconocimiento de voz, etc. Todas ellas permiten adaptar los SGAs a las características de cada empresa, y a las particularidades de

² Picking: preparación de pedidos en el almacén, Noviembre 2015. NOEGA Systems: [https://www.noegasystems.com/blog/almacenamiento/preparacion-de-pedidos-picking#La importancia del diseño de un almacén para la preparación de pedidos](https://www.noegasystems.com/blog/almacenamiento/preparacion-de-pedidos-picking#La%20importancia%20del%20dise%C3%B1o%20de%20un%20almacen%20para%20la%20preparacion%20de%20pedidos)

sus instalaciones logísticas.

Independientemente de la complejidad del sistema o de las tecnologías involucradas, el objetivo del sistema de gestión de almacén (SGA) es el mismo: registrar y proporcionar la información requerida para monitorizar de manera eficiente los flujos de materiales y productos dentro de un almacén, desde su entrada hasta que es entregado al cliente. Se trata de una herramienta clave, que bien utilizada permite optimizar los recursos de la empresa y reducir los costes asociados a la logística de sus productos.

En los SGA se gestionan fundamentalmente los siguientes procesos:

- Recepción de mercancías entrantes.
- Registro de movimientos.
- Gestión de la ubicación.
- Preparación de pedidos (*picking*).
- Gestión del inventario.
- Gestión de la información.

Además de estos procesos, habría que añadir la gestión de las devoluciones por parte de clientes, que también debe estar integrada en el SGA, actualizando el inventario y facilitando la recogida de feedback de los usuarios y la provisión de un servicio de atención de calidad.



Imagen 1 – Tareas gestionadas por el Sistema de Gestión de Almacén (SGA)

Teniendo esto en cuenta, existen muchas herramientas comerciales para la gestión de almacenes. La decisión del uso de una u otra en este caso depende del sistema actual de la empresa para la recogida y gestión de información, es decir: su ERP, y de la inversión que esté dispuesta a hacer la empresa.

Un primer paso para la gestión de un almacén puede ser el uso del propio ERP de la empresa para la gestión del almacén como otro recurso más, aunque los ERP presentan una serie de carencias con respecto al software específicamente diseñado para gestión de almacén (SGA), tal y como se indica en la siguiente tabla:



Característica	ERP	SGA
Gestión de la ubicación y movimientos	Básica: - Asociación mercancía-almacén	Completa: - Localización dentro del almacén, incluso a nivel de estantería. - Creación de zonas personalizadas.
Integración con dispositivos externos	Ninguna	Integración con múltiples tecnologías que facilitan el registro de movimientos: lectores de códigos de barras, lectores RFID, básculas, etc.
Tipo de almacén	Manual	Cualquiera (manual o automatizado)
Gestión de equipamiento o maquinaria	Básico	Gestión a nivel de equipamiento, asociándolo a determinadas tareas o ubicaciones, y proporcionando de manera automática indicaciones.
Optimización de rutas	No	Planificación inteligente de rutas en función de los parámetros indicados por el usuario.

Tabla 2 – Diferencias entre ERP y SGA para la gestión de almacenes

En resumen, un ERP sirve para un control de almacén básico, orientado a la gestión de ofertas, pedidos y contabilidad, pero para una gestión integral del almacén en tiempo real es necesario utilizar un sistema específico (SGA), que deberá integrarse con el ERP existente para facilitar la labor de los gestores de la empresa.

Tecnologías aplicables a la gestión de almacén

Tecnologías para la identificación de productos

Este tipo de tecnologías, permiten la identificación única de mercancías, de manera individual o por pallets, y su posterior reconocimiento mediante lectores que se conectan al SGA para el volcado automático de la información. Dichos lectores deberán utilizarse en aquellos puntos del proceso logístico donde se realicen movimientos de material, registrando fundamentalmente las entradas y salidas de material, así como cualquier otro traslado dentro del almacén.

Principalmente se utilizan las siguientes tecnologías:

- **Códigos basados en imagen**, como los códigos de barras o los códigos bidimensionales (ej. QR). En este caso el lector suele ser móvil, en formato de pistola manual, o incluso como una aplicación de Smartphone que reconoce el código a través de las imágenes de la cámara del dispositivo.
- **RFID**: en este caso los objetos son identificados de manera única utilizando ondas de radio, y que requiere del uso de una etiqueta, una antena para comunicarse con la etiqueta en una banda de frecuencias determinada, y un lector que maneja la comunicación con la antena para obtener información.
- **NFC**: dentro de la familia de tecnologías RFID, está NFC, dedicada al campo de la alta frecuencia, y que permite la comunicación punto a punto pero a una distancia mucho más corta, por lo que está orientado más bien al intercambio seguro de información.

Característica	Códigos de barras	Códigos QR	RFID	NFC
----------------	-------------------	------------	------	-----



Dificultad de lectura	Media-alta	Media-baja	Baja	Media
Distancia al objeto	Depende de tamaño, pero en general poca (< 30cm)	Depende de tamaño, pero en general poca (< 1m)	Pasivos: < 3m Activos: < 100m	<20cm
Precisión / alcance	Bajo	Bajo	Alto	Media-bajo
Seguridad	-	-	Alta	Muy alta
Coste	Bajo	Bajo	Medio	Medio-bajo

Tabla 3 – Comparativa entre las tecnologías de soporte a la gestión de almacén

Software para reconocimiento de voz

Muchas herramientas incluyen software de reconocimiento de voz para la ejecución de comandos por voz, lo que dejar las manos del operario libres para realizar sus tareas. Esta tecnología es utilizada fundamentalmente en el proceso de picking (*pick by voice*), para reducir las acciones del operario necesarias para la preparación de los pedidos dentro del almacén, posibilitando el registro o solicitud de información mediante la voz.

Tecnologías para facilitar la localización de recursos

Cabe destacar las siguientes:

- **Sistemas basados en iluminación**, fundamentalmente estos dos:
 - **Pick-to-light**, se trata de un sistema de guiado por luz, en el que se utiliza un display luminoso y un escáner que guía la operación: el operario escanea el código de la orden a preparar y los displays instalados en las estanterías lo dirigen hacia la ubicación exacta donde realizar el picking, indicando en pantalla la cantidad de producto a recoger. El operario después debe confirmar la recogida de material pulsando un botón, lo que apaga los indicadores luminosos y actualiza la información en el SGA.
 - **Put-to-light**: es un caso similar al anterior, pero aplicado a las operaciones de llegada de material al almacén.
- **Sistemas basados en reconocimiento de imagen**, en los se utilizan fundamentalmente dos elementos: marcadores de imagen y dispositivos móviles con cámara. Por una parte, los marcadores de imagen (ej. códigos QR), se utilizan para identificar tanto las mercancías – individualmente o por pallets –, como las ubicaciones del almacén, con todo el detalle necesario (zona, estantería, balda...).

Estado del arte de realidad aumentada aplicada a la logística

A partir de 2015 empezaron a surgir los primeros pilotos de realidad aumentada aplicados al sector logístico. Una de las empresas pioneras en este aspecto fue KNAPP, empresa dedicada al desarrollo de soluciones para la automatización industrial, a la que Daimler AG – empresa fabricante de automóviles líder en Alemania – encargó un estudio de viabilidad sobre soluciones para la preparación de pedidos sin uso de documentos, bajo la filosofía *paperless*. Con este objetivo, KNAPP creó un sistema de picking manual basado en tecnologías de reconocimiento de imagen, que más adelante pasaría a llamarse KiSoft Vision. Dicho sistema no sólo da soporte a los operarios durante los procesos logísticos, si no



que se utiliza para controlar 100% la preparación y clasificación de los pedidos, reduciendo los errores cometidos en el proceso de picking manual y los tiempos requeridos para dicha tarea.

Otro de los proyectos más relevantes para la aplicación de tecnologías de RA al sector logístico, fue llevado a cabo por DHL, que realizó en 2016 una prueba piloto para la evaluación de la tecnología de realidad aumentada aplicada al proceso de picking de almacén. Dicha prueba fue realizada utilizando *smart glasses* en los almacenes de DHL de Holanda³ y España⁴; en colaboración con uno de sus clientes, Ricoh, y los expertos en soluciones de computación para dispositivos *wearables*, Ubimax, que aportaron la tecnología usada *Vision Picking* para las operaciones de almacenamiento.

Vision Picking permite tener las manos libres para preparar los pedidos e incrementa en gran medida la productividad, al equipar a los operarios con *smart glasses* que escanean los códigos de *trolleys* y productos, informando de qué deben coger y qué deben colocar en cada lugar de forma fácil e intuitiva. Además, el programa piloto probó que la Realidad Aumentada ofrece un valor añadido a la logística y arrojó unos resultados en torno al 25% de incremento de productividad durante el proceso de búsqueda y recogida de productos en el almacén.

También se ha unido a esta corriente la empresa alemana Picavi, que vende su producto para picking con gafas inteligentes (*Smart glasses*) bajo el marco de la Industria 4.0, en lo que llaman Logística 4.0 para almacenes. Su solución se integra fácilmente con lectores de códigos y cualquier otro dispositivo móvil con el que cuente ya la empresa logística para su operativa en el almacén, especializándose en la adaptación de su producto a las necesidades del cliente. Esta empresa asegura que con su solución el tiempo empleado en las tareas de picking se reduce en al menos un 12%.

En general, cada vez más empresas apuestan por este tipo de soluciones para la operativa en el almacén debido a que:

- Reduce el tiempo necesario para las tareas de picking;
- La formación necesaria para su uso es mínima, ya que la información mostrada es bastante intuitiva;
- De la misma manera, al presentar pistas visuales mediante pictogramas o símbolos, no hay dependencia con el idioma para la localización de productos en el almacén;
- La interpretación de información visual es más rápida, y al estar conectado el dispositivo directamente con los sistemas de información, la realización de consultas es mucho más ágil;
- Seguimiento automático de todo el proceso de picking en el almacén, con la mínima interacción del operario;
- Localización del operario en la planta;
- Fácilmente adaptable a modificaciones del almacén (sólo requiere cambios de codificación).

HITO 1 – T1.1: ESCENARIO Y CASOS DE USO

El siguiente paso consistió en la definición de un escenario y un caso de uso para centrar los desarrollos del proyecto, en base a las necesidades reales identificadas. Está claro que los problemas principales a resolver son evitar las roturas de stock y optimizar los procesos de preparación y expedición de pedidos. A continuación, se describen las características generales del escenario definido:

³ <https://www.delivering-tomorrow.com/wp-content/uploads/2015/08/dhl-report-augmented-reality-2014.pdf>

⁴ <https://www.casadomo.com/2016/09/15/vision-picking-un-programa-de-realidad-aumentada-de-dhl>



Característica	Descripción
Tipo de empresa	Empresa productora y distribidora de componentes para el sector de la aeronáutica.
Industria	Aeronáutica
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Trenes de aterrizaje y componentes (actuadores, bloques de control, válvulas selectoras, etc.). • Sistemas hidráulicos • Sistemas neumáticos y de combustible • Actuación hidráulica de sistemas de rampa • Actuación electromecánica • Sistemas a medida
Materiales y componentes almacenados	<ul style="list-style-type: none"> • Materias primas metálicas, no metálicas, semielaborados (forjados, fundidos, etc.) y productos químicos). • Materiales auxiliares. • Piezas prismáticas y cilíndricas; kits de piezas. • Protecciones superficiales. • Equipos y componentes para soldadura. • Equipos aeronáuticos completos
Almacén	La empresa dispone de varios almacenes distribuidos por sus instalaciones y divididos según el área de negocio al que dan soporte, siendo posible encontrar en un mismo almacén materias primas y productos acabados de componentes o equipos para un mismo propósito.

Del Tabla 4 – Características de la empresa en la que se basan los casos de estudio

Organización del almacén

En cuanto al almacén, está organizado en las siguientes zonas:

- **Zona de descarga:** muelles de recepción de material, donde llegan los camiones con los pallets de materias primas y componentes.
- **Zona de carga:** muelles para la expedición de pedidos, donde se sitúan los camiones que realizarán la distribución de productos hasta las instalaciones del cliente final.
- **Oficinas:** zona donde se encuentran los puestos de trabajo auxiliares a las operaciones propias del almacén.
- **Cross-docking:** área para la preparación de pedidos, que incluye el embalaje y paletizado, además de la preparación de la documentación necesaria para la gestión del envío (ej. albaranes).
- **Espacios de tránsito seguro:** zonas por las que se puede circular libremente, destinadas al paso de personas y máquinas, y diseñadas para que las máquinas tengan total maniobrabilidad.
- **Espacio de almacenaje,** organizado según la rotación de los productos en tres zonas: Clase A (fuerte rotación), CLASE B (media rotación) y CLASE C (baja rotación).
- **Paradas:** zonas específicas del almacén, identificadas con un código único, que facilitan la localización del material.

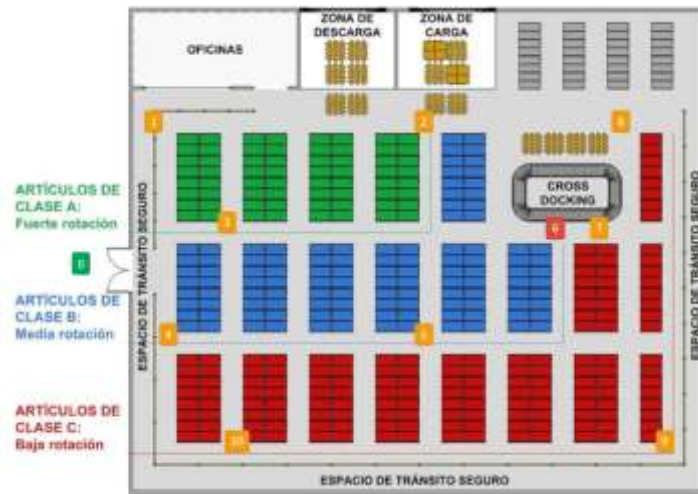


Tabla 5 – Organización del espacio de almacén en el escenario seleccionado

Operativa en el almacén

En dicha empresa se llevan a cabo los siguientes procesos para el control del inventario:

- Registro manual de los productos entrantes.
- Generación de órdenes a través del sistema de gestión de almacén. Cada orden puede incluir una o varias operaciones en el almacén. Cada operación implica el movimiento de un artículo del almacén de un punto a otro para su almacenamiento, reparación o preparación para envío.
- Registro manual de los pedidos que salen del almacén.
- Generación de documentación para el registro de entradas o salidas de material en el almacén.

Sistema de gestión de la información

Además, la empresa cuenta ya con un sistema de gestión del almacén (SGA) propio, que vuelca la información de inventario, expediciones y recepciones de material en una base de datos MySQL, protegida con control de acceso (usuario / contraseña).

Dicho sistema de gestión de la información integra una serie de interfaces Web que facilitan la introducción y modificación de los datos almacenados en el sistema a través de formularios, así como la generación de documentación necesaria para la recepción y expedición de productos.

Perfiles de usuario

En cuanto a los trabajadores del almacén, contamos con dos tipos distintos de perfiles de operario:

- Trabajadores entre 20-65 con perfil tecnológico básico (uso de dispositivos estándar).
- Trabajadores entre 50-65 con perfil tecnológico bajo (no familiarizados con las nuevas tecnologías).
- Supervisor, con conocimientos tecnológicos suficientes. A este usuario se le dará una formación sobre el sistema desarrollado para el aprendizaje del uso de la plataforma de servicios del sistema REAL.

Casos de uso

CU_1: Operaciones para la entrada de material



Operación	Entrada de material para almacenamiento
Actores	<p>Sistemas/aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SGA: Sistema de gestión de almacén. • REAL-App: aplicación para dispositivos móviles que da soporte a la operativa en el almacén y que hace uso de tecnologías de realidad aumentada para facilitar la identificación y localización de recursos. • REAL-PS: plataforma de servicios, que se conecta con el SGA para extraer información relevante aplicable a la operativa del almacén, y la pone al servicio de la aplicación móvil (REAL-App). <p>Usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor o administrador: encargado del manejo del sistema de gestión de almacén. • Operario: personal encargado de realizar las tareas logísticas del almacén, como son: movimientos de material, preparación de pedidos, generación de documentación. • Oficina: en la oficina se gestiona toda la documentación necesaria para la tramitación de la recepción y almacenaje de material.
Resultado esperado	<p>El pulso se ha completado correctamente, habiendo sido almacenada toda la mercancía recibida en el almacén.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de gestión del almacén se ha actualizado, y contempla la existencia de la mercancía recibida integrada en el inventario del almacén (inventario actualizado).
Dispositivos del usuario	<p>El operario podrá disponer de la aplicación que le dará soporte en la operativa del almacén en dos formatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Head-mounted (HM): gafas de realidad aumentada, que liberan las manos del operario, pero que muestran la información de manera simplificada para no interferir en el campo de visión del operario más de lo necesario. • Arm-mounted (AM): Smartphone, que requiere más interacción del usuario, pero que por otro lado permite visualizar más información durante la operativa. <p>1. La selección del dispositivo dependerá del perfil del usuario que lo utilice (con mayor o menor conocimientos tecnológicos) y de las tareas a realizar.</p>

Tabla 6 – Descripción de la secuencia para la entrada de material en el almacén

CU_2: Operaciones para la salida de material

Operación	Preparación y expedición de pedido para cliente
Actores	<p>Sistemas/aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SGA: Sistema de gestión de almacén. • REAL-App: aplicación para dispositivos móviles que da soporte a la operativa en el almacén y que hace uso de tecnologías de realidad aumentada para facilitar la identificación y localización de recursos. • REAL-PS: plataforma de servicios, que se conecta con el SGA para extraer información relevante aplicable a la operativa del almacén, y la pone al servicio de la aplicación móvil (REAL-App). <p>Usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor o administrador: encargado del manejo del sistema de gestión de almacén. • Operario: personal encargado de realizar las tareas logísticas del



	<p>almacén, como son: movimientos de material, preparación de pedidos, generación de documentación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oficina: en la oficina se gestiona toda la documentación necesaria para la tramitación de la preparación y expedición de mercancía para clientes.
Resultado esperado	<p>El pulso se ha completado correctamente, habiendo sido recogidos todos los artículos necesarios para preparar el pedido del cliente.</p> <p>El sistema de gestión del almacén se ha actualizado, y contempla la existencia de la mercancía recibida integrada en el inventario del almacén (inventario actualizado).</p>
Dispositivos del usuario	<p>El operario podrá disponer de la aplicación que le dará soporte en la operativa del almacén en dos formatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Head-mounted (HM): gafas de realidad aumentada, que liberan las manos del operario, pero que muestran la información de manera simplificada para no interferir en el campo de visión del operario más de lo necesario. • Arm-mounted (AM): Smartphone, que requiere más interacción del usuario, pero que por otro lado permite visualizar más información durante la operativa. <p>La selección del dispositivo dependerá del perfil del usuario que lo utilice (con mayor o menor conocimientos tecnológicos) y de las tareas a realizar.</p>

Tabla 7 - Descripción de la secuencia para la preparación y expedición de envíos

CU_3: Consulta del estado actual del inventario del almacén

Operación	Consulta del inventario
Actores	<p>Sistemas/aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SGA: Sistema de gestión de almacén. • REAL-PS: plataforma de servicios, que se conecta con el SGA para extraer información relevante aplicable a la operativa del almacén, y la pone al servicio de la aplicación móvil (REAL-App). • REAL-Monitor: sub-sistema para monitorización de las mercancías que entran y salen del almacén. <p>Usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor o administrador: encargado del manejo del sistema de gestión de almacén.
Resultado esperado	<p>El supervisor ha sido capaz de visualizar correctamente la información consultada en cada caso.</p>
Dispositivos del usuario	<p>Cualquier dispositivo con navegador Web y conexión a Internet.</p>

Tabla 8 - Descripción de la secuencia para la consulta del estado actual del inventario

HITO 1 – T1.1: REQUISITOS

A continuación, se resumen los requisitos tanto funcionales como no funcionales, del sistema que dé respuesta al caso de uso planteado.

Requisitos funcionales

ID	Descripción	Categoría	Prioridad
----	-------------	-----------	-----------



Aplicación para el soporte a la operativa en el almacén			
RF_1	El dispositivo de RA debe permitir la comunicación con la plataforma de servicios.	General	Alta
RF_2	La aplicación de RA debe permitir la configuración de la dirección IP de la plataforma de servicios.	General	Media
RF_3	La aplicación de RA debe ser capaz de descargar información filtrada de la plataforma de servicios.	General	Alta
RF_4	La aplicación de RA debe ser capaz de integrar los datos descargados de la plataforma de servicios.	General	Alta
RF_5	La aplicación de RA debe ser capaz de subir información a la plataforma de servicios.	General	Alta
RF_6	La aplicación de RA debe poder hacer uso de la cámara del dispositivo para extraer imágenes.	General	Alta
RF_7	La aplicación de RA debe permitir el procesamiento de imagen para detección de marcadores de identificación de posiciones o productos en el almacén.	General	Alta
RF_8	La aplicación de RA debe permitir la autenticación de usuario.	General	Media
RF_9	La aplicación de RA debe permitir la consulta del número de operaciones <i>en salida</i> a la plataforma.	Operativa	Media
RF_10	La aplicación de RA debe ofrecer soporte durante la realización completa de una ruta operativa utilizando la información descargada de la plataforma.	Soporte	Alta
RF_11	La aplicación de RA debe informar de las operaciones a realizar en cada parada del almacén utilizando la información descargada de la plataforma.	Operativa	Alta
RF_12	La aplicación de RA debe ser capaz de gestionar el posicionamiento del usuario e indicar la ruta a seguir para ubicarse en la localización de la siguiente operación a realizar.	Operativa	Alta
RF_13	La aplicación de RA debe ser capaz de actualizar el posicionamiento del usuario mediante detección de marcadores.	Operativa	Media
RF_14	La aplicación de RA debe generar instrucciones <i>smart</i> en función del contexto para la recogida y paletizado de productos.	Soporte	Baja
RF_15	La aplicación de RA debe permitir la descarga de información adicional de productos de la plataforma de servicios.	Operativa	Baja
RF_16	La aplicación de RA debe permitir el registro de movimientos mediante la lectura del código identificador de los productos.	Operativa	Media
RF_17	La aplicación de RA debe permitir el descarte de movimientos que no se pueden realizar.	Operativa	Media
RF_18	La aplicación de RA debe permitir el registro de incidencias sobre productos.	Soporte	Media
RF_19	La aplicación de RA debe mostrar un reporte final de ruta en el que se informe del tiempo invertido y el número de operaciones realizadas.	Operativa	Baja
RF_20	La aplicación de RA debe ofrecer soporte para resolución de incidencias	Soporte	Media



	tipificadas.		
RF_21	La aplicación de RA debe ofrecer soporte para documentación de instrucciones y prácticas adecuadas durante la operativa.	Soporte	Media
RF_22	La aplicación de RA debe ofrecer soporte para la reproducción de vídeo de guía o ayuda durante la operativa.	Soporte	Media
RF_23	El despliegue Android debe permitir la retransmisión de <i>streaming</i> de vídeo para su consulta de forma remota.	Soporte	Baja
RF_24	La aplicación de RA debe contar con una versión alternativa adaptada para <i>smart glasses</i> o dispositivos <i>head-mounted</i> .	Operativa	Alta

Tabla 9 – Requisitos funcionales para el sistema REAL

Requisitos no funcionales

ID	Descripción	Atributo de calidad	Categoría	Prioridad
Aplicación para el soporte a la operativa en el almacén				
RNF_1	La interfaz del dispositivo de RA debe ser simple, sin sobrecarga de información.	Usabilidad	General	Alta
RNF_2	La interfaz del dispositivo de RA debe adaptarse según el contexto de la operativa en cada momento.	Usabilidad	General	Alta
RNF_3	La aplicación de RA debe ofrecer una interfaz adaptativa para su correcta adecuación a diferentes pantallas y resoluciones.	Usabilidad	General	Media
RNF_4	La respuesta de la interfaz del dispositivo RA a la entrada de eventos de usuario debe producirse en tiempo real.	Rendimiento	General	Alta
RNF_5	La aplicación de RA debe restringir la visualización de información a usuarios autenticados.	Seguridad	General	Media
RNF_6	La detección de marcadores identificadores usando la aplicación de RA debe ser automática.	Usabilidad	General	Baja
RNF_7	La aplicación debe funcionar en las condiciones de entorno habituales de un almacén (300-500 luxes).	Entorno	Operativa	Alta

Tabla 10 – Requisitos no funcionales para el sistema REAL

TAREA 1.2: DISEÑO DE LA ARQUITECTURA

En la tarea 1.2 se realizó el diseño del sistema REAL, que da respuesta al escenario y caso de uso definido en la tarea anterior. A continuación, se resume el diseño configurado.

HITO 1 – T1.2: DISEÑO DEL SISTEMA Y DESCRIPCIÓN DE SUS COMPONENTES

El sistema que dará soporte a los procesos logísticos en el almacén se estructurará mediante una arquitectura tipo cliente-servidor. Se utilizarán los dispositivos móviles (arm-mounted y head-mounted) como clientes de una plataforma de servicios que contendrá toda la información referente a productos, y operaciones a realizar, realizando los intercambios de información entre los distintos componentes a través de la Web.



Este sistema deberá conectarse al SGA existente para la consulta y actualización de información, de manera que se pueda obtener información verídica del estado actual del almacén y de las operaciones pendientes sin necesidad de duplicar el sistema de información.

Por último, se estudiará la viabilidad de integración de este sistema con un sub-sistema de monitorización de entrada/salida de mercancía basado en visión artificial. Dicho sistema vigilará las zonas de carga y descarga del almacén detectando la entrada y salida de pallets, y mandando información de dichos eventos a la plataforma para la actualización del inventario.

La siguiente imagen muestra un esquema conceptual del sistema global planteado, en el que pueden verse los componentes principales:

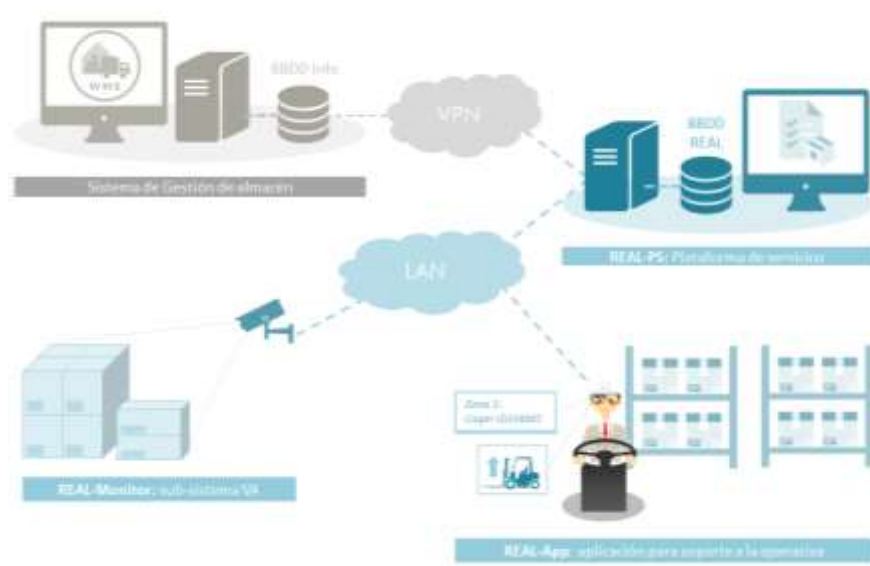


Imagen 2 – Esquema conceptual del sistema REAL

Plataforma de servicios

A continuación, se describe la arquitectura de la plataforma de servicios.

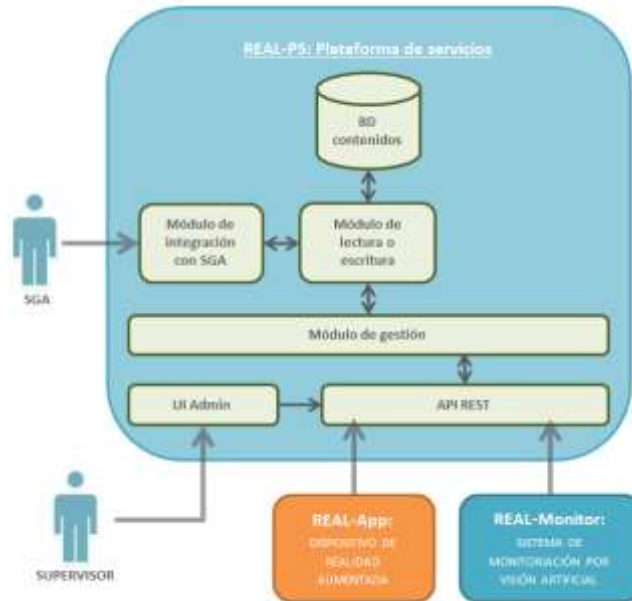


Imagen 3 - Esquema de los módulos principales de la Plataforma de Servicios

Interfaces de usuario

La interfaz de usuario para la plataforma de servicios consistirá en una aplicación Web sencilla (descrita anteriormente como *UI Admin*) que permita la actualización y configuración de los contenidos digitales a mostrar en los procesos del almacén, así como la gestión de usuarios.

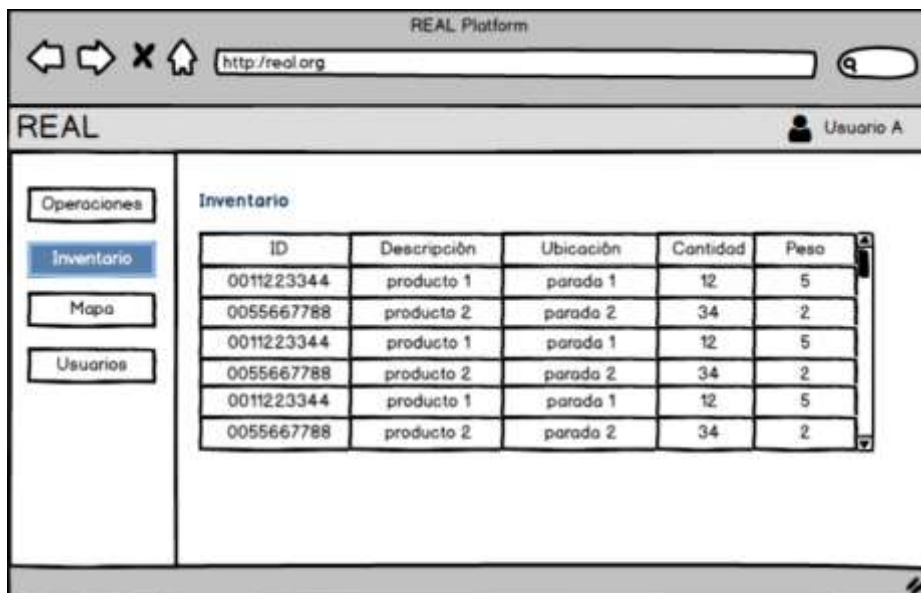


Imagen 4 - Mockup de ejemplo de UI de la Plataforma de Servicios

Esta interfaz deberá incluir al menos los siguientes apartados:

- **Panel de operaciones**, desde el que se puedan consultar las operaciones realizadas, las operaciones pendientes, y generar órdenes.



- **Panel de inventario**, en el que se vea el estado actual del inventario de productos del almacén. Desde este panel se deberían poder realizar consultas sobre productos concretos, para averiguar su ubicación dentro del almacén.
- **Mapa**, que muestre la organización del espacio de almacén en paradas, zonas y localizaciones.
- **Panel de administración de usuarios**, donde el Administrador de la plataforma podrá crear o dar de baja usuarios en el sistema con distinto rol: administrador (supervisor) u operario.

Aplicación para soporte a la operativa

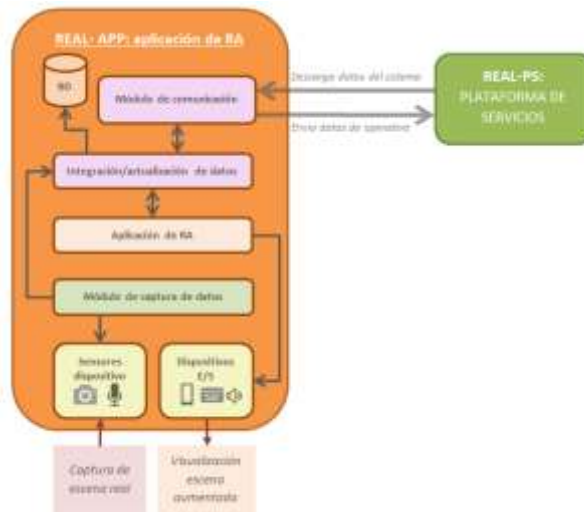


Imagen 5 - Esquema de los módulos del dispositivo de Realidad Aumentada

Interfaces de usuario

La interfaz de usuario para los dispositivos de realidad aumentada consistirá en una aplicación Android a desplegar, inicialmente, en un *Smartphone*, y posteriormente – en una versión más limitada – para gafas de realidad aumentada. Esta interfaz permitirá guiar al operario en el desarrollo de sus actividades en el almacén, indicándole las rutas a seguir por la planta y los paquetes a manejar en cada lugar.



Imagen 6 - Mockup de ejemplo de UI del dispositivo de Realidad Aumentada

El detalle de las diferentes ventanas que se irán desplegando en cada paso del proceso formativo se describe a continuación:

Pantalla de login



Imagen 7 - Framework RA: prototipo de pantalla de login

Solicita la entrada del id de usuario y su contraseña. Al pulsar el botón “login” se continúa al menú principal si la validación es correcta.

Visualización de ruta

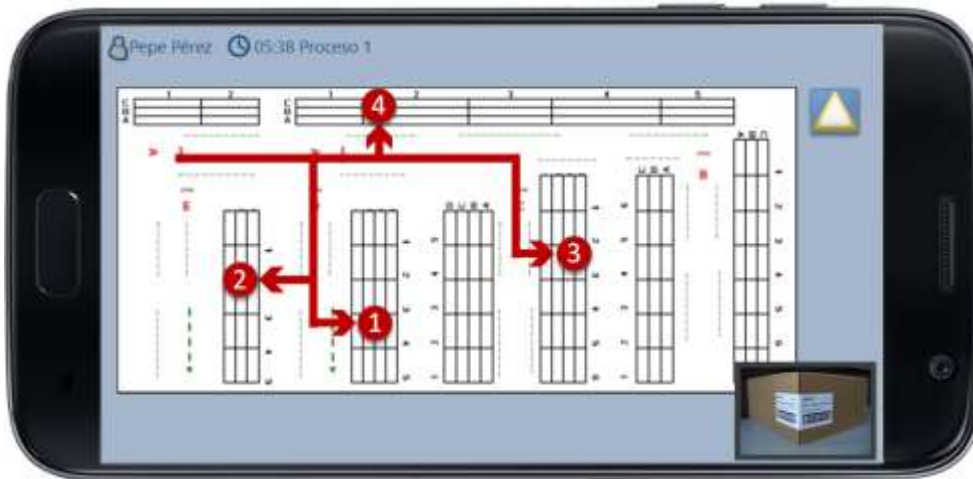


Imagen 8 - Framework RA: prototipo de pantalla de visualización de ruta

Al iniciar una sesión se muestra el *layout* de la planta con el itinerario a realizar trazado indicando qué puestos se deben visitar. En la parte superior aparece el tiempo que se lleva realizando el proceso. También se muestra una pequeña ventana con la visualización de lo que capta la cámara para ayudar al usuario a apuntar cuando desee escanear algún código. El botón de incidencias lleva a la pantalla de revisión de incidencias si hay alguna registrada.

Acciones en puesto

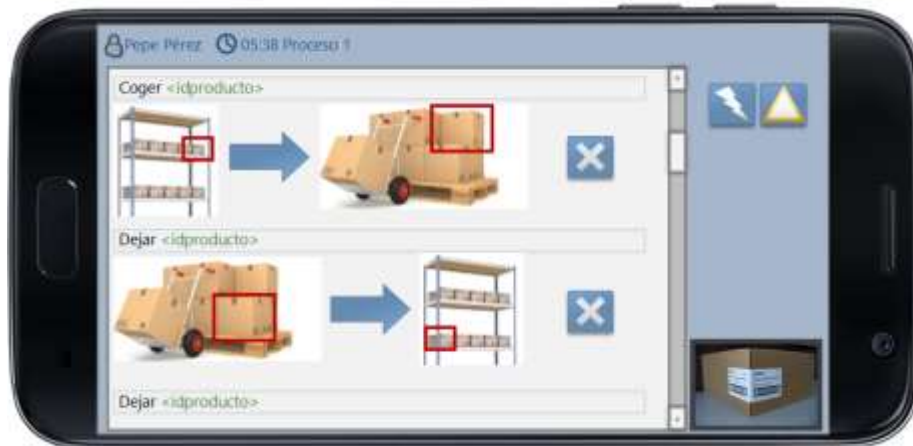


Imagen 9 - Framework RA: prototipo de pantalla de detalle de puesto

Al escanear el código QR del puesto al que acudir se despliega la pantalla que informa de los bultos que hay que manipular en él. Para cada paso a realizar (bulto a manipular) existe un botón de “descartar paso” para cancelarlo (por si no se pudiera realizar debido a alguna incidencia). Al escanear los productos que se manipulan, los pasos van descartándose de la lista automáticamente. La ventana de vista de cámara se mantiene, así como el botón de revisión de incidencias. El botón de registro de incidencia lleva a la pantalla correspondiente.

Al pulsar sobre el nombre de un producto se accede a la pantalla de detalles del mismo.

Detalles de producto

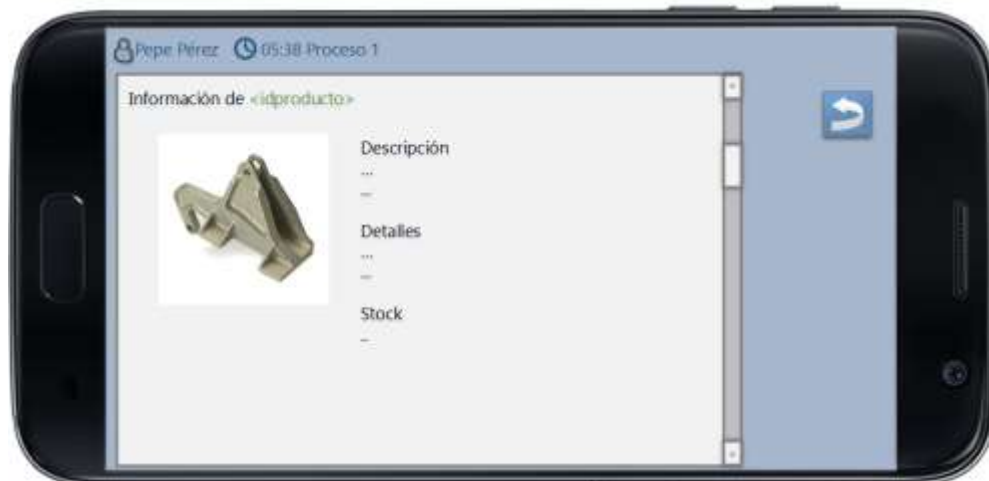


Imagen 10 - Framework RA: prototipo de pantalla de detalles de producto

Muestra la información asociada a ese producto. El botón “volver” permite retornar a la pantalla anterior.

Al terminar todos los pasos de todos los puestos se despliega la pantalla con un informe sobre la sesión realizada. El botón de “revisar incidencias” permite consultarlas por si se desea descartar alguna. El botón “terminar” finaliza la sesión y devuelve al usuario al menú principal.

Tecnologías y equipamiento hardware a utilizar en el dispositivo de RA



Los dispositivos objetivo donde se desplegará la aplicación de RA son sistemas con SO Android que dispongan de micrófono y cámara, en principio *Smartphones* o gafas de realidad aumentada; por lo que el desarrollo se hará utilizando el SDK de Android con Android Studio⁵. Para la identificación de productos se utilizarán como marcadores de imagen códigos QR, y la librería Zxing para su reconocimiento.

Sub-sistema de VA para el reconocimiento de E/S

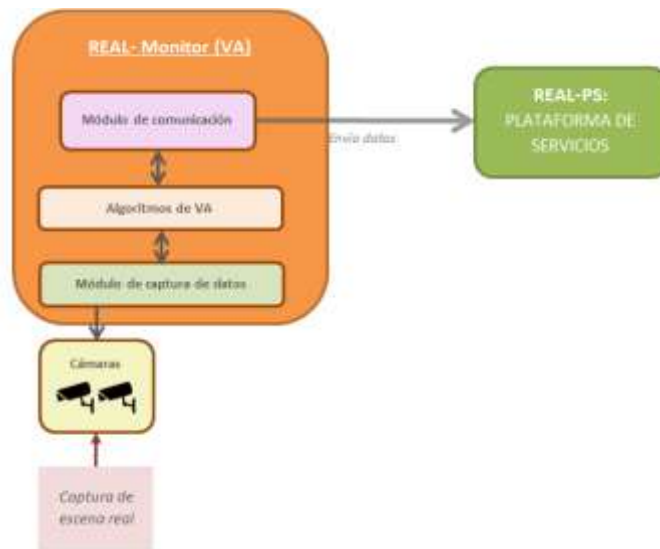


Imagen 11 – Esquema de componentes del módulo de monitorización

- **Sistema de cámaras**, que recogerán imágenes en las zonas de carga y descarga de mercancías.
- **Unidad de procesamiento**, en la que se ejecuta el módulo principal que gestiona la captura y procesamiento de imágenes. En esta unidad se ejecutan los algoritmos de visión artificial que permiten: detectar entradas/salidas de mercancías, y reconocer o caracterizar la mercancía que entra/sale. Además, esta unidad de procesamiento integrará un módulo para la comunicación con la plataforma, que permitirá el envío de datos para actualización del inventario. Esto se hará a través del servicio Web definido como WS_10 (*updateQuantity*).

HITOS 2-3: Desarrollo de componentes para procesos operativos (H2) y componentes de soporte (H3)

TAREAS 2.1 Y 2.2: DESARROLLO DE COMPONENTES PARA PROCESOS OPERATIVOS (Picking / Stock)

Como parte de esta tarea se han desarrollado las siguientes funcionalidades de los componentes mencionados:

- **REAL-PS – Plataforma de servicios**: recopilación de información del SGA (base de datos MySQL), creación de la API para comunicación con los demás componentes, bases de datos principales, interfaz de usuario Web para consultas de información (inventario, operaciones,

⁵ <https://developer.android.com/studio/index.html>



mapa del almacén, búsquedas, etc.).

- **REAL-App – Aplicación de realidad aumentada:** aplicación base con comunicación con la plataforma, que permite iniciar un pulso por el almacén y recibir instrucciones sobre las operaciones a realizar en cada paso del proceso; capacidad de consulta de información detallada de un producto.
- **REAL-Monitor:** sistema de visión artificial con algoritmos para detección de E/S de pallets en las zonas de carga y descarga de mercancía, que combina la información de dos cámaras para obtener características de los pallets que salen o entran. Comunicación con la plataforma para actualización del inventario a través de su API.

TAREAS 3.1, 3.2 Y 3.3: DESARROLLO DE COMPONENTES PARA SOPORTE (Calidad, Incidencias y Tele-asistencia)

Como parte de esta tarea se han desarrollado las siguientes funcionalidades de los componentes mencionados:

- **REAL-PS – Plataforma de servicios:** almacenaje de instrucciones y procedimientos paso a paso (instrucciones *Smart*), Web para servicio de Tele-asistencia, generación de estadísticas de realización de los procesos logísticos y pantalla para su visualización en el UI.
- **REAL-App – Aplicación de realidad aumentada:** integración con la aplicación de video-streaming para asistencia remota del operario; funcionalidades para registro de la realización de operaciones; reporte de incidencias relacionadas con los procesos logísticos; funcionalidades para consulta de dudas sobre la operativa.
- **Aplicación de video-streaming,** con capacidad de retransmisión en vivo de las imágenes obtenidas del dispositivo usado por el operario. Esta información se puede consultar a través de una interfaz Web instalada en la plataforma de servicios.

Los resultados conseguidos del trabajo en ambos Hitos se describen a continuación:

REAL-PS: Plataforma de Servicios

La plataforma REAL tiene como objetivo posibilitar la integración con un Sistema de Gestión de almacén (SGA/WMS) para obtener información de los procesos y productos, mientras que ofrece una serie de servicios para la comunicación con el framework de realidad aumentada que da soporte al usuario en sus rutas operativas. La plataforma consta de dos componentes diferenciados:

- El core de integración de información, que incluye la lógica de la plataforma, las bases de datos y los servicios Web para el intercambio de información con otros componentes.
- La aplicación Web de gestión.

Los servicios Web expuestos mediante API REST permiten la consulta de información y subida de datos desde la aplicación de realidad aumentada, de manera que la actualización del sistema se realiza automáticamente a medida que el operario completa acciones durante su operativa de picking y paletizado. Además, el registro de información sobre los procesos operativos permite su uso posterior para análisis e identificación de ineficiencias o posibles puntos de mejora.

Por otro lado, la aplicación de gestión proporciona una interfaz para el control de stocks, la



visualización del inventario del almacén y la búsqueda por referencias o productos.

Base de datos de la plataforma

Las estructuras de información relevantes para poder ofrecer la información necesaria en los procesos operativos, contenida en la plataforma, son las siguientes.

Usuarios

Los usuarios registrados en el sistema. Contienen su nombre de usuario, identificador, contraseña y género para mostrar un avatar acorde en la plataforma Web.

id	username	identifier	password	gender
1	admin	0	\$2a\$08\$HnFs3RMVvOUwoN2dAY10udDX86Wk7...	NULL
2	maria.somil	111	\$2a\$08\$FvM5kZChSLaox7IenSdKeOh3aZJeZES...	mujer
3	roberto.canzalez	222	\$2a\$08\$Eiv5VNNWfZihOZLuvu2nuoMdu77Z6...	hombre
4	irene.bouzon	333	\$2a\$08\$Z,0uP/T,JSOh2kZHFxiCuHwKCoJHY3...	mujer
5	carmen.camomanes	444	\$2a\$08\$LGZbnfvIvZDctabHfZrhSeJWNUmVb...	mujer
6	daniel.garcia	555	\$2a\$08\$uOD6toQMcAAVPis.o3PHerwazfMvY...	hombre
7	laine.menendez	666	\$2a\$08\$SivWfNooxvZ3XPbsWJru8POzEcdXf6...	hombre
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Tabla 11 – Tabla de usuarios del sistema

Paradas

Las distintas paradas dentro del almacén. Contienen las coordenadas (x, y) referentes a la imagen del *layout* para permitir su representación dinámica. Es importante distinguir entre el identificador de parada (comienza en 1) y el nombre de parada (comienza en 0).

id	name	coordX	coordY
1	0	10	50
2	1	20	26
3	2	57	26
4	3	30	43
5	4	22	62
6	5	57	62
7	6	75	44
8	7	81	44
9	8	84	26
10	9	90	80
11	10	31	80
NULL	NULL	NULL	NULL

Tabla 12 – Tabla de paradas del almacén

Ubicaciones

Las ubicaciones concretas para almacenaje de productos dentro de cada parada.

id	name	stopId
1	alta	1
2	intermedia	1
3	baia	1
4	alta	2
5	intermedia	2
6	baia	2
7	alta	3
8	intermedia	3
9	baia	3
10	alta	4
11	intermedia	4
12	baia	4
13	alta	5
14	intermedia	5
15	baia	5
16	alta	6
17	intermedia	6
18	baia	6
19	alta	7
20	intermedia	7

Tabla 13 – Tabla de ubicaciones del almacén



Referencias

Los distintos tipos de productos que se trabajan en el almacén. Contienen un número de parte, nombre, descripción y peso unitario en kilos.

id	partNumber	name	description	weight
1	463L	cilindro	Pacquete de cilindros preferidos para oases espe...	0.85
2	945W	piston	Compresores de piston para refrigeración indus...	1.2
3	676I	vastao	Juntas de vastao que estanouizan. amortiaua...	5.2
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Tabla 14 – Tabla de referencias del almacén

Proveedores

Los distintos proveedores de los que se recibe stock para el almacén.

id	name
1	linivo
2	bell
3	lapino
4	cistell
5	allin
6	turx
NULL	NULL

Tabla 15 – Tabla de proveedores de productos

Cajas

Los productos que se reciben de los proveedores y se envían a los clientes. Contienen un número de orden de fabricación que las identifica, una referencia, cantidad de unidades, identificador de proveedor, e identificador de ubicación actual en el almacén; así como una fecha estimada de salida.

id	fabricationOrder	quantity	deliveryEstimated	quality	isDeleted	referenceId	locationId	providerId
1	068D87E	5	2018-11-30 15:51:04	1	0	1	7	5
2	840CFFA	5	2018-03-03 12:18:55	1	0	3	9	2
3	9CFCAFF	12	2018-03-12 04:58:35	1	0	2	8	4
4	6F583BF	2	2018-06-13 14:04:13	1	0	1	7	6
5	C75ADF1	3	2018-06-25 03:55:48	1	0	2	17	3
6	6A00952	23	2018-02-12 00:06:31	1	0	2	18	4
7	DA792F2	4	2018-10-01 21:43:16	1	0	1	19	5
8	00F1CA3	66	2018-11-30 16:25:03	1	0	1	25	6
9	05A380B	21	2018-06-09 22:58:58	1	0	2	29	3
10	833B6F4	23	2019-01-22 19:07:15	1	0	3	30	1
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Tabla 16 – Tabla de cajas o productos del almacén

Órdenes

Las operaciones a realizar registradas en el sistema. Están formadas por un identificador de caja, una ubicación de destino y el identificador del operario (usuario) al que se le ha asignado. Un campo de estado indica si ya se han completado o no, y se registra su fecha de inicio y de finalización a medida que el usuario realiza la recogida y depósito del producto especificado.

id	status	start_date	end_date	targetLocationId	boxId	pulseId	userId
1	0	NULL	NULL	15	1	NULL	2
2	0	NULL	NULL	3	2	NULL	2
3	0	NULL	NULL	12	3	NULL	2
4	0	NULL	NULL	11	4	NULL	2
5	0	NULL	NULL	28	5	NULL	4
6	0	NULL	NULL	16	6	NULL	2
7	0	NULL	NULL	3	7	NULL	5
8	0	NULL	NULL	2	8	NULL	2
9	0	NULL	NULL	2	9	NULL	2
10	0	NULL	NULL	1	10	NULL	5
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Tabla 17 – Tabla de órdenes del sistema

Tabla 18 – Servicios expuestos por la plataforma



Aplicación Web (UI)

Mediante la aplicación Web de gestión se tiene acceso a la gestión de usuarios del sistema, a la visualización de operaciones pendientes, la lista de rutas realizadas y el control de *stock* del almacén.

Orden fabricación	Referencia	Cantidad	Ubicación origen	Ubicación destino
00FICA	cilindro [48L]	86	Parada 4, ubicación alta	Parada 0, ubicación intermedia
05A300B	piston [400W]	21	Parada 3, ubicación intermedia	Parada 0, ubicación intermedia
000007E	cilindro [48L]	5	Parada 2, ubicación alta	Parada 4, ubicación baja
0000052	piston [400W]	20	Parada 5, ubicación baja	Parada 5, ubicación alta
05A300B	cilindro [48L]	2	Parada 2, ubicación alta	Parada 3, ubicación intermedia

Imagen 12 – Pantalla de órdenes pendientes del usuario en la aplicación Web

Esta aplicación, como puede verse en la imagen, muestra información de: operaciones, productos, usuarios y la distribución de los espacios del almacén.

Desde esta interfaz además pueden realizarse consultas, con dos objetivos:

- Localizar productos en el almacén.
- Consultar el espacio disponible en una ubicación.

Producto	Referencia	Cantidad
cilindro	48L	77 unidades
piston	400W	66 unidades

Imagen 13 – Pantalla de inventario del almacén en la aplicación Web



Plano del almacén con el inventario actual



Imagen 14 – Al pulsar sobre una de las paradas activadas, sólo se ven las cajas que contengan la referencia solicitada.

Estadísticas

La aplicación Web de gestión de la plataforma cuenta con una interfaz concreta, solo accesible para el usuario administrador, en la cual se pueden visualizar datos estadísticos calculados a partir de la información recogida.



Imagen 15 – Interfaz de visualización de estadísticas en la aplicación Web

En la imagen anterior se pueden observar dos gráficos distintos:

- **Pulsos distribuidos por mes** (a la izquierda): un conteo del total de rutas operativas finalizadas durante los últimos 6 meses. Aporta información sobre la carga de trabajo general del almacén en cada mes.
- **Pulsos distribuidos por operarios** (a la derecha): se contrasta el número total de pulsos realizados por cada usuario frente al total de rutas operativas finalizadas en el sistema para obtener el porcentaje de aportación de cada operario.



REAL-App: Aplicación de Realidad Aumentada

El framework de realidad aumentada para soporte en procesos operativos de *picking*, *stock* y paletizado se presenta como aplicación para sistemas operativos Android, de la cual se adjuntan dos versiones (2 archivos *.apk) en la carpeta *Apk*:

- Versión para dispositivos móviles (*REAL_mobile.apk*)
- Versión para *smart glasses* (*REAL_smartglass.apk*)

Ambas versiones incorporan la misma funcionalidad en lo referente a los procesos operativos; adaptando únicamente la interfaz para adecuar correctamente la visualización de información e instrucciones a las capacidades de los distintos dispositivos. También se adapta el método de *input* de usuario, que en la versión móvil utiliza la pantalla táctil, mientras que en la versión de *smart glasses* utiliza botones.



Imagen 16 – Comparativa entre interfaz móvil (izq.) y gafas (dcha.) de la aplicación RA

En la siguiente imagen puede verse la distribución de paneles de la aplicación, así como sus botones principales.





Imagen 17 – Pantalla por defecto de la aplicación de RA

La pantalla por defecto que se muestra al iniciar la aplicación consta de los siguientes componentes



principales:

- [1] Visor de la hora actual
 - [2] Visor del usuario que ha iniciado sesión
 - [3] Espacio reservado para visualización de mensaje informativo
 - [4] Espacio reservado para visualización de iconos de conexión
- El icono  aparecerá en caso de no poder conectar con el servidor al realizar una petición
- El icono  será visible mientras la aplicación esté esperando una respuesta del servidor
- [5] Botón para acceder a la ventana de configuración
 - [6] Botón de ayuda
 - [7] Botón de *streaming* de vídeo
 - [8] Visor de la cámara del dispositivo

Al no haber ningún usuario *logueado* en la aplicación, no se realiza la consulta sobre el número de operaciones *en salida* para iniciar una ruta. Es necesario apuntar la cámara a un código QR de identificación de usuario para iniciar sesión en el sistema mediante la consulta correspondiente al servidor.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de visualización de próxima operación sobre el mapa del almacén con sus paradas correspondientes. Se puede ver que se traza la ruta que el usuario debe seguir para avanzar desde su posición actual (que al inicio es la parada "0" de salida) hasta la siguiente parada donde debe realizar operaciones.

Cuando el usuario se desplace a una localización distinta, basta con apuntar la cámara del dispositivo al QR identificador de parada para que la aplicación actualice las instrucciones a seguir. Alternativamente, también se pueden indicar estos desplazamientos pulsando sobre el botón que representa la parada en la interfaz.



Imagen 18 – Guiado a través del almacén en la aplicación de RA

En esta otra imagen se muestra un ejemplo de instrucciones indicadas una vez llegada a la parada correspondiente.



Imagen 19 – Indicación de operaciones pendientes en la aplicación de RA

Cada instrucción se presenta en un panel independiente con los siguientes componentes:



Imagen 20 – Panel de operación a realizar en la aplicación de RA

- [1] Descripción de la operación, indicando movimiento, ubicación y producto
- [2] Botón para visualización de detalles del producto
- [3] Instrucciones *smart* para recogida/depósito y paletizado del producto
- [4] Botón para marcar operación completada
- [5] Botón para descartar operación

Las instrucciones *smart* se calculan de forma dinámica en función de la ubicación física del producto y el peso del paquete completo, comprobando el peso de la referencia y el número de unidades que contiene. De esta forma, es posible indicar al usuario de forma intuitiva y visual en qué sección específica de la parada se encuentra el producto a recoger o depositar (zona alta, intermedia o baja de la estantería) y en qué zona del pallet debe ubicarse (zona trasera, zona frontal o zona frontal superior).

Pulsando el botón de visualización de detalles, se muestra la información asociada al producto (número de fabricación) que contiene la plataforma de servicios. Se indica el contenido del paquete, así como el origen y el destino del movimiento a realizar.



Imagen 21 – Detalles de producto en la aplicación de RA



Imagen 22 – Fin de ruta en la aplicación de RA

Al terminar con todas las operaciones de la ruta, se envía una petición al servidor para informar de la finalización del proceso operativo y se muestra en la aplicación la pantalla informativa con los datos más relevantes acerca de tiempos empleados y operaciones completadas. Al cerrar esta pantalla, se retorna a la pantalla inicial, en la que se puede comprobar que el número de operaciones pendientes que existen en la plataforma ha descendido tantas unidades como operaciones se han completado.

Ayuda

En la barra de herramientas del lateral derecho de la interfaz de la aplicación de realidad aumentada se presenta un botón de “ayuda”.



Imagen 23 – Botón de ayuda en la aplicación de RA

Al pulsarlo, se muestra un menú que permite elegir entre distintos contenidos formativos, de guía o de soporte para usuarios menos experimentados: las instrucciones para resolución de una incidencia tipificada, las recomendaciones para incorporación de buenas prácticas y mejora de las tareas de un proceso, y la visualización de una videoguía previamente grabada por expertos sobre los procedimientos en el almacén.



Imagen 24 – Menú de ayuda en la aplicación de RA

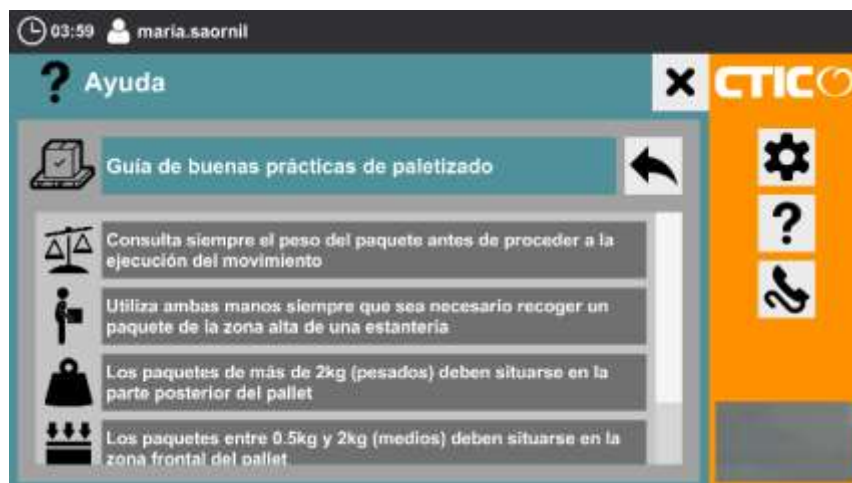


Imagen 25 – Recomendaciones para operativa en la aplicación de RA



Imagen 26 – Reproducción de vídeo formativo en la aplicación de RA

Tele-asistencia

Para dar soporte a un usuario poco experimentado que no sepa cómo responder ante la detección de una incidencia, y cuando la ayuda mostrada por la aplicación sea insuficiente, se ofrece la posibilidad de realizar *streaming* de vídeo para la asistencia remota por parte de un experto. Pulsando el botón correspondiente en la barra lateral de la interfaz de la aplicación, se lanza la aplicación de *streaming ipcam-server*, si es que esta está instalada en el dispositivo. En caso contrario, aparece un mensaje de notificación por pantalla.



Imagen 27 – Botón de streaming en la aplicación de RA

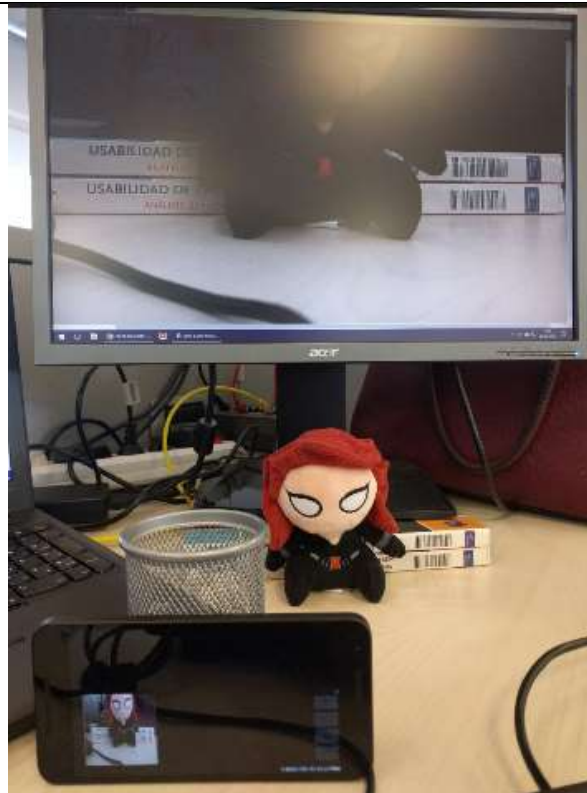


Imagen 28 – Visualización por navegador de streaming de vídeo desde dispositivo móvil

REAL-Monitor: sub-sistema de monitorización de E/S basado en Visión Artificial

Mediante algoritmos de visión artificial se ha desarrollado un sistema de control del *stock* en tiempo real de un almacén. Este módulo utiliza las entradas de dos cámaras fijas situadas en la puerta de entrada/salida del almacén y, como resultado, proporciona información sobre el número de cajas entrantes y salientes de un determinado producto, y, por tanto, del número total de unidades del producto dentro del almacén en cada momento.

El software desarrollado consta de dos módulos principales:

- Uno para el conteo de los paquetes entrantes y salientes a través de la vista lateral,
- Otro para el conteo de los paquetes entrantes y salientes a través de la vista vertical.

Para controlar el *stock* del almacén en cada momento se ha implementado un sistema que combina técnicas de visión por computador y *deep learning*. Este sistema requiere la instalación de dos cámaras RGB en dos puntos fijos del almacén, una en un lateral de la puerta de entrada/salida y otra encima de dicha puerta enfocando de forma vertical.

Se han desarrollado dos algoritmos que trabajan paralelamente, cada uno de los cuales analiza el vídeo correspondiente a cada cámara. El funcionamiento de los dos es similar: detectan los palés que pasan por la zona, calculan sus dimensiones y el número de cajas de las partes visibles (uno alto y ancho y el otro ancho y profundidad) y su dirección, es decir, si entran o salen. Para obtener el número total de cajas de cada palé, se combina la información de ambos algoritmos y se realiza el conteo del *stock*.

Entrenamiento de algoritmos de VA en entornos virtuales:



En ambos casos, dado que no se cuenta con acceso a unas instalaciones reales donde realizar las pruebas, se ha optado por utilizar entornos virtuales para el entrenamiento y testeo de los algoritmos. Esto permite el desarrollo ágil de los algoritmos, realizando más fácilmente pruebas y cambios en la configuración, sin necesidad de hacer cambios hardware en una instalación. Esta aproximación resulta novedosa con respecto al estado de la técnica, aunque ya está empezando a utilizarse para el entrenamiento de algoritmos complejos de Inteligencia Artificial. Se trata de un enfoque que CTIC está investigando, intentando validar si este tipo de entrenamiento es suficiente para la aplicación posterior de los algoritmos a escenarios reales.

Algoritmo 1: Detección de palés y conteo de cajas mediante vista lateral

Este sistema procesa la información proveniente de la cámara RGB orientada de forma lateral para enfocar a los palés que entran y salen del almacén. Para cada fotograma del vídeo entrante se ejecuta un detector de palés generado específicamente para esta aplicación. En el caso de que se obtengan resultados positivos, el detector devuelve una serie de parámetros: la posición del recuadro que contiene el objeto dentro de la imagen, el grado de confianza de la detección, y los datos relativos a la clase del objeto (en este caso solo hay una, así que no sería relevante). Cuando el grado de confianza de la detección supera el umbral establecido (0.50) se considera que hay palé dentro del ángulo de visión de la cámara.

De la información proporcionada por el detector se extrae la posición del palé y a continuación se realizan una serie de operaciones para extraer sus dimensiones. En primer lugar, se realiza una comparación con una imagen de referencia del almacén (imagen de la escena sin objetos) para sacar las diferencias entre ambas. De esta forma, se refinan las dimensiones del objeto entero (bulto que ocupa el palé con las cajas que porta). Además, con estos datos el sistema es capaz de saber si el palé entra o sale del almacén, debido a que las entradas y salidas se hacen por carriles diferentes. Como las dimensiones del palé son conocidas se realiza una estimación de las dimensiones de los paquetes que van en el palé (alto y ancho) calculando la relación “píxeles por metro”. Se puede definir esta relación como: $\text{píxeles_por_metro} = \text{ancho_objeto} / \text{ancho_conocido}$, donde el valor de *ancho_conocido* es la longitud de un objeto de referencia conocido, en este caso la anchura del palé (120 cm). Nótese que esta forma de calcular medidas en imágenes es una estimación, ya que no se tiene en cuenta el efecto de la perspectiva.

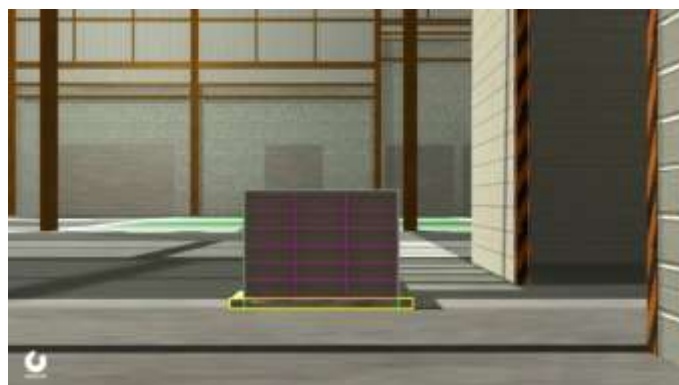


Imagen 29 – Ejemplo de funcionamiento del algoritmo 1 sobre un almacén virtual

Algoritmo 2: Detección de palés y conteo de cajas mediante vista vertical

El funcionamiento de este algoritmo es similar al anterior, excepto que no se aplica el detector de palés. Al ser una vista vertical, los paquetes se ven desde arriba y es muy difícil realizar un modelo que



los identifique, ya que pueden variar mucho de unos a otros. Para realizar la detección, se compara con una imagen de referencia (imagen de la escena sin objetos) y se analiza si hay diferencias en la zona específica por donde se sabe que entran y salen los palés. A continuación, se comprueba si estas diferencias siguen la forma de un palé con cajas (rectángulo) y, en caso afirmativo, se extraen las dimensiones siguiendo la misma metodología que en el algoritmo 1. En este caso, se obtiene el número de cajas en la vista vertical (planta).

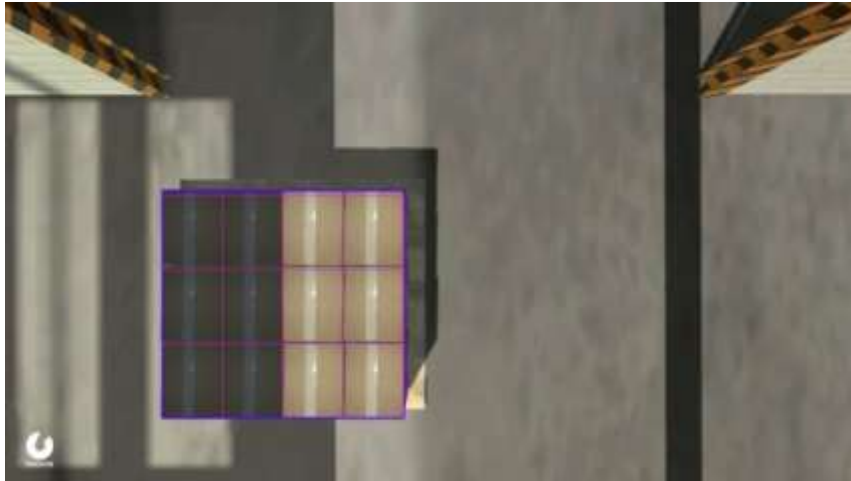


Imagen 30 – Ejemplo de funcionamiento del algoritmo 2 sobre un almacén virtual

Al igual que en el caso anterior, se lleva a cabo un proceso de comprobación dentro de los 20 fotogramas siguientes a la detección de un palé para evitar contabilizar el mismo más de una vez.

Utilizando los resultados de los dos algoritmos descritos es posible obtener el número total de cajas en cada palé, posibilitando el control automático de *stock* del almacén en tiempo real.

Procesamiento de las imágenes

Mediante herramientas diseñadas para la tarea de etiquetado de imágenes, una persona manualmente procesará cada una de las imágenes de forma individual. Selecciona el objeto a buscar mediante un marco, recuadrando el objeto en una “*bounding box*”.



Imagen 31 – Herramienta para la preparación de imágenes para entrenamiento

Al mismo tiempo, asignará la etiqueta correspondiente al objeto. Esto tendrá como resultado final un fichero que contendrá los datos necesarios para que el algoritmo de entrenamiento pueda asimilar la información de la imagen correctamente y de esta forma dar como resultado final un detector de objetos (en este caso, pallets).

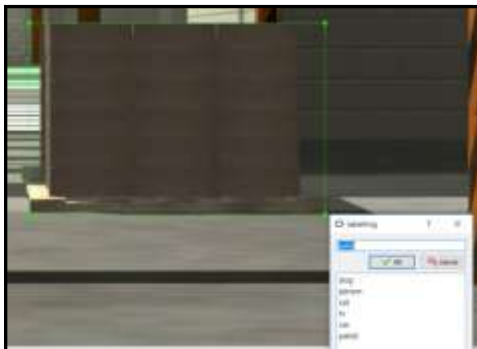


Imagen 32 - Etiquetado y selección del objeto a detectar



```
<?xml version="1.0"?>
<annotation>
  <folder>output</folder>
  <filename>out168.png</filename>
  <path>C:\Users\XXXXXX\Pictures\output\out168.png</path>
  <source>
    <database>Unknown</database>
  </source>
  <size>
    <width>1200</width>
    <height>720</height>
    <depth>3</depth>
  </size>
  <segmented>0</segmented>
  <object>
    <name>pallet</name>
    <pose>Unspecified</pose>
    <truncated>0</truncated>
    <difficult>0</difficult>
    <bndbox>
      <xmin>501</xmin>
      <ymin>341</ymin>
      <xmax>853</xmax>
      <ymax>566</ymax>
    </bndbox>
  </object>
</annotation>
```

Imagen 33 - Ejemplo de fichero generado con los datos de una imagen para entrenamiento

Como se ha visto, el método tradicional de etiquetado y selección de objetos a detectar en imágenes es una tarea larga y tediosa. Gracias a la ventaja que ofrece un entorno virtual, en el cual se tiene acceso a absolutamente todos los datos de los objetos incluidos en él, se puede obtener de manera directa mucha información que sería muy difícil extraer en un entorno real. Por ejemplo, los objetos pueden avisar cuando están siendo *renderizados* por una cámara (y especificar además cual es la que lo está haciendo). De esta forma se podría evitar guardar aquellos “frames” de video en los cuales el objeto no está presente, haciendo una selección automática y evitando la tarea de clasificación manual que tanto tiempo consume. Igualmente, cuando el objeto está siendo renderizado, mediante scripts de código en las cámaras virtuales, se puede recortar la posición del objeto en la imagen, obtener las coordenadas de la “*bounding box*” que lo contiene y automáticamente generar el fichero con toda la información necesaria y vinculada a una imagen concreta. Estos ficheros son los que necesitan los algoritmos de entrenamiento para clasificación de objetos.

En las imágenes que a continuación se muestran, se puede observar el procesado automático que se realiza en las cámaras virtuales. El objeto detecta cuando está siendo observado por una cámara, gracias a los eventos programables en el entorno, avisa a la cámara que la imagen que está tomando es válida por estar el presente en ella. La cámara, gracias a los datos aportados por el objeto (posición espacial respecto a la cámara), crea el xml que vemos en la Imagen 33 y lo asocia con la imagen. De esta forma se logra un etiquetado automático de imágenes dentro de un entorno virtual para entrenamientos posteriores con Deep Learning.



Imagen 34 - Bounding Box automático de un pallet (1)

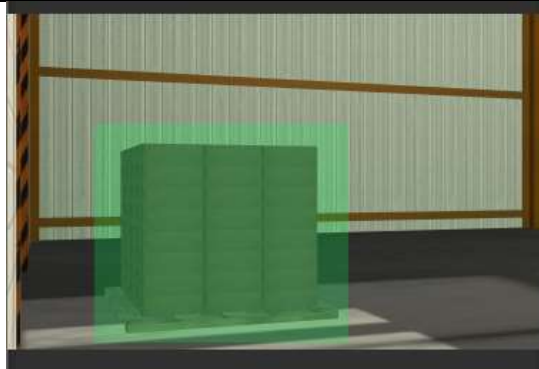


Imagen 35 - Bounding Box automático de un pallet (2)

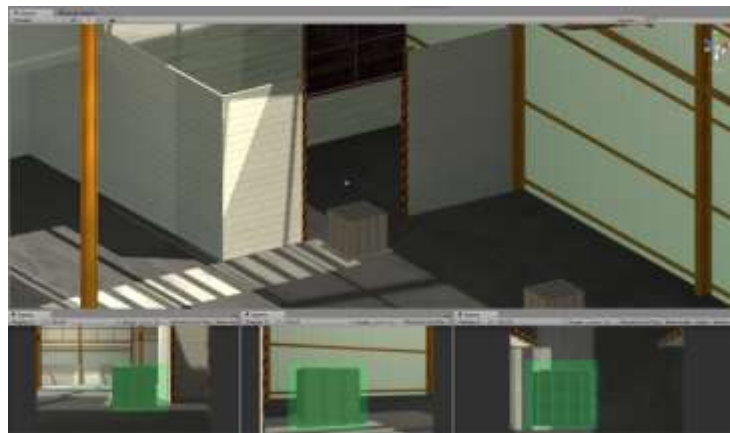


Imagen 36 - Sistema de cámaras con script para Bounding Box automático de los pallets

HITO 4: Integración y validación

HITO 4 – T4.1: Definición del plan de pruebas

Metodología

En primer lugar, es necesario definir el conjunto de criterios de evaluación que se aplicarán sobre cada uno de los requisitos identificados para comprobar su cumplimiento en el sistema desarrollado. Así, para cada uno de los criterios de evaluación se deberá indicar:

- El **requisito asociado** (identificador y descripción)
- El **aspecto a evaluar** (funcionalidad o aspecto de calidad)
- El **tipo de evaluación**, que podrá ser:
 - **Cuantitativa**, si existe una métrica que permita verificar que se cumple el requisito, o se trata de una característica que existe o no
 - **Cualitativa**, si es un atributo de calidad o una apreciación subjetiva
- La **prioridad** (nivel de necesidad temporal alta, media o baja)
- El **método de verificación** o instrumento; que puede ser una métrica, verificación por inspección del usuario revisor, por documentación, o mediante la realización de un caso de test. Los casos de test permiten comprobar las funcionalidades del sistema definiendo una secuencia de comportamiento esperada dadas unas condiciones de partida y unas acciones



establecidas. Para la definición de casos de test se utilizará la siguiente plantilla:

ID	Identificador: REAL_CT_X	Nombre	Nombre del caso de test
ID Requisito	Identificador del requisito a verificar con el caso de test		
Precondiciones	Condiciones que deben cumplirse para la ejecución del caso de test		
Caso de test	Descripción de la prueba a realizar		
Resultado esperado	Resultado ideal de la aplicación de acuerdo a los pasos ejecutados		
Descripción	Breve reseña de los factores que se validan con este test		

Tabla 19 – Plantilla para los casos de test

Entorno de pruebas

El sistema ha sido desplegado y probado en entorno de laboratorio, en las instalaciones de CTGIC, con sus equipos y con una red WiFi de área local para la comunicación de información entre componentes. Además, tal y como se ha comentado, se han utilizado vídeos obtenidos de entornos virtuales para simular el flujo de entradas y salidas de mercancías en un almacén.

Las aplicaciones han sido instaladas en las gafas de realidad aumentada Vuzix M300 y en un Smartphone Nexus 5x.

HITO 4 – T4.2: Ejecución del plan de pruebas y evaluación de resultados

Para los requisitos evaluables por inspección, se indicará el lugar o pantalla donde se verifica su consecución, mientras que se hará referencia al documento apropiado para los que son justificables por documentación. Para aquellos que han sido sometidos a los casos de test detallados en el plan de pruebas, se describirán los pasos realizados y los resultados obtenidos.

Conclusiones

El sistema REAL queda correctamente validado, verificando que los desarrollos realizados contienen toda la funcionalidad requerida para cumplir los objetivos establecidos al inicio del proyecto, mientras que cumple con las metas de calidad fijadas en el diseño.

Dado que no ha sido posible probar el piloto realizado en un almacén real, las medidas sobre las mejoras obtenidas con este nuevo sistema resultan estimaciones a raíz de los experimentos realizados en entorno de laboratorio. Estas pruebas sugieren una potencial reducción en los tiempos empleados, frente a sistemas tradicionales como uso de albaranes, a la hora de realizar rutas operativas de picking en las que el usuario debe:

- Identificar la siguiente zona del almacén a visitar
- Verificar que se encuentra en la zona correcta
- Identificar qué producto debe recoger o depositar
- Buscar el producto a recoger o depositar dentro de zona
- Verificar que ha recogido o depositado el producto correcto
- Reflejar los movimientos realizados en el sistema

Framework de Realidad Aumentada

En vista a los resultados, la interfaz de realidad aumentada desarrollada ofrece unas instrucciones claras y precisas, que se actualizan en el momento adecuado para continuar con el siguiente paso del proceso una vez que se registran, de forma automática, la realización de las acciones del paso anterior. Además, ofrece soporte para la verificación de las acciones del usuario mediante feedback que indica al usuario que la operación que ha registrado es correcta o incorrecta, y actualiza de forma automática



las bases del sistema de gestión del almacén para registrar los movimientos realizados.

Si además tenemos en cuenta el estado de la técnica realizado en la primera fase del proyecto, puede comprobarse como cada vez más empresas apuestan por esta tecnología para su aplicación a los procesos logísticos ya que claramente supone una ventaja frente a los métodos actuales, ya que permite reducir las interacciones necesarias para la realización de tareas, agilizando las consultas de información y facilitando la localización de recursos en el almacén. Además, en el caso de las soluciones en formato head-mounted, los operarios disponen de las manos libres para trabajar, recibiendo información en las pantallas de sus dispositivos que pueden visualizar sobre los componentes físicos sobre los que trabajan.

Plataforma de servicios

Respecto a la plataforma de servicios, una funcionalidad interesante para desarrollos posteriores consistiría en la integración de módulos avanzados de análisis de datos que permitan la ejecución de cálculos complejos. Así, podría ampliarse la cantidad de estadísticas obtenidas y los gráficos mostrados en la aplicación Web de gestión (los cuales sería interesante poder definir dinámicamente, a modo de dashboard) para facilitar un análisis más profundo de los datos recabados de los procesos operativos del almacén. Por ejemplo, podrían realizarse diferentes análisis bivariante o multivariante, cálculos de correlaciones, predicciones en base a históricos, comparación de ventanas temporales, etc.

Sub-sistema de monitorización mediante Visión Artificial

Debido a la dificultad en la obtención de imágenes reales para el entrenamiento del sistema de detección de los palés, creado mediante técnicas de Deep learning, la experimentación con la generación de entornos virtuales para crear las mismas condiciones que en un almacén ofrece unas increíbles posibilidades. La capacidad de poder variar cualquier condición del escenario, introducir actores, forzar situaciones, etc., da lugar a poder obtener imágenes que de otra forma sería, si no imposible, muy difíciles de conseguir. Se pueden realizar entrenamientos con imágenes tomadas desde distintos ángulos, variando la luz, el tamaño de las cajas, los palés, colores, etc. y ver qué situaciones son las que dan lugar a un conjunto de entrenamiento que posteriormente da como resultado un detector más preciso. Pensamos que ahondar en este tipo de enfoques para el desarrollo de conjuntos de entrenamiento tiene un futuro muy prometedor y en los próximos años irrumpirá con fuerza.

2. RESULTADOS CONSEGUIDOS

- Se han definido un conjunto de requisitos tanto técnicos, como funcionales, y atributos de calidad, para que el sistema REAL aporte valor a los procesos logísticos de las empresas del entorno industrial. Para la definición de dichos criterios, se ha realizado un análisis pormenorizado de los problemas principales identificados en los procesos de gestión de almacén.
- Se ha desarrollado una plataforma capaz de:
 - Integrar información de los SGA existentes;
 - Recopilar y servir información relativa a los procesos logísticos a los distintos componentes del sistema.



- Facilitar las labores de supervisión mediante la implementación de una UI Web que da acceso a los contenidos de la plataforma.
- Se ha diseñado una aplicación de realidad aumentada, en dos versiones: para gafas inteligentes y dispositivos móviles, que facilita la operativa de los trabajadores del almacén, aportando información sobre las operaciones a realizar, y facilitando la identificación y localización de recursos en el almacén, todo ello con la mínima interacción por parte de los usuarios. Además, dicha aplicación se integra con un módulo de video-streaming que permite la monitorización remota del trabajo del operario.
- Se han desarrollado todos los componentes del sistema, adaptándolos para cubrir las necesidades del caso de uso. Dichos desarrollos se han integrado y desplegado en el entorno de pruebas de CTIC, para la evaluación del valor del sistema para el soporte a la operativa logística.