

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Implementación de un sistema de información para la gestión
de unidades de manipulación en almacenes de grandes
dimensiones**

**Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Informático que
presenta:**

Paul Rodrigo Canasa Mayta

Asesores:

Dr. Manuel Francisco Tupia Anticona

Mg. Rony Cueva Moscoso

Lima, marzo de 2022

Resumen

Un almacén cuenta con tres funciones importantes. La primera está relacionada a la recepción, se debe realizar una verificación registrando la cantidad y las características de los productos recibidos para después ser almacenados. La segunda función abarca el control y gestión de los productos dentro de la infraestructura física. La tercera se refiere a la selección de productos a distribuir y el monitoreo de la entrega de estos al cliente.

Una de las formas más comunes de administrar productos en un almacén de gran envergadura es mediante el uso de unidades de manipulación. Estas estructuras han sido utilizadas ampliamente como un importante equipo de logística unitaria, puesto que mejoran el proceso de carga y transporte de bienes. Además, su uso puede reducir la tasa de daños y errores, la necesidad de mano de obra y otros costos de manipulación.

Existen varias consideraciones a tomar en cuenta al momento de recepcionar y despachar algún producto. Los almacenes pueden tener diferentes tipos de infraestructura y cada área dentro del almacén puede ser expuesta a distintos factores ambientales. Además, existen productos que deben estar distanciados de otros por su naturaleza, por ejemplo, no es posible mantener productos de consumo humano cerca de productos de limpieza. Otro punto a considerar son las políticas de rotación de productos, debido a que también influyen en la ubicación que deben tener en el almacén.

Partiendo de esta problemática, el objetivo de este trabajo de fin de carrera es implementar un sistema de información para el soporte a la gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones. Entre las funcionalidades más importantes se destacan la localización de los productos a despachar y las sugerencias por parte del sistema para que el usuario pueda almacenar los bienes recepcionados en el lugar más adecuado. Para lograr estas tareas se propone el uso de algoritmos metaheurísticos en la ubicación y salida de productos, así como se desarrollará un sistema web con el objetivo de monitorear las ubicaciones de los productos dentro del almacén y permitir al encargado realizar las funciones administrativas del mismo. Además, se implementará un aplicativo móvil con el fin de que el operario puede registrar los ingresos y salidas de bienes al almacén.

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto de tesis a mi familia, especialmente a mis padres Edgar y Marianela, por su cariño y apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional. Gracias por siempre confiar en mí y creer en mis sueños.



Tabla de Contenido

Índice de Tablas.....	8
Índice de Ilustraciones.....	10
Capítulo 1. Generalidades.....	14
1.1 Problemática.....	14
1.1.1 Árbol de problemas.....	14
1.1.2 Descripción.....	15
1.1.3 Problema seleccionado.....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo general.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.2.3 Resultados esperados.....	18
1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación.....	19
1.3 Herramientas, Métodos y Procedimientos.....	21
1.3.1 Business Process Model and Notation (BPMN).....	23
1.3.2 Bizagi Modeler.....	23
1.3.3 Entrevista no estructurada.....	24
1.3.4 Java.....	24
1.3.5 Lucidchart.....	24
1.3.6 Figma.....	24
1.3.7 HTML.....	25
1.3.8 CSS.....	25
1.3.9 JavaScript.....	25
1.3.10 React.....	25
1.3.11 Express.....	25
1.3.12 MySQL Workbench.....	26

1.3.13	Pruebas unitarias	26
1.3.14	Pruebas de integración	26
1.3.15	React Native	26
1.3.16	Scrum	27
Capítulo 2.	Marco Conceptual	28
2.1	Introducción	28
2.2	Desarrollo del marco	28
2.2.1	Almacenes de grandes dimensiones.....	28
2.2.2	Unidad de manipulación y SKU.....	28
2.2.3	Ubicación de almacenamiento	29
2.2.4	Clasificación de inventarios ABC.....	29
2.2.5	Recepción de productos.....	29
2.2.6	Ubicación de productos (put-away)	30
2.2.7	Gestión de inventario en almacén	30
2.2.8	Selección de productos para el despacho (picking).....	30
2.2.9	Sistemas de información para la gestión de unidades de manipulación .31	
Capítulo 3.	Estado del Arte	32
3.1	Introducción	32
3.2	Objetivos de revisión.....	32
3.3	Preguntas de revisión	32
3.4	Estrategia de búsqueda	33
3.4.1	Motores de búsqueda	33
3.4.2	Cadenas de búsqueda	33
3.4.3	Documentos encontrados	34
3.4.4	Criterios de inclusión/exclusión	35
3.5	Formulario de extracción de datos	36
3.6	Resultados de la revisión	38

3.6.1	Respuesta a la pregunta P1: ¿De qué manera se están ejecutando los procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?	38
3.6.2	Respuesta a la pregunta P2: ¿Cómo se han resuelto los problemas en almacenes de grandes dimensiones respecto a la gestión de unidades de manipulación?	40
3.6.3	Respuesta a la pregunta P3: ¿De qué manera los sistemas de información han permitido la automatización de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?.....	41
3.7	Conclusiones	42
Capítulo 4.	Objetivo 1: Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.....	44
4.1	Introducción	44
4.2	Resultados alcanzados	44
4.2.1	Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones	44
4.2.2	Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.	46
4.3	Discusión	47
Capítulo 5.	Objetivo 2: Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.....	48
5.1	Introducción	48
5.2	Resultados alcanzados	48
5.2.1	Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones ...	48
5.2.2	Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones ...	52
5.3	Discusión	55

Capítulo 6. Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	56
6.1 Introducción	56
6.2 Resultados alcanzados	56
6.2.1 Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	56
6.2.2 Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	91
6.2.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	98
6.3 Discusión	106
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros	107
7.1 Conclusiones	107
7.2 Trabajos futuros	107
Capítulo 8. Referencias	108
Anexos	i
Anexo A: Plan de Proyecto	i
Anexo B: Documento que contiene el modelado de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones	xxi
Anexo C: Documento que contiene la matriz de trazabilidad de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones	xxiv
Anexo D: Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones	xxvi
Anexo E: Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones	xxviii
Anexo F: Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.....	xxxi
Anexo G: Archivos con el código fuente de la aplicación web	xxxvi
Anexo H: Archivos con el código fuente de la aplicación móvil.....	xxxvii

Índice de Tablas

Tabla 1: Árbol de problemas	14
Tabla 2: Mapeo de objetivos, resultados y verificación	19
Tabla 3: Herramientas, métodos y procedimientos.....	21
Tabla 4: Resultados de la aplicación del criterio PICOC para la Revisión Sistemática .	33
Tabla 5: Conceptos y términos empleados para la formación de la cadena de búsqueda	34
Tabla 6: Resultados del Proceso de Búsqueda Sistemática antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión	34
Tabla 7: Resultados del Proceso de Búsqueda Sistemática antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión	35
Tabla 8: Artículos relevantes obtenidos tras la aplicación de criterios de inclusión y exclusión	36
Tabla 9: Formulario de extracción de datos.....	37
Tabla 10: Artículos empleados para resolver las preguntas de revisión	38
Tabla 11: Lista de factores para determinar la asignación de espacios.....	46
Tabla 12: Historias de usuario.....	57
Tabla 13: Riesgos del proyecto	iv
Tabla 14: Lista de tareas	viii
Tabla 15: Cronograma de actividades de tesis 1	xii
Tabla 16: Cronograma de actividades de tesis 2.....	xiv
Tabla 17: Personas involucradas y necesidades de capacitación	xviii
Tabla 18: Materiales requeridos para el proyecto.....	xix
Tabla 19: Estándares utilizados en el proyecto	xix
Tabla 20: Equipamiento requerido.....	xix
Tabla 21: Herramientas requeridas	xix
Tabla 22: Costeo del proyecto.....	xx

Tabla 23: Matriz de trazabilidad de factores para determinar la asignación de espacios xxiv

Tabla 24: Resultados de la calibración del algoritmo de asignación de espacios basado en GRASPxxviii

Tabla 25: Historias de usuario..... xxxi



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Almacén de grandes dimensiones. (Adaptado de Mecalux, 2021)	15
Ilustración 2: Pseudocódigo genérico del algoritmo GRASP	50
Ilustración 3: Fase de construcción del pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP	51
Ilustración 4: Fase de optimización local del pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP.....	51
Ilustración 5: Pseudocódigo del algoritmo para la selección de productos a despachar	52
Ilustración 6: Ejemplo de producto de almacén en formato JSON	53
Ilustración 7: Ejemplo de ubicación de almacén en formato JSON.....	53
Ilustración 8: Ejemplo de unidad de manipulación en formato JSON.....	54
Ilustración 9: Vista de inicio de sesión web	60
Ilustración 10: Vista de almacén.....	61
Ilustración 11: Vista de estantería	62
Ilustración 12: Vista de inventario.....	63
Ilustración 13: Vista de pedidos.....	64
Ilustración 14: Vista de pedido	65
Ilustración 15: Vista de productos.....	66
Ilustración 16: Reporte Kardex	67
Ilustración 17: Órdenes de ingreso.....	68
Ilustración 18: Orden de ingreso.....	69
Ilustración 19: Órdenes de despacho	70
Ilustración 20: Orden de despacho.....	71
Ilustración 21: Órdenes de transporte.....	72
Ilustración 22: Vista de inicio de sesión móvil.....	73
Ilustración 23: Vista de órdenes de ingreso	74

Ilustración 24: Vista de orden de ingreso.....	75
Ilustración 25: Vista de escaneo de unidad de manipulación.....	76
Ilustración 26: Vista de confirmación de unidad de manipulación.....	77
Ilustración 27: Vista de órdenes de transporte de ingreso.....	78
Ilustración 28: Vista de escaneo de unidad de manipulación.....	79
Ilustración 29: Vista de confirmación de unidad de manipulación.....	80
Ilustración 30: Vista de transporte de unidad de manipulación.....	81
Ilustración 31: Vista de confirmación de la ubicación.....	82
Ilustración 32: Vista de órdenes de transporte de despacho.....	83
Ilustración 33: Vista orden de transporte de despacho.....	84
Ilustración 34: Vista de transporte hacia unidad de manipulación.....	85
Ilustración 35: Vista de confirmación de la ubicación.....	86
Ilustración 36: Vista de confirmación de unidad de manipulación.....	87
Ilustración 37: Diagrama de clases.....	88
Ilustración 38: Diagrama de despliegue.....	89
Ilustración 39: Diagrama de componentes.....	90
Ilustración 40: Carga de órdenes de ingreso (1/2).....	92
Ilustración 41: Carga de órdenes de ingreso (2/2).....	92
Ilustración 42: Unidades de manipulación generadas por la carga de órdenes de ingreso.....	93
Ilustración 43: Asignación de ubicaciones (1/2).....	93
Ilustración 44: Asignación de ubicaciones (2/2).....	94
Ilustración 45: Estado del almacén antes de la asignación de ubicaciones.....	94
Ilustración 46: Estado del almacén después de la asignación de ubicaciones.....	95
Ilustración 47: Vista de pedidos.....	95
Ilustración 48: Vista detalle pedido #9 (1/2).....	96

Ilustración 49: Vista detalle pedido #9 (2/2)	96
Ilustración 50: Unidades de manipulación antes de atender el pedido	97
Ilustración 51: Unidades de manipulación después de atender el pedido.....	97
Ilustración 52: Órdenes de ingreso.....	99
Ilustración 53: Orden de ingreso #43.....	99
Ilustración 54: Código escaneado correcto.....	100
Ilustración 55: Unidad de manipulación #222	100
Ilustración 56: Orden de ingreso #43 después del registro de una de sus unidades de manipulación	101
Ilustración 57: Unidad de manipulación #222 después del escaneo del código QR correcto	101
Ilustración 58: Orden de transporte # 6 – Validación de unidad de manipulación	102
Ilustración 59: Órdenes de transporte del tipo ingreso.....	102
Ilustración 60: Orden de transporte # 6 – Validación de ubicación	103
Ilustración 61: Órdenes de transporte del tipo ingreso después de la atención de la orden #6.....	103
Ilustración 62: Órdenes de transporte del tipo despacho.....	104
Ilustración 63: Orden de transporte #2 - Validación de ubicación	104
Ilustración 64: Órdenes de transporte del tipo despacho	105
Ilustración 65: Orden de transporte #2 - Validación de unidad de manipulación.....	105
Ilustración 66: Órdenes de transporte del tipo despacho	105
Ilustración 67: Estructura de descomposición del trabajo (EDT).....	vii
Ilustración 68: Proceso de recepción de productos	xxi
Ilustración 69: Proceso de atención de pedidos	xxii
Ilustración 70: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en gestión de almacenes respecto al modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación	xxiii

Ilustración 71: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en gestión de almacenes respecto a la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados	xxv
Ilustración 72: Pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP	xxvi
Ilustración 73: Pseudocódigo del algoritmo para la selección de productos a despachar	xxvii
Ilustración 74: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en algoritmos respecto al pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que permitan resolver el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones	xxvii
Ilustración 75: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en algoritmos respecto a la implementación de los algoritmos basados en GRASP que permitan resolver el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones	xxx
Ilustración 76: Diagrama de clases.....	xxxiii
Ilustración 77: Diagrama de despliegue.....	xxxiv
Ilustración 78: Diagrama de componentes	xxxiv
Ilustración 79: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto al documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	xxxv
Ilustración 80: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto a los módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	xxxvi
Ilustración 81: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto a la aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes	xxxvii

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Problemática

El presente capítulo tiene como objetivo describir de forma detallada la problemática sobre la cual se desarrollará el tema de investigación. Para ello, se explicarán el problema central, los problemas causa y los problemas efecto.

1.1.1 Árbol de problemas

En la Tabla 1, se presentan los problemas causa, el problema central y los problemas efecto empleando la estructura de árbol de problemas.

Tabla 1: Árbol de problemas

Problemas efectos	Elevado costo en las operaciones de preparación de pedidos	Elevado consumo de tiempo de trabajo en el proceso de atención de pedidos en la selección de productos para el despacho	Inconsistencias entre la información de inventario registrada en el sistema y los valores reales de inventario en almacén
Problema central	Inadecuada gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones		
Problemas causa	No se define un proceso estandarizado para la asignación de espacios de productos en almacenes de grandes dimensiones	Rutas inapropiadas en la selección de productos para el despacho (<i>picking</i>), el cual genera un recorrido innecesario para obtener los productos en almacenes de grandes dimensiones	Registro manual de información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

1.1.2 Descripción

Hoy en día existe una gran cantidad de empresas que manejan almacenes de grandes dimensiones con el fin de atender los pedidos de sus clientes. Estos almacenes cuentan con una gran superficie y altura, además, están divididos en distintas zonas para cada una de las operaciones que se realizan en almacén. De estas áreas, destaca la zona de almacenamiento, la cual está compuesta por una serie de estanterías en las cuales se ubican las unidades de manipulación con los productos que manejan los almacenes. En la Ilustración 1 se puede apreciar el interior de un almacén de grandes dimensiones.



Ilustración 1: Almacén de grandes dimensiones. (Adaptado de Mecalux, 2021)

Dentro de estos almacenes se realizan distintos procesos en los cuales se requiere el uso de unidades de manipulación. Estas son unidades físicas compuestas por materiales de embalaje y una cantidad determinada de productos del mismo tipo, su importancia radica en que permiten el traslado de productos y facilitan la gestión de inventario en almacén (MECALUX, s.f.).

Según la literatura revisada en el Estado del Arte (sección 3.6.3), el proceso de gestión de unidades de manipulación consiste de cinco etapas: recepción de bienes, ubicación de unidades en almacén, gestión de inventario en almacén, selección de productos para

el despacho y despacho de productos. Además, se han identificado distintos problemas en la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

En la ubicación de unidades en almacén se ha detectado que la asignación de espacios para cada unidad de manipulación no se realiza de manera adecuada, pues esta se realiza a criterio de los encargados de almacén, haciendo de este un proceso no estandarizado. Para definir la ubicación más apropiada en la que se debe almacenar cada producto se debe considerar una gran cantidad de variables que cambian según el tipo de producto, políticas de almacenamiento (FIFO, LIFO), rotación del producto (A, B, C), el estado del almacén, la disponibilidad de espacios de almacenamiento, requerimientos y prioridades. Debido a la cantidad de consideraciones, este es un proceso muy complejo para una persona, por lo que debe ser solucionado en conjunto con distintas herramientas y métodos. (Malcic & Besta, 2020).

Este proceso es muy importante, pues repercute en la complejidad y efectividad que pueden llegar a tener las actividades de manipulación de las mercancías, como la carga, el traslado y descarga con la maquinaria correspondiente (Thi et al., 2020). El no estandarizar este proceso tiene un gran impacto en la preparación de pedidos, pues resulta en un proceso de uso intenso de mano de obra y repetitivo que representa hasta un 60% de los costos totales de almacén (Malcic & Besta, 2020).

Otro problema identificado en algunos almacenes es el registro manual de información en el ingreso y salida de productos. Este proceso es realizado por los encargados de almacén, si bien se pueden emplear herramientas como hojas de Excel, el ingreso de datos sigue siendo manual. La necesidad de automatizar el registro de bienes de almacén se debe a que la operación manual puede originar errores humanos que pueden afectar a la utilización del almacén (Atieh et al., 2016).

Estos errores en el manejo de información sobre los niveles de inventario junto a problemas de producción entre los operadores de almacén y el área de producción pueden fácilmente resultar en la pérdida de existencias y de ventas cuando se producen fluctuaciones de la demanda (Thi et al., 2020).

El último problema se enfoca al planeamiento de los recorridos a seguir por los operarios de almacén con el fin de trasladar las unidades de manipulación en la selección de productos para despacho. Además, se considera que el planeamiento de rutas es un factor determinante para medir la eficiencia de la gestión de almacenes (Truong et al., 2017). Los pedidos pueden contener docenas de productos diferentes, por lo que

determinar el mejor camino para atender el pedido no es una tarea fácil para una persona, especialmente, si se debe considerar información importante como la fecha de expiración de cada producto (Zunic, Delalic et al., 2018). Si el planeamiento de rutas es realizado por un trabajador de almacén, los recorridos obtenidos no serán los más adecuados para realizar las operaciones de almacén, pues se requieren de herramientas sofisticadas que den soporte para desempeñar esta labor (Truong et al., 2017).

Reducir la distancia de las rutas que deben recorrer los trabajadores para movilizar las unidades de almacén es muy importante, pues les permite tener más tiempo para realizar otras operaciones (Zunic, Delalic et al., 2018). Además, varios estudios han demostrado que los encargados de almacén ocupan al menos el 50% de su tiempo de trabajo desplazándose entre las distintas ubicaciones en almacén (Malcic & Besta, 2020).

En conclusión, se identificó que la intervención humana es la causa que origina los problemas en la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones. Además, se comprobó que la implementación de un sistema de información automatiza el proceso de gestión de unidades de manipulación, por lo que resuelve los problemas descritos anteriormente.

1.1.3 Problema seleccionado

En el presente proyecto de fin de carrera, se plantea desarrollar un sistema de información con el fin de automatizar la gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

1.2 Objetivos

En la presente sección se describe el objetivo general, los objetivos específicos, resultados esperados y el mapeo de objetivos, resultados y verificación del proyecto de tesis.

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de información para el soporte a la gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

1.2.2 Objetivos específicos

O1. Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

O2. Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

O3. Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

1.2.3 Resultados esperados

O1. Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

R1.1 Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

R1.2 Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.

O2. Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

R2.1 Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

R2.2 Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

O3. Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

R3.1 Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

R3.2 Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

R3.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación

Tabla 2: Mapeo de objetivos, resultados y verificación

Objetivo (O1): Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.	- Documento que contenga el modelado del proceso de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.	- Aprobación del documento al 100% por un especialista en gestión de almacenes.
Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.	- Documento que contenga la matriz de trazabilidad para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.	- Aprobación del documento al 100% por un especialista en gestión de almacenes.
Objetivo (O2): Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el	- Definición del pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el	- Aprobación al 100% por parte del especialista en algoritmos.

problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.	problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.	
Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.	- Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.	- Aprobación al 100% por parte del especialista en algoritmos.
Objetivo (O3): Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	- Documentos de requisitos, análisis y diseño. - Documento de arquitectura del sistema de información.	- Aprobación al 100% de los documentos de requisitos, análisis y diseño por un especialista en gestión de almacenes. - Aprobación del documento de arquitectura al 100% por un especialista en Sistemas de Información.

<p>Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Archivos con el código fuente del sistema web. - Pruebas unitarias realizadas sobre el código fuente de las funciones implementadas. - Pruebas de integración realizadas junto al software de planificación de rutas. 	<ul style="list-style-type: none"> - La ejecución de las funciones implementadas en el sistema web está aprobada al 100% por el especiales en gestión de almacenes. - Pruebas unitarias aprobadas al 100%. - Pruebas de integración aprobadas al 100%.
<p>Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Archivos con el código fuente de la aplicación móvil. - Pruebas unitarias realizadas sobre el código fuente de las funciones implementadas - Pruebas de integración realizadas junto al software de planificación de rutas. 	<ul style="list-style-type: none"> - La ejecución de las funciones implementadas en la aplicación móvil está aprobada al 100% por el especialista en gestión de almacenes. - Pruebas unitarias aprobadas al 100%. - Pruebas de integración aprobadas al 100%.

1.3 Herramientas, Métodos y Procedimientos

En la presente sección se muestran las herramientas, métodos y procedimientos que se emplearán en cada resultado esperado para alcanzar todos los objetivos específicos.

Tabla 3: Herramientas, métodos y procedimientos

Resultado	Herramientas, metodologías, métodos y procedimientos
------------------	---

<p>R1.1 Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Business Process Modeling Notation o BPMN (Notación para el Modelado de Procesos de Negocio) - Bizagi Modeler
<p>R1.2 Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista no estructurada
<p>R2.1 Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No aplica
<p>R2.2 Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - JavaScript - Mockaroo
<p>R3.1 Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lucidchart - Figma
<p>R3.2 Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - HTML - CSS - JavaScript - React - Express

	<ul style="list-style-type: none"> - MySQL Workbench - Scrum (entregas continuas, retrospectiva e integración continua) - Pruebas unitarias - Pruebas de integración
R.3.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	<ul style="list-style-type: none"> - JavaScript - React Native - Scrum (entregas continuas, retrospectiva e integración continua) - Pruebas unitarias - Pruebas de integración

1.3.1 Business Process Model and Notation (BPMN)

Es una notación estándar para el modelamiento de procesos de negocio que proporciona a las empresas la capacidad de entender sus procedimientos de negocios internos por medio de una notación gráfica. Además, permite a las organizaciones comunicar estos procedimientos de una manera estándar (BPMN, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear la notación BPMN para el modelamiento de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

1.3.2 Bizagi Modeler

Es un software para el modelamiento de procesos de negocio gratuito, intuitivo y colaborativo que emplea la notación BPMN (Bizagi, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear este software para el modelamiento de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

1.3.3 Entrevista no estructurada

Es un proceso comunicativo, en el cual se obtiene información de una persona sin la necesidad de emplear un guion previo. Esto permite comprender más que explicar, conseguir respuestas sinceras en base a la experiencia del entrevistado, controlar el ritmo de la entrevista en relación con las respuestas recibidas y matizar aquellos puntos en los que se requiera de información más precisa (Folgueiras, 2016).

Dadas estas características, se ha considerado este proceso para la obtención de factores empleados para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.

1.3.4 Java

Es un lenguaje de programación y una plataforma informática rápida, segura y fiable. Es muy popular, puesto que existe una gran cantidad de aplicaciones y sitios web que requieren de Java para su funcionamiento (Java, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear esta herramienta para la implementación de los algoritmos que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

1.3.5 Lucidchart

Es un software de diagramación que permite la creación de potentes elementos visuales para el diseño de procesos, sistemas e infraestructuras, para después optimizarlos y documentarlos (Lucidchart, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear esta herramienta para la creación de diagramas que contenga el documento de arquitectura del sistema de información a desarrollar.

1.3.6 Figma

Es una herramienta de software basada en la que cuenta con funcionalidad potentes para el diseño y creación de prototipos (Figma, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear Figma para el desarrollo de los prototipos que formarán parte del documento de arquitectura del sistema de información a desarrollar.

1.3.7 HTML

Es el lenguaje de marcado de hipertexto en el que se escriben la mayoría de los sitios web. HTML es utilizado para crear páginas y hacerlas funcionales (HTML, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado esta herramienta para la construcción de los módulos web en el presente proyecto de tesis.

1.3.8 CSS

Es un lenguaje de hojas de estilo que se utiliza para describir la presentación de documentos escritos en HTML. CSS describe cómo los elementos deberían mostrarse en pantalla, papel, voz u otros medios. (MDN, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear esta herramienta para el estilizado de los componentes de los módulos web en el presente proyecto de tesis.

1.3.9 JavaScript

Es un lenguaje de programación ligero, interpretado o compilado justo a tiempo con funciones de primera clase. Aunque sea más conocido como lenguaje de scripting para páginas web, muchos entornos distintos al de los navegadores también lo utilizan, como Node.js, Apache CouchDB y Adobe Acrobat. JavaScript es un lenguaje dinámico basado en prototipos, multiparadigma y de un solo hilo, que admite estilos orientados a objetos, imperativos y declarativos (MDN, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear esta herramienta para el desarrollo de los módulos web en el presente proyecto de tesis.

1.3.10 React

Es una librería de JavaScript basada en componentes utilizada para construir interfaces de usuario interactivas. Permite la actualización y renderización eficiente de los componentes adecuados cuando los datos cambian (React, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear esta librería para la construcción de los módulos web en el presente proyecto de tesis.

1.3.11 Express

Es un *framework* sencillo y flexible para la construcción de aplicaciones web en Node.js que proporciona un sólido conjunto de funcionalidades para el desarrollo de aplicaciones web y móviles (Express, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear este *framework* para la construcción de los módulos web en el presente proyecto de tesis.

1.3.12 MySQL Workbench

Es una herramienta visual unificada para arquitectos de bases de datos, desarrolladores y DBAs. MySQL Workbench proporciona modelado de datos, desarrollo SQL y herramientas de administración completas para la configuración del servidor, la administración de usuarios, las copias de seguridad y mucho más (MySQL, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado esta herramienta para administrar la base de datos que se utilizará para el desarrollo de los módulos en el presente proyecto de tesis.

1.3.13 Pruebas unitarias

Estas pruebas están enfocadas en cada componente individual, asegurando su correcto funcionamiento como una unidad independiente. Las pruebas unitarias son diseñadas para verificar la funcionalidad y estructura de cada componente individual de software una vez finalizada su codificación (Gómez et al., 2013).

En la presente tesis, se emplearán las pruebas unitarias para el desarrollo de cada componente que forme parte de los módulos del sistema web y el aplicativo móvil.

1.3.14 Pruebas de integración

Estas pruebas se aplican cuando se requiere combinar los módulos individuales para formar un programa funcional. Las pruebas se realizan a nivel de módulo, en lugar de a nivel de componentes como en las pruebas unitarias. Se busca verificar el funcionamiento en las interacciones entre los módulos y sus interfaces (Leung & White, 1990).

En la presente tesis, se emplearán las pruebas unitarias para el desarrollo de cada módulo que forme parte del sistema web y el aplicativo móvil.

1.3.15 React Native

Es un *framework* basado en React usado para el desarrollo de aplicaciones móviles para Android o iOS. React Native emplea componentes nativos a diferencia de React que emplea componentes web (React Native, s.f.).

Dadas estas características, se ha considerado emplear este *framework* para la construcción de la aplicación móvil en el presente proyecto de tesis.

1.3.16 Scrum

Es un marco en el que las personas pueden abordar problemas complejos de adaptación, al tiempo que entregan de forma productiva y creativa productos del mayor valor posible (Scrum, s.f.).

En la presente tesis, se emplearán las buenas prácticas de Scrum tales como: la entrega continua, la cual permitirá presentar un producto funcional tras cada iteración; la retrospectiva, la cual permitirá identificar posibles mejoras durante el desarrollo del producto; y la integración continua, la cual permitirá integrar constantemente los cambios realizados al producto.



Capítulo 2. Marco Conceptual

2.1 Introducción

Este capítulo tiene como objetivo entender de forma detallada los principales conceptos relacionados a la problemática del tema de investigación, el cual considera como problema central la inadecuada gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

2.2 Desarrollo del marco

2.2.1 Almacenes de grandes dimensiones

El almacén es una instalación que, junto con los equipos de almacenaje, de manipulación, medios humanos y de gestión, nos permite regular las diferencias entre los flujos de entrada de mercancía (la que se recibe de proveedores, centros de fabricación, etc.) y los de salida (aquella mercancía que se envía a la producción, la venta, etc.) (MECALUX, s.f.). Un almacén de grandes dimensiones abarca un volumen considerable y además está dividido en varias zonas para la realización de las distintas operaciones que se realizan en almacén. De manera general, el objetivo principal de un almacén es gestionar el movimiento y almacenamiento de los bienes de la manera más eficiente posible (Atieh et al., 2016).

Un ejemplo de almacén de grandes dimensiones es el que maneja la empresa Würth en España. Este almacén mide 26 m de altura, 115 m de longitud y 23 m de anchura. Además, este almacén puede llegar a mover hasta 300 pallets en una hora (MECALUX, s.f.).

2.2.2 Unidad de manipulación y SKU

Una unidad de manipulación es una unidad física formada por materiales de embalaje (soportes de carga y envoltura) y los bienes que contiene. Toda la información sobre el contenido, por ejemplo, sobre los lotes, se conserva en las unidades de manipulación y está siempre disponible (SAP, s.f.).

Para registrar la información de los productos e identificar las unidades de manipulación de manera automática es necesario emplear códigos generados por el ERP de la empresa denominados SKU. Estos identificadores permiten gestionar adecuadamente las unidades de manipulación mediante el manejo de parámetros como el nombre, coordenadas en almacén y fecha de ingreso (Truong et al., 2017).

Por ejemplo, los tipos de soporte de carga que conforman las unidades de manipulación pueden ser cajas, pallets, contenedores, entre otros (MECALUX, s.f.).

2.2.3 Ubicación de almacenamiento

Una ubicación de almacenamiento es una unidad organizativa que permite diferenciar los stocks de material dentro de un centro de almacenaje. Todos los datos relativos a un lugar de almacenamiento en concreto se almacenan a nivel de este último (SAP, s. f.).

Por ejemplo, las estanterías son comúnmente empleadas por las empresas para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

2.2.4 Clasificación de inventarios ABC

El método ABC de clasificación de inventarios permite organizar la distribución de las distintas mercancías dentro del almacén a partir de su relevancia para la empresa, de su valor y de su rotación. Con este sistema se prioriza la adquisición y colocación de los productos no por su volumen o cantidad, sino por el aporte económico que suponen para la empresa (MECALUX, s.f.).

Primero, se tienen los artículos con rotación A que suelen ocupar el 20% de los inventarios, pero son los que más rotación experimentan y, por tanto, tienen una importancia estratégica. Luego, se encuentran los artículos con rotación B que comprenden la franja de rotación media y suelen representar, en cantidad, el 30% de los inventarios. Estos artículos se renuevan con menos velocidad, por lo que su valor y relevancia es menor frente a los productos A. Finalmente, los artículos con rotación C son los más numerosos, llegando a suponer el 50% de las referencias almacenadas. Sin embargo, también son los menos demandados por parte de los clientes (MECALUX, s.f.).

Esta clasificación es útil, por ejemplo, para determinar qué espacios deben ocupar cada producto en almacén.

2.2.5 Recepción de productos

La recepción comienza con la descarga de las unidades de manipulación entrantes al almacén. Después, se verifican los productos recepcionados y se registran en el sistema con el objetivo de prepararlos para su posterior ubicación en almacén (Baruffaldi et al., 2019). Una correcta recepción de productos involucra una serie de trabajos previos para

determinar las necesidades de los medios mecánicos, humanos e informáticos que se requieren (MECALUX, s.f.).

Entre estas tareas, se destaca el análisis exhaustivo de los productos que se reciben en el centro. Dicho análisis debe tener en cuenta las dimensiones y el peso de las unidades de carga, la consistencia del embalaje –si es que se utiliza–, la frecuencia de llegada de cada material y la cantidad de mercancía recibida en cada envío (MECALUX, s.f.).

2.2.6 Ubicación de productos (put-away)

La ubicación de productos puede describirse como el proceso de colocar las unidades de manipulación en determinadas posiciones en las estanterías del almacén (Truong et al., 2017). Algunos factores útiles para definir el lugar asignado a un determinado producto son sus propiedades, forma de manipulación y el nivel de rotación (Thi et al., 2020). Un posicionamiento efectivo de los productos puede mejorar procesos como la atención de pedidos, pues puede reducir las rutas que deben seguir los operarios para obtener los productos de las estanterías de almacén (Zunic, Delalic et al., 2018).

2.2.7 Gestión de inventario en almacén

El registro de las características de productos o unidades de manipulación es necesario para lograr una mayor precisión en el inventario de almacén (Zunic, Delalic et al., 2018). En la recepción de productos, una vez verificado el estado de los bienes recibidos se procede al recuento de estos para después ser registrados en el sistema. Una vez introducidos los datos de la carga, el sistema debe ser capaz de informar la ubicación precisa que se asigna a cada unidad. En la salida de productos, el sistema efectúa esta operación de manera inversa, pues una vez que los artículos salen de almacén el sistema actualiza el inventario y la disponibilidad de la ubicación que ocupaban los artículos despachados (MECALUX, s.f.).

2.2.8 Selección de productos para el despacho (picking)

El *picking* se describe como el proceso de recuperar los productos de las estanterías de almacén con el fin de atender el pedido de un determinado cliente. Además, se estima que este proceso puede representar hasta el 65% de los costos de operación en un almacén (Truong et al., 2017).

Basado en las operaciones de ubicación de productos o la fecha de expiración, para seleccionar los productos a despachar, según Truong (2017), algunas de las políticas que se pueden considerar son las siguientes:

- FIFO: Se priorizan los productos que llevan más tiempo en almacén.
- LIFO: Se priorizan los productos que llevan menos tiempo en almacén.
- FEFO: Se priorizan los productos más próximos a expirar.

Una vez realizada la selección de productos, el operario debe seguir un camino con la maquinaria necesaria para recuperar las unidades seleccionadas de sus respectivas ubicaciones en almacén (Zunic, Delalic et al., 2018). La política para definir estas rutas busca que la distancia a recorrer por los trabajadores de almacén sea la óptima, por lo tanto, este procedimiento es fundamental para determinar la eficiencia de la gestión de almacenes (Truong et al., 2017).

2.2.9 Sistemas de información para la gestión de unidades de manipulación

Como soporte a los procesos de almacén, las empresas optan por utilizar soluciones de software denominadas *Warehouse Management Systems* (WMS). Estos sistemas de información permiten optimizar el uso de recursos y reducir los costos asociados a la gestión de almacenes (Zunic, Delalic et al., 2018).

Las principales funciones básicas e imprescindibles que un WMS debe realizar según MECALUX (s.f.) son las siguientes:

- Gestión de entradas: Interviene en los procesos de recepción, captura de datos logísticos y etiquetado de los contenedores y mercancía.
- Gestión de la ubicación de las unidades de manipulación: Se encarga de elegir la localización idónea en el almacén para una determinada mercadería.
- Gestión de control de stock: Comprende la gestión y monitoreo de los productos y sus ubicaciones en almacén.
- Gestión del control de las salidas: Guía a los operarios en el proceso de selección de pedidos y actualiza el inventario en la salida de productos de almacén.

Un ejemplo de sistema de información para la gestión de unidades de manipulación es *Easy WMS*, el cual fue desarrollado por la empresa MECALUX. Este software simplifica y optimiza al máximo la gestión de un almacén, sea cual sea su tamaño y tipo. Controla, coordina y gestiona todos los movimientos, procesos y operaciones, multiplicando la rentabilidad en todas las áreas de almacén (MECALUX, s.f.).

Capítulo 3. Estado del Arte

3.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan los resultados de una revisión sistemática, la cual es esencial en una investigación académica. Es fundamental que el avance del conocimiento se realice a partir de trabajos anteriores, pues para expandir la frontera del conocimiento es necesario conocer el estado en el que se encuentra. Resumiendo, analizando y sintetizando la literatura de mayor relevancia será posible probar una hipótesis específica o desarrollar nuevas teorías (Xiao & Watson, 2017).

3.2 Objetivos de revisión

De acuerdo al tema de investigación se realizará una revisión empírica, pues para este caso es importante que los resultados obtenidos describan experiencias obtenidas mediante la investigación de casos prácticos.

A continuación, se presentan los objetivos que se esperan lograr al finalizar la revisión sistemática:

- Comprender los conceptos y procesos referidos a la gestión de unidades de manipulación dentro de almacenes.
- Entender las causas y consecuencias de los problemas de la gestión de unidades de manipulación dentro de almacenes.
- Identificar los criterios, lineamientos, métodos e impacto que tienen los sistemas de información sobre gestión de almacenes.

3.3 Preguntas de revisión

La revisión sistemática tiene como objetivo identificar las técnicas o metodologías aplicadas para desarrollar un sistema de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones. Por ello se buscó responder las siguientes preguntas de investigación:

P1: ¿De qué manera se están ejecutando los procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?

P2: ¿Cómo se han resuelto los problemas en almacenes de grandes dimensiones respecto a la gestión de unidades de manipulación?

P3: ¿De qué manera los sistemas de información han contribuido en la automatización de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?

Con el objetivo de estructurar las preguntas de investigación se utilizaron los criterios PICOC (**Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context**). En la presente revisión no se aplicó el criterio de comparación, puesto que no es necesario contrastar técnicas o métodos para desarrollar un sistema de gestión de almacenes. A continuación, en la Tabla 4, se muestran los resultados de la evaluación basada en los criterios PICOC.

Tabla 4: Resultados de la aplicación del criterio PICOC para la Revisión Sistemática

Criterio	Descripción
Población	Sistemas de gestión de almacenes de grandes dimensiones
Intervención	Sistema de información y algoritmos para el ingreso y salida de productos contenidos en unidades de manipulación
Comparación	No aplica
Resultados	Estudios sobre sistemas de gestión de las operaciones en almacenes de grandes dimensiones
Contexto	Académico, comercial, industrial y empresarial

3.4 Estrategia de búsqueda

3.4.1 Motores de búsqueda

Las bases de datos seleccionadas para el desarrollo de la revisión sistemática fueron tomadas en consideración respecto a los recursos electrónicos que ofrece la PUCP y aquellas que se caracterizan por tener contenido relevante sobre temas relacionados a Sistemas de Información. Las bases de datos escogidas fueron las siguientes:

- SCOPUS
- IEEE XPLORE

3.4.2 Cadenas de búsqueda

Para construir la cadena de búsqueda se establecieron los términos claves con sus sinónimos respectivos como abreviaturas y términos similares. Adicionalmente, se optó por filtrar aquellos resultados relacionados con almacenes de datos, puesto que este concepto entorpece el objetivo de la búsqueda. Debido a que la mayor parte de la literatura se encuentra en inglés en las bases de datos, se ha decidido trabajar los

términos en este idioma. En la Tabla 5, se lista los conceptos bases y sus términos relacionados respectivos:

Tabla 5: Conceptos y términos empleados para la formación de la cadena de búsqueda

Concepto	Términos relacionados
C1: Población	WMS / Warehouse Management / Warehouse Management System
C2: Intervención	HU Location / Handling Unit Location / HU Dispatch / Handling Unit Dispatch / Design / Software
C3: Resultados	Optimization
C4: Almacén de datos	Data Warehouse / Data Warehousing

La cadena resultante es:

C1 AND C2 AND C3 AND NOT C4

A continuación, se presenta la cadena de búsqueda con el formato correspondiente a cada base de datos:

- **SCOPUS**

TITLE-ABS-KEY(("WMS" OR "Warehouse Management" OR "Warehouse Management System") AND ("HU Location" OR "Handling Unit Location" OR "HU Dispatch" OR "Handling Unit Dispatch" OR "Design" OR "Software") AND ("Optimization") AND NOT ("Data Warehous*"))

- **IEEEExplore**

("WMS" OR "Warehouse Management" OR "Warehouse Management System") AND ("HU Location" OR "Handling Unit Location" OR "HU Dispatch" OR "Handling Unit Dispatch" OR "Design" OR "Software") AND ("Optimization") AND NOT ("Data Warehous*")

3.4.3 Documentos encontrados

Se ejecutó la cadena de búsqueda en las diferentes bases de datos y devolvió 181 resultados en total. La Tabla 6 presenta los resultados encontrados en cada base de datos.

Tabla 6: Resultados del Proceso de Búsqueda Sistemática antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión

Base de Datos	Resultados de la Búsqueda	Artículos Repetidos
SCOPUS	108	8
IEEE Xplore	73	-
Total	181	8

3.4.4 Criterios de inclusión/exclusión

- **Criterios de Inclusión**

- El estudio aborda temas relacionados a la gestión de almacenes de gran envergadura.
- El estudio aborda temas relacionados a la aplicación de métodos para el ingreso y salida de productos en un almacén.
- El estudio muestra un producto académico comercial para la gestión de almacenes.
- El estudio se encuentra en el ámbito de Sistemas de Información.
- El estudio fue publicado entre los años 2000 y 2021.

- **Criterios de Exclusión**

- El estudio ha sido escrito en un idioma diferente al inglés o español, pues no se cuenta con los conocimientos para realizar la traducción en otros idiomas.
- El estudio abarca la gestión de almacenes mediante la implementación de hardware, pues la solución se realizará solo mediante software.
- El estudio aborda el tema de almacenes de datos, debido a que el tema de tesis se refiere a almacenes de bienes tangibles.
- El estudio reporta la aplicación de data mining o el desarrollo de algoritmos para la implementación del sistema, pues la investigación se enfoca en el área de Sistemas de Información.

Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo 9 artículos relevantes. En la Tabla 7, se puede ver la cantidad de artículos obtenidos por cada base de datos.

Tabla 7: Resultados del Proceso de Búsqueda Sistemática antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión

Base de Datos	Resultados de la Búsqueda	Artículos Repetidos	Artículos Relevantes
SCOPUS	108	8	3

IEEE Xplore	73	-	6
Total	181	8	9

A continuación, en la Tabla 8 se detallan los artículos obtenidos tras la aplicación de criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 8: Artículos relevantes obtenidos tras la aplicación de criterios de inclusión y exclusión

ID	Título del Artículo	Año de Publicación	Autores
S1	Optimizing Warehouse Storage Location Assignment Under Demand Uncertainty	2020	(Thi et al., 2020)
S2	Smart Warehouse Management System Concept with Implementation	2018	(Zunic et al., 2018)
S3	Predictive Analysis based Approach for Optimal Warehouse Product Positioning	2018	(Zunic et al., 2018)
S4	Research on Simulation and Optimization of Warehouse Logistics Based on Flexsim -- Take C Company as an Example	2018	(Yafei et al., 2016)
S5	Design of Optimization System for Warehouse Order Picking in Real Environment	2017	(Zunic et al., 2017)
S6	Development and Optimization of Automated Storage and Retrieval Algorithm in Warehouse by Combining Storage Location Identification and Route Planning Method	2017	(Truong et al., 2017)
S7	Multicriteria inventory classification in the expedition warehouse of the metallurgical company	2020	(Malcic & Besta, 2020)
S8	Warehouse management system customization and information availability in 3pl companies	2019	(Baruffaldi et al., 2019)
S9	Performance improvement of inventory management system processes by an automated warehouse management system	2016	(Atieh et al., 2016)

3.5 Formulario de extracción de datos

El formulario de extracción de datos tiene como objetivo incluir todos los aspectos necesarios para contestar las preguntas de la revisión. Se ha decidido realizar un solo

formulario para extraer la información más relevante de cada estudio. De esta manera, la Tabla 9: Formulario de extracción de datos presenta los criterios considerados para la estructura del formulario de extracción de datos.

Tabla 9: Formulario de extracción de datos

Información general	Valor
Identificador del estudio	Identificador único que será asignado a los estudios relevantes encontrados.
Título	
Autor(es)	
Año de publicación	
Tipo de Estudio	Caso de estudio/ Encuesta / Experimento, etc.
Base de datos de extracción	Scopus/ IEEE Xplore
Link de consulta	
Abstract	
Información a extraer para contestar las preguntas	
P1.1: ¿De qué manera manual se están ejecutando los procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?	
P1.2: ¿Cómo las herramientas de software se están empleando en los procesos de gestión de unidades de manipulación en sistemas de gestión de almacenes de grandes dimensiones?	
P2: ¿Cómo se han resuelto los problemas en almacenes de grandes dimensiones respecto a la gestión de unidades de manipulación?	
P3: ¿De qué manera los sistemas de información han permitido la automatización de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?	

3.6 Resultados de la revisión

A continuación, se presenta el desarrollo de las preguntas de revisión planteadas en la sección 3.3. En la Tabla 10, se pueden visualizar los artículos que se emplearon para resolver cada una de las preguntas.

Tabla 10: Artículos empleados para resolver las preguntas de revisión

Pregunta	Estudios	Cantidad
P1	S1, S3, S4, S6, S9	5
P2	S5, S7, S9	3
P3	S2, S8	2

3.6.1 Respuesta a la pregunta P1: ¿De qué manera se están ejecutando los procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?

La logística es ampliamente conocida como el proceso de planificación y ejecución del almacenamiento de bienes y el transporte eficiente de estos desde el punto de origen hasta el punto de consumo. Las actividades logísticas pueden ser agrupadas en categorías que incluyen empaquetamiento, preparación de pedidos, gestión de inventario y transporte de productos. Muchos estudios han concluido que los costes logísticos suelen contribuir en gran parte a la estructura global de costos de una empresa y que los costes relacionados a un almacén representan alrededor de la cuarta parte de los costes logísticos. Más que un simple lugar de almacenamiento, un almacén también es un punto intermedio para el transporte y distribución de bienes. Dentro de las operaciones de almacén se destaca la preparación de pedidos, pues es la que requiere de mayor tiempo e intensidad de operación en logística (Thi et al., 2020).

La gestión de bienes en un almacén incluye la asignación de espacios disponibles y el proceso de ubicación de productos recepcionados (Truong et al., 2017). Estas operaciones pueden verse de manera conjunta como el proceso de transición de productos desde el área de entrada a las estanterías de almacén (Zunic, Hasic et al., 2018). Después, se encuentra la gestión de productos en almacén por medio de cada SKU (unidad de manipulación inventariada mediante un código único). Finalmente, se considera el cálculo de las coordenadas del almacén donde se encuentran las SKU que

hay que mover en el proceso de preparación de pedidos para la salida de bienes de almacén (Truong et al., 2017).

Es importante considerar que el registro de productos en almacenes no automatizados se realiza de manera manual, los operarios se encargan de realizar este procedimiento y para ello pueden emplear herramientas de apoyo como hojas de cálculo de Excel (Atieh et al., 2016). Sin embargo, si el almacén si cuenta con un sistema de información, este podría realizar la lectura automatizada de los bienes por medio de tecnología RFID con el fin de actualizar el inventario en almacén y registrar la ubicación de los bienes de manera automática. (Yafei et al., 2018)

La ubicación de productos recepcionados puede describirse como el proceso de colocación de unidades de manipulación en estanterías distribuidas en el almacén, así como el registro de información de los bienes recibidos. Para realizar estos procedimientos se siguen distintas políticas (Truong et al., 2017).

- Política de almacenamiento aleatorio: Cada SKU se asigna indistintamente a una ubicación libre en almacén.
- Política de almacenamiento dedicado: Cada SKU se coloca en una posición definida en almacén. Esta política facilita el manejo y el control del sistema, pues cada área de almacén contiene uno o pocos tipos de productos.
- Política de almacenamiento basada en clases: Es una combinación de los dos métodos anteriores.
- Política de almacenamiento según ubicación cercana: Esta política permite que cada SKU sea guardado en el lugar libre más cercano a la entrada o salida del almacén.

Otro proceso importante de almacén es la preparación de pedidos. Esta operación consiste en extraer artículos de sus respectivas ubicaciones en el almacén con el fin de atender el pedido específico de un cliente, este proceso se considera como el más complejo y costoso en la gestión de almacenes. Además, se estima que el costo de este procedimiento puede representar hasta el 65% de los costos de almacén, es por ello que su optimización es crítica para reducir costos. Al igual que en la recepción existen políticas de despacho, estas pueden considerar la fecha de ingreso al establecimiento o la fecha de expiración para definir la forma de operar (Truong, et al., 2017). Las más comunes son:

- FIFO: Los primeros productos en llegar son los primeros que se despachan.

- LIFO: Los últimos productos en llegar son los primeros que se despachan.
- FEFO: Se prioriza el despacho de aquellos productos que están por expirar.

Un factor significativo que ayuda a determinar la eficiencia de la gestión de almacenes es la política de rutas. Esta política se ocupa de planificar el camino a seguir en el ingreso y salida de bienes con el objetivo de mover las unidades de manipulación con una distancia de viaje óptima (Truong, et al., 2017).

3.6.2 Respuesta a la pregunta P2: ¿Cómo se han resuelto los problemas en almacenes de grandes dimensiones respecto a la gestión de unidades de manipulación?

El principal problema en los procesos de expedición de una empresa de gran envergadura como lo es la industria metalúrgica es la ineficiencia en la preparación de los pedidos. La redundancia de operaciones tales como la manipulación de material, el movimiento de personal y el desplazamiento de equipos, son en la mayoría de los casos resultados de la ineficiente asignación de espacios que ocupan los productos que se encuentran en el almacén (Malcic & Besta, 2020).

Ante este problema, el actual proceso de almacenamiento consiste en un plan de distribución de almacén prediseñado y un sistema de asignación de espacios de los productos. El plan de distribución es una herramienta estratégica para la organización de la gestión de almacenes con el fin de optimizar la utilización del espacio y la colocación sistemática de los productos. Por otra parte, el sistema de asignación de productos es más bien una herramienta operativa que apoya el proceso de toma de decisiones en el proceso de selección de la ubicación de los productos acabados. Este proceso de toma de decisiones es muy complejo, pues involucra una gran cantidad de variables en base al tipo de producto, estado del almacén, disponibilidad de espacios, entre otros. Como soporte a este proceso se pueden emplear distintas herramientas y métodos, por ejemplo, modelos matemáticos, algoritmos, digitalización y automatización para asegurarse de obtener la solución óptima para cada producto. Además, se elimina la intervención humana para las decisiones de manejo de almacén y se estandariza el proceso por completo (Malcic & Besta, 2020; Zunic et al., 2017).

Como segundo problema, se tiene que durante el ingreso y salida de productos el registro de información de los bienes se realiza de manera manual en almacenes no

automatizados. En esta actividad es probable que se presenten errores humanos, lo que puede afectar gravemente a la gestión del almacén. (Atieh et al., 2016).

Para solucionar este problema se cuenta con soluciones de software que buscan reducir el error humano en las actividades de registro de productos. Estos sistemas en conjunto con lectores e impresoras de códigos de barras permiten la captura y el registro en tiempo real de la información de los bienes recibidos, así como automatizan los procesos de almacén. (Atieh et al., 2016).

3.6.3 Respuesta a la pregunta P3: ¿De qué manera los sistemas de información han permitido la automatización de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?

El flujo completo de almacén puede ser dividido en procesos más simples con el fin de asegurar un monitoreo apropiado de cómo se realizan estos. Para asegurar que los procesos de almacén se realicen de la mejor manera posible, nace la idea de implementar soluciones de software llamadas Warehouse Management Systems (WMS) con el objetivo de optimizar el uso de recursos, reducir costos y brindar información útil para las decisiones del negocio (Zunic, Delalic et al., 2018).

Los WMS son sistemas de gestión de información que controlan los flujos físicos e informativos dentro del almacén, que incluye tanto los procesos de entrada como los de salida. Un WMS recolecta, guarda y brinda información de los productos, recursos y procesos, registra las transacciones que se realizan y las transfiere a otros módulos de la ERP de la compañía. Algunas tecnologías que posibilitan la recolección de datos son los métodos de identificación automática de objetos tales como: códigos QR, códigos de barra e identificación por radiofrecuencia. Además, entre las ventajas del uso de WMS se tiene una mejor utilización del espacio de almacén, información más precisa del inventario, incremento de la productividad y mejora del número y calidad de los servicios ofrecidos al cliente (Baruffaldi et al., 2019).

La oferta de este tipo de sistema de información contempla una amplia variedad de soluciones. Analizando las características de los sistemas desarrollados por los más reconocidos proveedores y empresas de software, se pueden identificar siete módulos de acuerdo a su propósito y función.

- Módulo de gestión del patio: Considera la ubicación de las puertas para realizar la planificación de productos a recepcionar con el fin de evitar congestión tanto en la entrada como en la salida.
- Módulo de asignación de almacenamiento: Determinar el mejor lugar para almacenar los ítems que se manejan en almacén considerando sus atributos y las características de cada espacio en el almacén.
- Módulo de ubicación de productos dirigido: El sistema puede indicar al encargado el lugar exacto en el cual debe guardar los productos recepcionados. Realizar este proceso de manera óptima puede reducir significativamente la distancia a recorrer en el despacho de productos.
- Módulo de control de inventario: Es el módulo más variado entre los sistemas de información, pues puede monitorear distintos atributos de los productos, así como manejar las ubicaciones de los ítems en almacén.
- Módulo de preparación de pedidos: Se generan listas según los productos pedidos por el cliente y estas son asignadas a los operadores para realizar las actividades de recuperación de productos del almacén.
- Módulo de envío: Incluye las actividades de preparación de la carga y salida de bienes del almacén.
- Módulo de personal y gestión de tareas: Algunos sistemas permiten el seguimiento y monitoreo de la productividad de los trabajadores de almacén.

Por lo descrito anteriormente, un sistema de información como un WMS brinda información útil e incrementa considerablemente la eficiencia de las operaciones que se realizan en un almacén (Baruffaldi et al., 2019).

3.7 Conclusiones

En primer lugar, se concluye que la gestión de unidades de manipulación está conformada por las siguientes etapas:

- Recepción de productos
- Ubicación de productos
- Gestión de inventario en almacén
- Selección de productos para el despacho
- Despacho de productos

En segundo lugar, se identificaron los problemas que enfrenta la gestión de almacenes:

- Inadecuada asignación de espacios en la ubicación de productos
- Inconsistencia de información de inventario
- Recorridos innecesarios para trasladar unidades de manipulación

Se concluye que estos problemas se han resuelto mediante la implementación de sistemas de información. Además, la ausencia de un sistema de información hace que estos problemas tengan un gran impacto en la organización.

Finalmente, se concluye que los sistemas de información dan soporte al proceso de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.



Capítulo 4. Objetivo 1: Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones

4.1 Introducción

En el presente capítulo se presentará el desarrollo de los dos primeros resultados esperados: el modelo de proceso de la gestión de unidades de manipulación y la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones. Ambos resultados han permitido alcanzar el objetivo específico 1: “Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones”.

El primer resultado, comprende la elaboración de un documento que contenga el modelado de proceso de la gestión de unidades de manipulación, para ello se desarrolló un modelo empleando la notación BPMN y el software Bizagi Modeler. El segundo resultado, abarca la elaboración de un documento que contenga la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones, para ello se realizaron entrevistas con un especialista en gestión de almacenes con el fin de identificar aquellas características que son relevantes para la asignación de ubicaciones.

4.2 Resultados alcanzados

4.2.1 Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones

4.2.1.1 Descripción

El presente documento, contiene el modelado de dos procesos que forman parte de la gestión de unidades de manipulación. Para la elaboración del modelado se consideró representar los procesos que cubrirá la solución a desarrollar una vez implementada.

El primer proceso (ver Proceso de recepción de productos) abarca la recepción de productos a almacén. Primero, los operarios emplean un dispositivo móvil para registrar las unidades de manipulación entrantes y generar órdenes de ingreso. Seguidamente, el sistema sugiere ubicaciones para almacenar las unidades de manipulación recepcionadas, con el fin de que el encargado de almacén pueda escoger las ubicaciones más apropiadas. Después, el sistema planifica las rutas a seguir para llegar

a las ubicaciones asignadas y genera órdenes de transporte con información de las rutas planificadas. Finalmente, los operarios emplean un dispositivo móvil para atender las órdenes de transporte y confirmar que cada unidad de manipulación se almacenó en la ubicación correspondiente.

El segundo proceso (ver Proceso de atención de pedidos), comprende la atención de pedidos. Primero, se recibe un pedido desde el área de ventas. Seguidamente, si se cuenta con el stock suficiente para atender el pedido, por medio del sistema se seleccionan las unidades de manipulación requeridas, se genera una orden de despacho y se actualiza el stock. Después, el sistema planifica las rutas para llegar a las unidades a despachar y genera órdenes de transporte con información de las rutas planificadas. Finalmente, los operarios emplean un dispositivo móvil para atender las órdenes de transporte y confirmar que cada unidad de manipulación se ubicó en la zona de despacho.

Para la elaboración de estos modelos se consideró la revisión sistemática elaborada como parte del Estado del Arte (ver Estado del Arte), pues se respondió a la pregunta: *¿De qué manera se están ejecutando los procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones?* En esta revisión sistemática se encontraron nueve artículos de interés en los cuales se describen las actividades de los procesos de recepción y atención de pedidos, así como se destaca la importancia de optimizar estos procesos. Además, se realizaron reuniones con un especialista en gestión de almacenes, quien desde su experiencia pudo aportar información para el modelado de procesos. Finalmente, se emplearon la notación BPMN y el software Bizagi Modeler con el fin de representar los procesos visualmente.

4.2.1.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo B: Documento que contiene el modelado de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

El indicador objetivamente verificable se alcanzó mediante una entrevista por medio de la plataforma Zoom con un especialista en gestión de almacenes, él sugirió algunos cambios respecto al manejo de documentos internos y actualización de registros. Luego de realizar los cambios, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 70).

4.2.2 Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.

4.2.2.1 Descripción

La lista de factores comprende la elaboración de un cuadro de las características que consideran los encargados de almacén para determinar las ubicaciones en las cuales se almacenarán cada unidad de manipulación.

Para la selección de estas características, se consideró primero aquellas que se mencionan en la revisión sistemática elaborada como parte del estado del arte (ver Estado del Arte), con ello se elaboró la matriz de trazabilidad con el fin de presentar al especialista en gestión de almacenes una lista preliminar de factores. Después, se realizó una entrevista con el especialista, con el objetivo de validar aquellos factores que en base a su experiencia considera relevantes y obtener una priorización sobre estos. Finalmente, se obtuvo una lista final de los cinco factores más relevantes para la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones. Más adelante, se describen estos factores y algunos criterios que mencionó el entrevistado para justificar la priorización de cada uno.

Tabla 11: Lista de factores para determinar la asignación de espacios

Prioridad	Factor
1	Distancia
2	Nivel de rotación
3	Almacenamiento especial
4	Categoría
5	Volumen

La distancia resulta el factor más determinante, puesto que de esta depende la eficiencia de la planificación de rutas que se realiza durante los procesos de recepción de productos y atención de pedidos. Seguidamente, se considera el nivel de rotación, pues se debe priorizar que aquellos productos que tengan mayor movimiento en almacén sean colocados en posiciones de fácil acceso por los operarios de almacén. Luego, se consideran las necesidades especiales de almacenamiento de los productos, puesto que según las características de cada producto estos pueden requerir ser almacenados en espacios determinados, por ejemplo, se puede considerar temperatura, riesgo

explosivo, riesgo químico, entre otros. Después, se encuentra la agrupación por categoría, debido a que una forma de organización común es encontrar aquellos productos de un mismo tipo en espacios aledaños. Finalmente, se considera el volumen, esta característica representa más una restricción debido a la capacidad de almacenamiento con la que cuenta cada ubicación.

4.2.2.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo C: Documento que contiene la matriz de trazabilidad de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.

El indicador objetivamente verificable se alcanzó mediante una entrevista por medio de la plataforma Zoom con un especialista en gestión de almacenes, se le presentó la lista de factores encontrados y él priorizó aquellos que considera relevantes. Finalmente, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 71).

4.3 Discusión

Primero, se logró identificar dos procesos como parte de la gestión de unidades de manipulación: el proceso de recepción de productos y el proceso de atención de pedidos. Ambos modelos realizados describen el alcance que tendrá la solución a desarrollar en el presente proyecto de tesis. Además, se pudo reconocer de manera preliminar algunos documentos y funcionalidades que se implementarán en el sistema.

En segundo lugar, se hallaron los cinco factores más relevantes para determinar la asignación de espacios en almacenes de grandes dimensiones. Estos factores sirven como entrada al siguiente objetivo que consiste en el desarrollo de algoritmos que en base a estos factores puedan automatizar la toma de decisiones en los procesos descritos anteriormente.

Ambos resultados se pudieron lograr gracias a la revisión sistemática de la literatura que se realizó sobre el dominio de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones (ver Estado del Arte). Los artículos revisados permitieron desarrollar las primeras versiones de cada resultado que posteriormente fueron complementadas y aprobadas por un especialista en gestión de almacenes.

Capítulo 5. Objetivo 2: Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

5.1 Introducción

En el presente capítulo se presentará el desarrollo de dos resultados esperados: el pseudocódigo (resultado 2.1) y la implementación (resultado 2.2) de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones, estos resultados permitirán lograr lo propuesto por el objetivo específico 2: “Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones”.

El resultado 2.1 abarca la fase de entendimiento del software a implementar para automatizar la planificación de rutas, ello se logrará mediante la elaboración de un pseudocódigo. Seguidamente, el resultado 2.2 comprende la implementación del software en base al pseudocódigo validado. Para ambos resultados se realizó una investigación sobre el desarrollo de algoritmos en problemas de asignación y selección.

5.2 Resultados alcanzados

5.2.1 Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

5.2.1.1 Descripción

El presente documento, contiene el pseudocódigo de los algoritmos a implementar como parte del sistema de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones. Para la elaboración de los pseudocódigos se consideró implementar dos algoritmos para las siguientes operaciones: asignación de ubicaciones y selección de productos a despachar.

Algoritmo de asignación

Este es el algoritmo que representa una mayor complejidad debido a la cantidad de condiciones que se deben considerar y a la gran cantidad de posibles soluciones, es por ello que se ha optado por implementar un algoritmo basado en GRASP.

A continuación, se listan las consideraciones para la solución del problema:

- Según el resultado 1.2, se ha decidido tomar en cuenta la distancia hacia la ubicación, el nivel de rotación y las necesidades especiales del producto como parte de la función objetivo y restricciones del problema.
- No se considera la categoría, debido a que la complejidad aumentada del algoritmo representa un problema más perteneciente al área de Ciencias de la Computación. Además, la agrupación por categoría no representa un beneficio significativo, puesto que es un factor organizativo.
- No se considera el volumen, pues para este problema se asume que se maneja un estándar para las dimensiones de cada unidad de manipulación y que la capacidad de todas las ubicaciones de almacén solo permite el almacenamiento de una unidad de manipulación.
- El punto de partida por los operarios es el mismo en la recepción y despacho de productos.

El objetivo de la solución es minimizar los recorridos necesarios para movilizar los productos con mayor nivel de rotación. Por ello se consideró la siguiente expresión como función objetivo:

$$F.O = \frac{\textit{nivel de rotación del producto}}{\textit{distancia(punto de partida, ubicación asignada)}}$$

Como única restricción se tiene las necesidades especiales que puedan tener algunos productos. Para ello, se consideró que estos productos puedan ser almacenados únicamente en ubicaciones que cumplan con las necesidades requeridas.

Para la solución del problema se propone un algoritmo basado GRASP, este es un algoritmo metaheurístico que se compone de dos fases: la construcción de la solución y la optimización local. Además, recibe dos argumentos, *numMaxIteraciones* indica el número de iteraciones que se realizará este procedimiento, mientras que *alfa* es un valor que permitirá calibrar el nivel de heurística y aleatoriedad que se aplican sobre la solución.

```

Inicio AsignaciónGRASP (numMaxIteraciones, alfa)
  mejorSolución = [ ]
  Para i = 0 hasta numMaxIteraciones hacer
    solución = Construcción(alfa)
    solución = BúsquedaLocal(solución)
    Si solución.costo > mejorSolución.costo entonces
      mejorSolución = solución
    Fin Si
  Fin Para
  Retornar mejorSolución
Fin AsignaciónGRASP

```

Ilustración 2: Pseudocódigo genérico del algoritmo GRASP

En la fase de construcción se forma el arreglo inicial de pares ubicación-producto que formarán la solución inicial. Para agregar candidatos a la solución se selecciona de manera aleatoria un elemento perteneciente a la lista restringida de candidatos (RCL).

Para obtener esta lista, primero, se hallan el mejor y el peor candidato considerando la función objetivo (rotación/distancia). Seguidamente, se definen los límites de esta lista:

- Límite inferior: mejorCandidato – α *(mejorCandidato - peorCandidato)
- Límite superior: mejorCandidato

Luego, se verifica si la ubicación cumple con las necesidades de almacenamiento del producto, de ser así se forma un candidato con las propiedades de ambos elementos. Después, todos los pares ubicación-producto que se encuentren dentro de los límites formados anteriormente serán incluidos como parte de la RCL.

```

Inicio Construcción (alfa)
  solución = [ ]
  productos = LeerProductos()
  ubicaciones = LeerUbicaciones()
  Mientras PorAsignar(productos) hacer
    RCL = ObtenerRCL(productos, ubicaciones, alfa)
    candidato = ObtenerAleatorio(RCL)
    AgregarCandidato(solución, candidato)
    ActualizarDatos(productos, ubicaciones, candidato)
  Fin Mientras
  Retornar solución
Fin Construcción

Inicio ObtenerRCL (productos, ubicaciones, alfa)
  peorCandidato = productoConMenorRotación/ubicaciónMásDistante
  mejorCandidato = productoConMayorRotación/ubicaciónMenosDistante
  RCL = [ ]
  criterioRCL = {mejorCandidato -  $\alpha$ (mejorCandidato - peorCandidato), mejorCandidato}
  Para producto en productos hacer
    Para ubicación en ubicaciones hacer
      Si cumpleNecesidades(ubicación, producto) entonces
        candidato = formarCandidato(ubicación, producto)
        Si candidato.rotacion/candidato.distancia en criterioRCL entonces
          agregarCandidato(RCL, candidato)
      Fin Si
    Fin Para
  Fin Para

```

```
Fin Si
Fin Para
Fin Para
Retornar RCL
Fin ObtenerRCL
```

Ilustración 3: Fase de construcción del pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP

Finalmente, en la fase de optimización local se realiza una búsqueda local de una mejor solución respecto a la solución encontrada en la fase de construcción. Para ello, se propone alternar los pares ubicación-producto formados en la solución.

```
Inicio BúsquedaLocal (solución)
Para i = 0 hasta numMaxIteraciones hacer
    soluciónLocal = cambiarProductoUbicacion(solución)
    Si soluciónLocal.costo > solución.costo entonces
        solución = soluciónLocal
    Fin Si
Fin Para
Retornar solución
Fin BúsquedaLocal
```

Ilustración 4: Fase de optimización local del pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP

Algoritmo de selección de productos

Para este problema no se empleó el algoritmo GRASP como base, pues debido a la diferencia de importancia entre cada factor y a la menor cantidad de elementos se optó por desarrollar una solución menos compleja. Para esta solución se han considerado los siguientes factores ordenados según su importancia:

1. Fecha de expiración
2. Fecha de ingreso
3. Distancia

Primero, se realiza la búsqueda en inventario de todos aquellos productos que podrían ser empleados para atender un producto pedido. Después, para seleccionar el producto a despachar, se busca el producto próximo a vencer. Luego, si se encuentra más de un producto como mejor candidato se prioriza aquel con la fecha de ingreso más antigua. Finalmente, si nuevamente se encuentra más de un producto como mejor candidato, se selecciona aquel con menor distancia.

```

Inicio SelecciónDespacho()
    solución = [ ]
    pedido = LeerPedido()
    Para productoPedido en pedido hacer
        productos = BuscarEnInventario(productoPedido)
        productoSeleccionado = AplicarCriterios(productos)
        ActualizarInventario(productoSeleccionado)
        AgregarProducto(solución, productoSeleccionado)
    Fin Para
    Retornar solución
Fin SelecciónDespacho

```

Ilustración 5: Pseudocódigo del algoritmo para la selección de productos a despachar

5.2.1.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo D: Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

El indicador objetivamente verificable se obtuvo mediante una reunión por medio de la plataforma Zoom con un especialista en algoritmos, en la cual se le presentó los pseudocódigos planteados. Después de su revisión, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 74).

5.2.2 Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

5.2.2.1 Descripción

En el presente documento se describe el proceso de la implementación de los algoritmos que formarán parte del sistema de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones. Los algoritmos se desarrollaron en base a los pseudocódigos diseñados en el resultado anterior, como lenguaje de programación se empleó JavaScript, esto con el fin de agilizar la integración con el sistema de gestión a desarrollar. Además, se empleó la herramienta *Mockaroo* para generar datos y probar el funcionamiento de los algoritmos.

Estructura de datos

El manejo de las estructuras de datos se realiza empleando el formato JSON. Para la variedad de productos que maneja el almacén se definieron los siguientes atributos:

- Código alfanumérico único.
- Nombre del producto.
- Rotación del producto, basado en el método de clasificación ABC.
- Clasificación del producto, se consideraron 3 tipos de productos con necesidades especiales etiquetados como (A, B, C).

```
{
  "código": "32JQE48",
  "nombre": "Agua - San Luis 7L",
  "rotación": "C",
  "clasificación": "C"
}
```

Ilustración 6: Ejemplo de producto de almacén en formato JSON

En cambio, para las ubicaciones de almacén se definieron los siguientes atributos:

- Identificador único.
- Identificador de la unidad de manipulación si es que contiene una.
- Posición en almacén, compuesto por fila, columna y nivel.
- Posición en almacén en metros, se calcula en base al atributo anterior.
- Clasificación de la ubicación, este valor restringe los tipos de productos que pueden ser almacenados.

```
{
  "id": 1,
  "idUnidadManipulación": 12,
  "posición": {
    "fila": 1,
    "columna": 1,
    "nivel": 1
  },
  "posiciónEnMetros": {
    "fila": 10,
    "columna": 10,
    "nivel": 0
  },
  "clasificación": "C"
}
```

Ilustración 7: Ejemplo de ubicación de almacén en formato JSON

La estructura de los datos de las unidades de manipulación se compone de un identificador, el código del producto que contiene, la fecha de ingreso a almacén y la fecha de expiración.

```
{
  "id": 12,
  "códigoProducto": "34URJ54",
  "fechaIngreso": "04/02/2021",
  "fechaExpiración": "05/07/2022"
}
```

Ilustración 8: Ejemplo de unidad de manipulación en formato JSON

Es importante destacar que las estructuras presentadas no representan necesariamente el diseño definitivo de los datos que manejará el sistema de gestión de unidades de manipulación, puesto que solo se consideraron aquellas características necesarias para simular la aplicación de los algoritmos.

Algoritmo de asignación – Función objetivo:

En el resultado anterior se definió como función objetivo la distancia hacia la ubicación entre la rotación del producto, esto con el fin de asignar las ubicaciones de fácil acceso a los productos con mayor movimiento en el almacén. Para el algoritmo se emplearon tres valores distintos entre 0 y 1 para cuantificar la rotación en base a la clasificación ABC. En cuanto a la distancia, esta se calcula mediante la suma de la distancia horizontal y la distancia vertical multiplicada por un factor determinado, este factor es útil para representar el esfuerzo adicional que se realiza por alcanzar ubicaciones con mayor altura, finalmente, se normaliza la distancia hallada entre un valor de 0 a 1 para mejorar la precisión de la función objetivo.

Algoritmo de asignación – Ejecución y calibración:

Este algoritmo se desarrolló en base al algoritmo GRASP, por lo que es importante calibrar el valor de *alfa* para obtener los mejores resultados. Por lo tanto, en base a la recomendación de los especialistas en algoritmos se decidió realizar la calibración de *alfa* entre valores de 0.25 y 0.3. A continuación, se presenta el escenario de la ejecución.

- Variedad de productos: 250.
- Dimensiones del almacén: 10 filas, 10 columnas y 6 niveles.
- Ubicaciones: 1000 en total, 700 disponibles y 300 ocupadas.
- Recepción: 30 unidades de manipulación.
- Factor distancia vertical: 10.
- Valores rotación ABC: (A = 1, B = 0.5, C = 0.1)

Se realizaron en total 51 ejecuciones para distintos valores de *alfa* con 1000 iteraciones del algoritmo en cada una. Como mejor solución se obtuvo un valor de 654.71 aproximadamente con un *alfa* de 0.25. (ver Tabla 24 en el Anexo E).

5.2.2.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación, el código de los algoritmos desarrollados, se encuentra en el Anexo E: Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.

El indicador objetivamente verificable se obtuvo mediante una reunión por medio de la plataforma Zoom con un especialista en algoritmos, en la cual se le presentó la implementación de los algoritmos, así como los resultados. Después de su revisión, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 75).

5.3 Discusión

Primero, se diseñaron de manera preliminar las soluciones algorítmicas que se aplicarán en el sistema a desarrollar en el presente proyecto de tesis. Para el problema de asignación de espacios, se definieron las restricciones (necesidades especiales de almacenamiento) y la función objetivo (rotación/distancia) que formarán parte de la solución basada en GRASP, esto se pudo lograr gracias a los factores identificados en el resultado 1.2. Para el problema de selección de unidades de manipulación en el despacho se consideró una solución de menor complejidad, la cual consiste en tres reglas de decisión (fecha de expiración, fecha de ingreso y distancia).

En segundo lugar, se realizó la implementación de los algoritmos en base a los pseudocódigos diseñados. Ambos algoritmos se codificaron empleando el lenguaje de programación JavaScript y se utilizó la herramienta Mockaroo para la generación de datos de prueba. Debido a que el algoritmo de asignación de espacios se encuentra basado en el algoritmo GRASP se realizó una calibración del valor de *alfa*, con el fin de obtener mejores resultados. Finalmente se obtuvo el código de ambos algoritmos.

Como resultado se obtuvieron las soluciones algorítmicas que permitirán la automatización de los procesos de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones. Además, se obtuvo una versión preliminar de la estructura de los datos que utilizará el sistema de gestión de unidades de manipulación.

Capítulo 6. Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

6.1 Introducción

En el presente capítulo se presentará el desarrollo de tres resultados esperados: el documento de arquitectura (resultado 3.1), los módulos web (resultado 3.2) y la aplicación móvil (resultado 3.3) del sistema de información a desarrollar que se encargará la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes. Estos resultados permitirán lograr lo propuesto por el objetivo específico 3: “Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes”.

El resultado 3.1 contempla la fase de análisis y diseño del sistema de información a desarrollar. El resultado 3.2 comprende el desarrollo de los módulos web que formarán parte de la solución. Finalmente, el resultado 3.3 abarca el desarrollo de la aplicación móvil que también formará parte de la solución.

6.2 Resultados alcanzados

6.2.1 Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

6.2.1.1 Descripción

El presente documento, contiene las historias del usuario, prototipos del sistema, diagrama de clases, diagrama de componentes y diagrama de despliegue del sistema a implementar. Para la elaboración de este resultado se consideraron los procesos identificados en el Anexo B: Documento que contiene el modelado de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones y las necesidades identificadas en las reuniones que se tuvieron con el especialista en gestión de almacenes.

Historias de usuario

Se empleó esta técnica para representar las necesidades del usuario, puesto que se trabajará el desarrollo de la solución bajo el marco Scrum.

Se pueden destacar las historias #3 y #5 en las que se aplican los algoritmos elaborados como parte del resultado 2.2 (Ver página 52). También, según la historia #7 se implementará una vista con el mapa de almacén con el fin de identificar el estado actual del almacén. En la parte móvil, se puede destacar la opción de confirmar el movimiento de unidades de manipulación mediante el escaneo de códigos, historias #13 y #14. A continuación, se muestra la tabla que contiene todas las historias de usuario que se emplearán para la implementación de la solución.

Tabla 12: Historias de usuario

#	ID	Usuario	Historia de usuario	Criterios de aceptación
1	GEN01	Almacenero	Iniciar sesión en el sistema para poder gestionar las operaciones de almacén.	Se debe validar un usuario y contraseña. El acceso debe ser el mismo para la web y la app.
2	WEB01	Almacenero	Visualizar el inventario en almacén para monitorear las unidades de manipulación.	Se debe contar con un buscador por código, producto y estado.
3	WEB02	Almacenero	Asignar ubicaciones a las unidades ingresantes a almacén para realizar el almacenamiento.	Se debe conseguir una solución que optimice la asignación en base a la distancia, rotación y clasificación de los productos.
4	WEB03	Almacenero	Visualizar y gestionar los productos del almacén para dar mantenimiento a los productos que se manejan en almacén.	Se debe contar con un buscador por código, nombre, nivel de rotación y clasificación. Se incluyen las opciones de: agregar, editar y eliminar productos. Se debe poder visualizar un reporte del tipo kardex por cada producto, este reporte lista los ingresos y salidas de un determinado producto según un rango de fechas definido.
5	WEB04	Almacenero	Visualizar la lista de pedidos para realizar el despacho de unidades de manipulación.	Se debe contar con un buscador por pedido, código de producto, y estado. Se debe considerar dos vistas: cabecera y detalle
6	WEB05	Almacenero	Obtener la selección óptima de productos a despachar para atender los pedidos con el inventario disponible en almacén.	Se debe conseguir una solución óptima considerando fecha de expiración, fecha de vencimiento y distancia de la unidad a despachar.

7	WEB06	Almacenero	Visualizar las ubicaciones de almacén para identificar el estado actual del almacén.	Se debe contar con una visualización 2d de la estructura de almacén considerando cada ubicación de almacén. Se debe visualizar las áreas de recepción y despacho. Se debe ver el detalle de la unidad de manipulación que contiene cada ubicación.
8	WEB07	Almacenero	Cargar de forma masiva pedidos, productos y órdenes de ingreso para ingresar datos desde fuentes externas.	Para productos se requieren los siguientes campos: código, nombre, rotación, clasificación y cantidad de productos por unidad de manipulación. Para pedidos se requieren los siguientes campos: id del cliente, código, cantidad de unidades de manipulación. Para órdenes de ingreso se requieren los siguientes campos: Id de la orden, código del producto, fecha de expiración de la unidad de manipulación. Se acepta el formato .csv.
9	WEB08	Almacenero	Visualizar la lista de órdenes de ingreso, despacho y transporte.	Se debe contar con un buscador por # de orden y estado. La vista para ingreso y despacho requiere de un par de vistas cabecera-detalle.
10	MOV01	Almacenero	Visualizar y seleccionar las órdenes de ingreso para registrar unidades de manipulación.	Se debe contar con un buscador por código, fecha de registro y estado. Se debe poder seleccionar una orden de ingreso y realizar el registro de unidades.
11	MOV02	Montacarguista	Visualizar instrucciones de movilización para almacenar o despachar unidades de almacén.	Se debe visualizar la ruta a seguir para movilizar la unidad desde el área de recepción hasta la ubicación asignada. Se debe visualizar la ruta a seguir para movilizar la unidad desde su ubicación hacia el área de despacho.
12	MOV03	Montacarguista	Visualizar y seleccionar las órdenes de transporte.	Se debe contar con un buscador por código, fecha de registro y estado. Se debe poder seleccionar una orden de transporte y visualizar el destino.
13	MOV04	Almacenero	Escanear códigos de las unidades de manipulación para atender las órdenes de ingreso.	Se debe contar con un lector de códigos QR. Se debe registrar cada unidad de manipulación escaneada sobre una orden de ingreso.

14	MOV05	Montacarguista	Escanear códigos de las ubicaciones de almacén para almacenar o despachar unidades de manipulación.	Se debe contar con un lector de códigos QR. Se debe actualizar el estado de la orden de transporte, ubicación e inventario al realizar el escaneo. Se debe poder observar las ubicaciones.
14	MOV05	Montacarguista	Escanear códigos de las unidades de manipulación para almacenar o despachar unidades de manipulación.	Se debe contar con un lector de códigos QR. Se debe actualizar el estado de la orden de transporte, ubicación e inventario al realizar el escaneo. Se debe poder observar las ubicaciones.

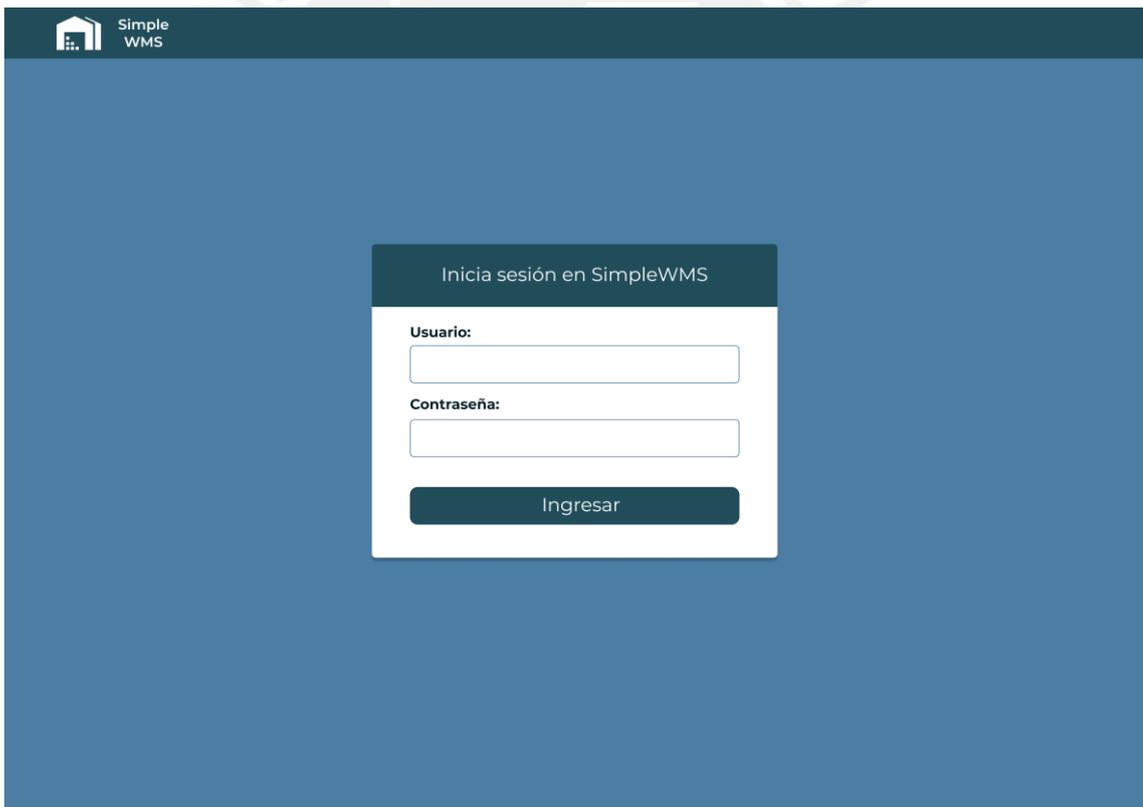


Prototipos

Para la elaboración de prototipos se utilizó la herramienta Figma y se consideraron dos sistemas, la aplicación web y la aplicación móvil. Además, se tomaron en cuenta las historias de usuario identificadas para realizar el diseño y la interacción entre las vistas. El Anexo F: Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes contiene los enlaces de los prototipos elaborados.

Inicio de sesión - Web

Esta es la primera vista de la versión web del sistema, en la cual se solicita al usuario las credenciales para poder acceder a las funcionalidades del sistema.



The image shows a web login interface for SimpleWMS. At the top left, there is a logo consisting of a house icon and the text 'Simple WMS'. The background is a solid blue color. In the center, there is a white rectangular form with a dark blue header that reads 'Inicia sesión en SimpleWMS'. Below the header, there are two input fields: the first is labeled 'Usuario:' and the second is labeled 'Contraseña:'. At the bottom of the form is a dark blue button with the text 'Ingresar' in white.

Ilustración 9: Vista de inicio de sesión web

Almacén

Se mostraría esta vista tras el inicio de sesión, permite la visualización rápida del estado de las ubicaciones en almacén, así como se muestra un resumen de los movimientos respecto a unidades de manipulación que se tienen.

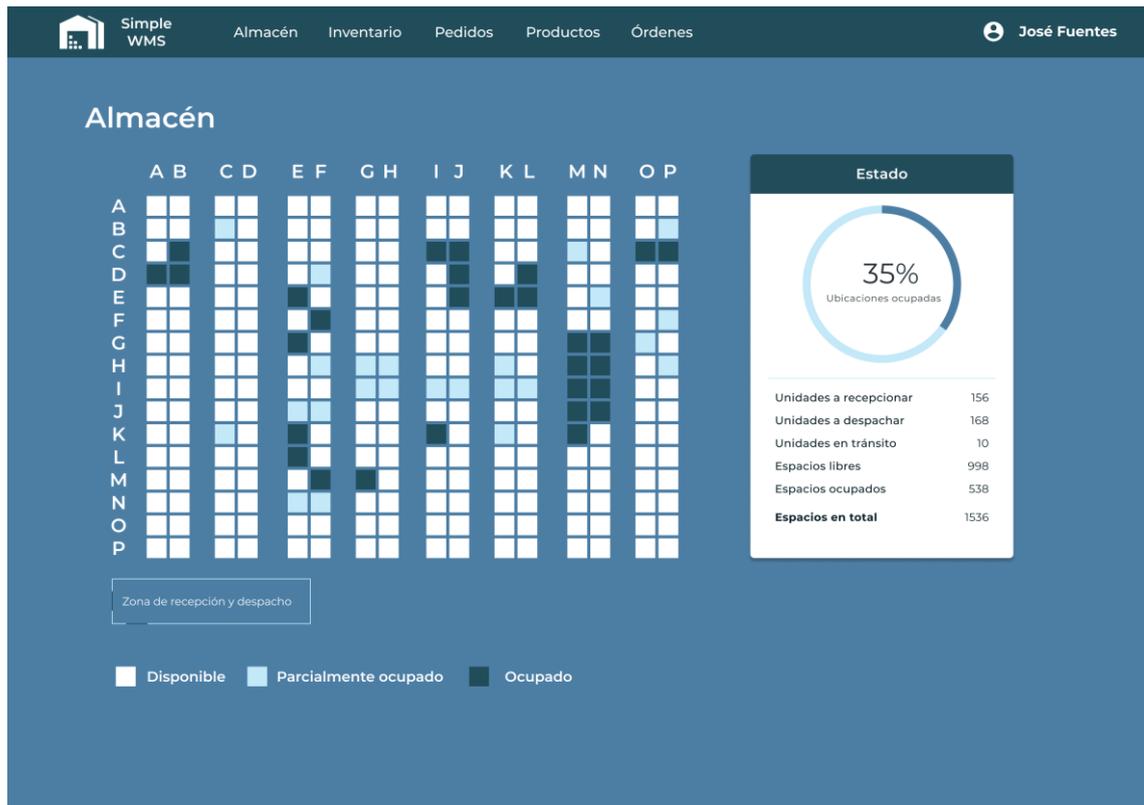


Ilustración 10: Vista de almacén

Almacén – Estantería

Esta vista se muestra al seleccionar una de las estanterías de almacén que se visualizan en el mapa de almacén. Se visualiza el detalle de las unidades de manipulación que se encuentran en cada nivel de la estantería seleccionada.

Nivel	# UM	Producto	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Clasificación	Estado
1	10	Agua San Luis 7L	30 Ago 2021	20 Dic 2021	Inorgánico	Ocupado
2	15	Agua San Luis 7L	22 Ago 2021	30 Dic 2021	Inorgánico	Reservado
3	32	Agua San Luis 7L	20 Ago 2021	24 Dic 2021	Inorgánico	Reservado
4	-	-	-	-	Inorgánico	Libre
5	-	-	-	-	Inorgánico	Libre
6	-	-	-	-	Inorgánico	Libre
7	-	-	-	-	Inorgánico	Libre

Ilustración 11: Vista de estantería

Inventario

En esta vista se visualizan todas las unidades de manipulación del almacén, considerando las despachadas, las actuales y las que están por ingresar. El botón asignar ubicaciones aplicaría el algoritmo de asignación sobre aquellas unidades que se encuentren sin ubicación, por ejemplo, la unidad #3 puede ser seleccionada para solicitar al sistema una ubicación, tras la asignación se realizaría una transición al estado asignado y se generaría una orden de transporte sobre esta unidad. Además, se cuenta con una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de unidades de manipulación al usuario.

Código	Nombre	Productos por unidad de manipulación	Unidad de medida	Rotación ABC	Clasificación	Opciones
AB123DG	Agua San Luis 7L	5	Bidón	A	Inorgánico	
AC123DE	Agua San Mateo 7L	15	Bidón	B	Inorgánico	
AB143DE	Pescado 1kg	30	Caja	C	Congelado	
AB123AE	Coca Cola 3L	10	Botella	B	Inorgánico	
AB123EE	Inca Kola 500mL	10	Botella	C	Inorgánico	
AB123HE	Limón 1kg	50	Caja	B	Orgánico	
AB623DE	Agua San Luis 1L	15	Bidón	A	Inorgánico	
AB523DE	Pollo 1kg	25	Caja	A	Congelado	
AB421DE	Manzana 1kg	50	Caja	B	Orgánico	
AB517DE	Plátano Seda 7L	15	Caja	A	Orgánico	
AB729DE	Sprite 2L	5	Botella	A	Inorgánico	

Ilustración 12: Vista de inventario

Pedidos

En esta vista se visualizan todos los pedidos registrados en el almacén. Se ven los datos generales del pedido y se incluye la opción de ver el detalle del pedido. Además, se cuenta con la opción de realizar la carga masiva de pedidos y una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de pedidos al usuario.

The screenshot shows the 'Pedidos' (Orders) view in the Simple WMS system. The interface includes a navigation bar with 'Almacén', 'Inventario', 'Pedidos', 'Productos', and 'Órdenes'. The main area displays a table of orders with columns for '# Pedido', 'Cliente', 'Cantidad unidades', 'Fecha de registro', 'Estado', and 'Detalle'. A search bar and a 'Cargar pedidos' button are also visible.

# Pedido	Cliente	Cantidad unidades	Fecha de registro	Estado	Detalle
1	Distribuidora SAC	70	30 Sep 2021	En atención	→
2	Tienda SAC	25	30 Sep 2021	Despachado	→
3	Mayorista SAC	50	30 Sep 2021	En atención	→
4	Carnes SAC	30	30 Sep 2021	Pendiente	→
5	Mayorista SAC	15	30 Sep 2021	Pendiente	→
6	Tienda SAC	5	30 Sep 2021	Pendiente	→

Ilustración 13: Vista de pedidos

Pedidos - Detalle

En esta vista se visualiza el detalle del pedido seleccionado. Se ve mayor información de los datos generales y se muestra la lista de productos que forman parte del pedido. En la columna despacho, se indica el estado de la atención de cada posición del pedido, un checkbox marcado indica que ya se generó una orden de despacho para atender esa posición. Al marcar los checkboxes habilitados y seleccionar el botón despachar unidades, se aplicaría el algoritmo de selección de productos para el despacho. Como resultado, se genera una orden de despacho en la que se indican las unidades de manipulación que se emplearán para atender las posiciones marcadas del pedido. Por ejemplo, si se despachan unidades para la posición 4, se crearía una orden de despacho que detalla las 5 unidades de manipulación que se emplearían para atender la posición seleccionada.

Posición	Código producto	Nombre	Cantidad UM	Stock disponible UM	Despacho
1	AB123DE	Agua San Luis 7L	15	25	<input type="checkbox"/>
2	AC123DF	Pescado 1kg	15	20	<input checked="" type="checkbox"/>
3	AB123DG	Coca Cola 3L	10	30	<input checked="" type="checkbox"/>
4	AC123DH	Inca Kola 500mL	5	55	<input checked="" type="checkbox"/>
5	AB123DI	Pollo 1kg	25	35	<input type="checkbox"/>

Ilustración 14: Vista de pedido

Productos

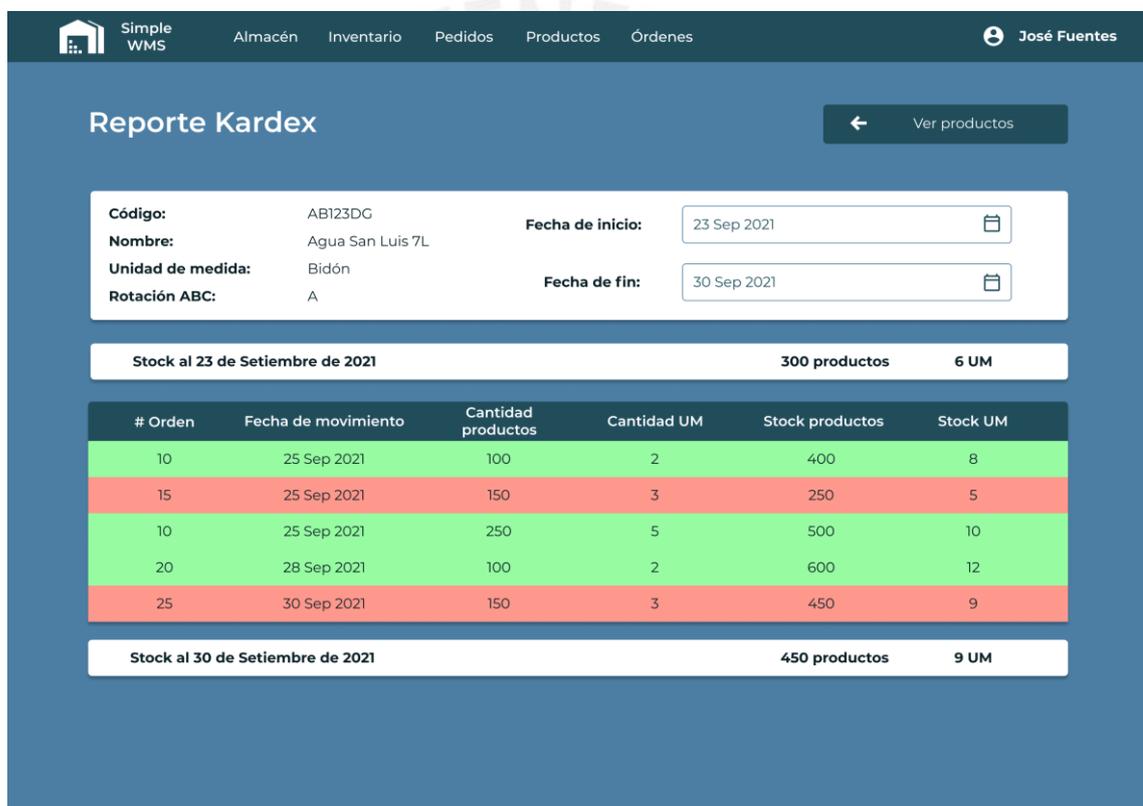
En esta vista se puede gestionar los productos que maneja el almacén. Se ven las características de los productos y se incluyen opciones de ver *kardex*, edición y eliminación. Además, se cuenta con la opción de realizar la carga masiva de productos y una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de productos al usuario.

Código	Nombre	Productos por unidad de manipulación	Unidad de medida	Rotación ABC	Clasificación	Opciones
ABI23DG	Agua San Luis 7L	5	Bidón	A	Inorgánico	
AC123DE	Agua San Mateo 7L	15	Bidón	B	Inorgánico	
ABI43DE	Pescado 1kg	30	Caja	C	Congelado	
ABI23AE	Coca Cola 3L	10	Botella	B	Inorgánico	
ABI23EE	Inca Kola 500mL	10	Botella	C	Inorgánico	
ABI23HE	Limón 1kg	50	Caja	B	Orgánico	
AB623DE	Agua San Luis 1L	15	Bidón	A	Inorgánico	
AB523DE	Pollo 1kg	25	Caja	A	Congelado	
AB421DE	Manzana 1kg	50	Caja	B	Orgánico	
AB517DE	Plátano Seda 7L	15	Caja	A	Orgánico	
AB729DE	Sprite 2L	5	Botella	A	Inorgánico	

Ilustración 15: Vista de productos

Productos – Reporte Kardex

Esta vista se muestra tras seleccionar la opción ver *Kardex* en la vista de productos. Se visualizan los detalles del producto y se permite al usuario la selección de fechas para indicar el periodo de tiempo en el que se desea elaborar el reporte. Este reporte muestra los movimientos de ingreso y salida que se tuvieron en almacén sobre un determinado producto durante un periodo de tiempo, además, permite conocer el stock disponible con el que se cuenta en almacén.



Reporte Kardex

← Ver productos

Código: ABI23DG **Fecha de inicio:** 23 Sep 2021

Nombre: Agua San Luis 7L

Unidad de medida: Bidón **Fecha de fin:** 30 Sep 2021

Rotación ABC: A

Stock al 23 de Setiembre de 2021 **300 productos** **6 UM**

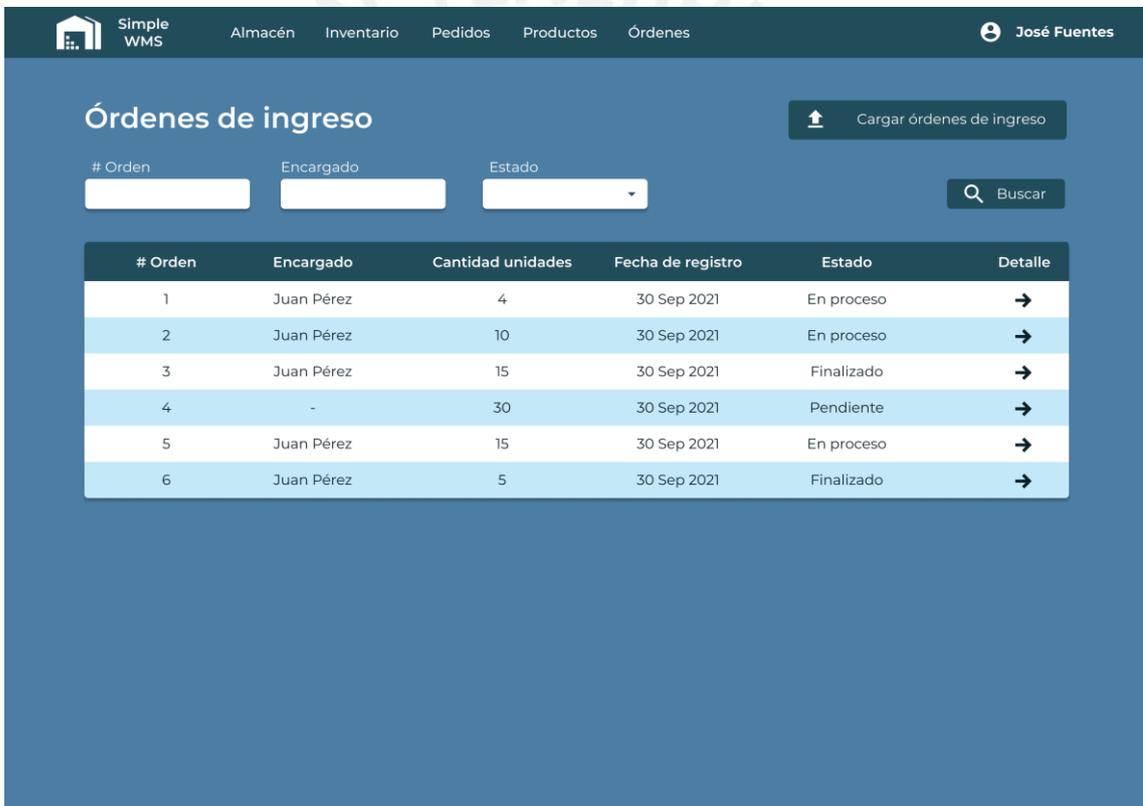
# Orden	Fecha de movimiento	Cantidad productos	Cantidad UM	Stock productos	Stock UM
10	25 Sep 2021	100	2	400	8
15	25 Sep 2021	150	3	250	5
10	25 Sep 2021	250	5	500	10
20	28 Sep 2021	100	2	600	12
25	30 Sep 2021	150	3	450	9

Stock al 30 de Setiembre de 2021 **450 productos** **9 UM**

Ilustración 16: Reporte Kardex

Órdenes de ingreso

En esta vista se visualizan todas las órdenes de ingreso registradas en el almacén. Se ven los datos generales de la orden y se incluye la opción de ver el detalle de la misma. Además, se cuenta con la opción de realizar la carga masiva de órdenes de ingreso y una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de órdenes de ingreso al usuario. La carga de órdenes de ingreso representa la entrada del proceso de internamiento que realiza el almacenero al verificar físicamente que las unidades de manipulación recepcionadas corresponden a las que se indican en la orden de ingreso.



# Orden	Encargado	Cantidad unidades	Fecha de registro	Estado	Detalle
1	Juan Pérez	4	30 Sep 2021	En proceso	→
2	Juan Pérez	10	30 Sep 2021	En proceso	→
3	Juan Pérez	15	30 Sep 2021	Finalizado	→
4	-	30	30 Sep 2021	Pendiente	→
5	Juan Pérez	15	30 Sep 2021	En proceso	→
6	Juan Pérez	5	30 Sep 2021	Finalizado	→

Ilustración 17: Órdenes de ingreso

Órdenes de ingreso - Detalle

En esta vista se visualiza el detalle de la orden de ingreso seleccionada. Se ven los datos generales y se muestra la lista de unidades de manipulación que forman parte de la orden de ingreso. Esta vista solo es informativa, puesto que la asignación de ubicaciones se realizaría en la sección de inventario.

Órdenes de ingreso [← Ver órdenes de ingreso](#)

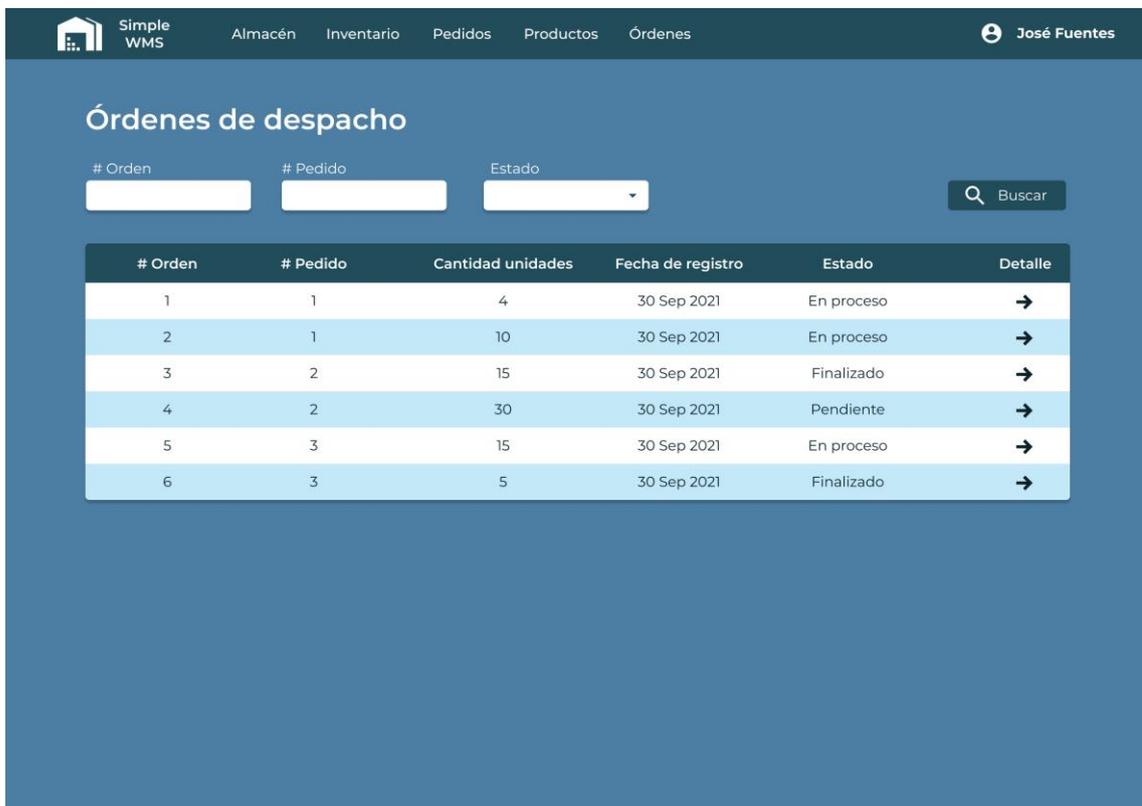
Orden: 1
Encargado: Juan Pérez
Fecha de registro: 30 Sep 2021
Estado: En proceso

Posición	# UM	Código producto	Producto	Cantidad de productos	Fecha de expiración	Estado
1	16	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Oct 2021	Disponible
2	22	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Nov 2021	No encontrado
3	28	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Oct 2021	Registrado
4	38	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Nov 2021	En tránsito

Ilustración 18: Orden de ingreso

Órdenes de despacho

En esta vista se visualizan todas las órdenes de despacho registradas en el almacén. Se ven los datos generales de la orden y se incluye la opción de ver el detalle de la misma. Además, se cuenta con una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de órdenes de despacho al usuario. No se incluye la opción de carga de órdenes de despacho, pues estas únicamente se generan al atender un pedido.



# Orden	# Pedido	Cantidad unidades	Fecha de registro	Estado	Detalle
1	1	4	30 Sep 2021	En proceso	→
2	1	10	30 Sep 2021	En proceso	→
3	2	15	30 Sep 2021	Finalizado	→
4	2	30	30 Sep 2021	Pendiente	→
5	3	15	30 Sep 2021	En proceso	→
6	3	5	30 Sep 2021	Finalizado	→

Ilustración 19: Órdenes de despacho

Órdenes de despacho - Detalle

En esta vista se visualiza el detalle de la orden de despacho seleccionada. Se ven los datos generales y se muestra la lista de unidades de manipulación que forman parte de la orden de despacho. En la columna transporte, se indica el estado de la atención de cada posición de la orden de despacho, un checkbox marcado indica que ya se generó una orden de transporte para atender esa posición. Al marcar los checkboxes habilitados y seleccionar el botón despachar unidades, se crearía una orden de transporte por cada posición seleccionada.

Posición	# UM	Código producto	Producto	Cantidad de productos	Fecha de expiración	Estado	Transporte
1	16	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Oct 2021	Despachado	<input checked="" type="checkbox"/>
2	22	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Nov 2021	Despachado	<input checked="" type="checkbox"/>
3	28	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Oct 2021	En tránsito	<input checked="" type="checkbox"/>
4	38	AB123DE	Agua San Luis 7L	5	30 Nov 2021	Pendiente	<input type="checkbox"/>

Ilustración 20: Orden de despacho

Órdenes de transporte

En esta vista se visualizan todas las órdenes de transporte registradas en el almacén. Cada orden puede ser del tipo ingreso o salida, y se encuentra asociada únicamente a una unidad de manipulación, pues se considera que el transporte se realiza por unidad. Estas órdenes son útiles para los montacarguistas, quienes se encargarán de la movilización de las unidades en almacén. Además, se cuenta con una sección de campos de entrada para facilitar la búsqueda de órdenes de transporte al usuario. No se cuenta con una opción de carga masiva, pues estas órdenes se registran únicamente tras la ejecución de los procesos de asignación y despacho de unidades de manipulación.

# Orden	Encargado	Tipo	# UM	Fecha de registro	Estado
1	Juan Pérez	Ingreso	12	20 Dic 2021	En tránsito
2	Juan Pérez	Despacho	13	20 Dic 2021	Finalizado
3	Juan Pérez	Ingreso	16	20 Dic 2021	En tránsito
4	Juan Pérez	Ingreso	17	20 Dic 2021	Finalizado
5	Juan Pérez	Despacho	18	20 Dic 2021	Observado
6	Juan Pérez	Ingreso	19	20 Dic 2021	En tránsito
7	Juan Pérez	Despacho	20	20 Dic 2021	En tránsito
8	Juan Pérez	Ingreso	21	20 Dic 2021	Finalizado
9	-	Despacho	22	20 Dic 2021	Pendiente
10	-	Ingreso	23	20 Dic 2021	Pendiente

Ilustración 21: Órdenes de transporte

Inicio de sesión - Móvil

Esta es la primera vista de la aplicación móvil, en la cual se solicita al usuario las credenciales para poder acceder a las funcionalidades del sistema.

The image shows a mobile application login screen for 'Simple WMS'. The background is a solid blue color. At the top left, there is a white icon of a warehouse with a grid pattern. To its right, the text 'Simple WMS' is displayed in white. Below the logo, the word 'Bienvenido' is centered in white. Underneath, there are two white input fields: the first is labeled 'Usuario:' and the second is labeled 'Contraseña:'. At the bottom, there is a dark blue button with the white text 'Ingresar'. A large, faint watermark 'ET LUX' is visible in the background.

Ilustración 22: Vista de inicio de sesión móvil

Internamiento de la producción – Órdenes de ingreso

La sección de internamiento se refiere a la verificación física que realiza el almacenero para confirmar que las unidades de manipulación recepcionadas corresponden a las que se indican en la orden de ingreso. En la primera vista de esta sección se listan las órdenes de ingreso para la posterior atención de una de las órdenes. Además, se cuenta con una opción de filtros para por ejemplo visualizar únicamente aquellas órdenes pendientes.

# Orden	Estado	Fecha de registro
123	Pendiente	30 Sep 2021
124	Finalizado	30 Sep 2021
125	Pendiente	30 Sep 2021
126	Pendiente	30 Sep 2021

Ilustración 23: Vista de órdenes de ingreso

Internamiento de la producción – Orden de ingreso

Esta vista se muestra al seleccionar una orden de ingreso. Se listan las unidades que forman parte de la orden de ingreso y permite la selección de una para proceder a su verificación.



The screenshot displays a mobile application interface for production management. At the top, a dark blue header contains the text "Internamiento de la producción". Below this, a light blue section titled "Orden de ingreso seleccionada" contains a table with the following data:

# Orden	Estado	Fecha de registro
123	Pendiente	30 Sep 2021

Below the order information, there are three separate tables under the heading "Unidades de manipulación". Each table lists units with their respective product names and quantities:

# UM	Producto	Cantidad
202110010010	Agua San Luis 7L	10

# UM	Producto	Cantidad
202110010012	Pescado 1kg	5

# UM	Producto	Cantidad
202110010014	Pollo 1kg	5

At the bottom of the screen, a dark blue navigation bar features three icons and their corresponding labels: a square with a downward arrow for "Internamiento", a left-pointing arrow for "Ingresos", and a right-pointing arrow for "Salidas".

Ilustración 24: Vista de orden de ingreso

Internamiento de la producción – Escaneo de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al seleccionar una unidad de manipulación. Se visualiza el detalle de la unidad de manipulación a registrar, de esta manera el almacenero puede verificar si físicamente la unidad recepcionada corresponde a lo descrito por el sistema. Además, se presenta la opción de escanear el código de la unidad.

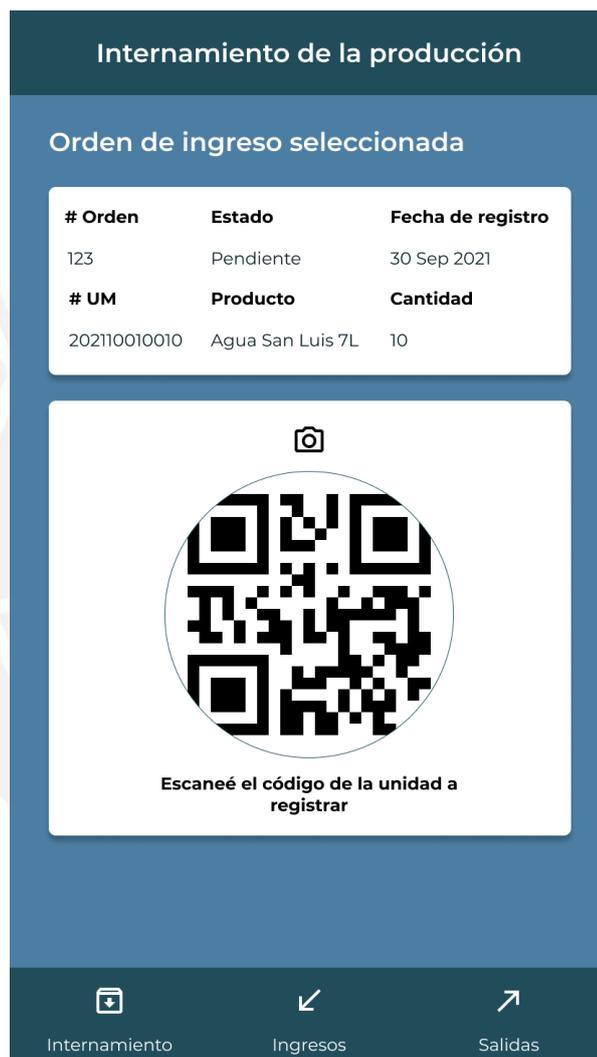


Ilustración 25: Vista de escaneo de unidad de manipulación

Internamiento de la producción – Confirmación de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al escanear el código de la unidad recepcionada. Se verifica que el código corresponda al indicado por el sistema y si físicamente la unidad es correcta el almacenero puede registrar el ingreso, de lo contrario, puede realizar una observación sobre la unidad.

Internamiento de la producción

Orden de ingreso seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
123	Pendiente	30 Sep 2021

# UM	Producto	Cantidad
202110010010	Agua San Luis 7L	10

Código identificado

202110010010

Registrar **Observar**

Internamiento Ingresos Salidas

Ilustración 26: Vista de confirmación de unidad de manipulación

Ingreso de unidades – Órdenes de transporte

La sección de ingresos se refiere a la atención por parte del montacarguista sobre las órdenes de transporte del tipo ingreso, para estas órdenes de transporte se requiere de una doble verificación, primero sobre la unidad de manipulación y luego sobre la ubicación en almacén. En la primera vista de esta sección se listan las órdenes de transporte del tipo ingreso para la posterior atención de una de las órdenes. Además, se cuenta con una opción de filtros para por ejemplo visualizar únicamente aquellas órdenes pendientes.

# Orden	Estado	# UM
10	En tránsito	202110010003
11	Observado	202110010005
12	Pendiente	202110010010

Ilustración 27: Vista de órdenes de transporte de ingreso

Ingreso de unidades – Escaneo de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al seleccionar una orden de transporte. Se visualiza el detalle de la unidad de manipulación a almacenar y la ubicación destino, de esta manera el almacenero puede verificar si físicamente la unidad receptionada y la ubicación corresponden a lo descrito por el sistema. Para empezar con el transporte, se solicita al usuario escanear el código de la unidad a almacenar.

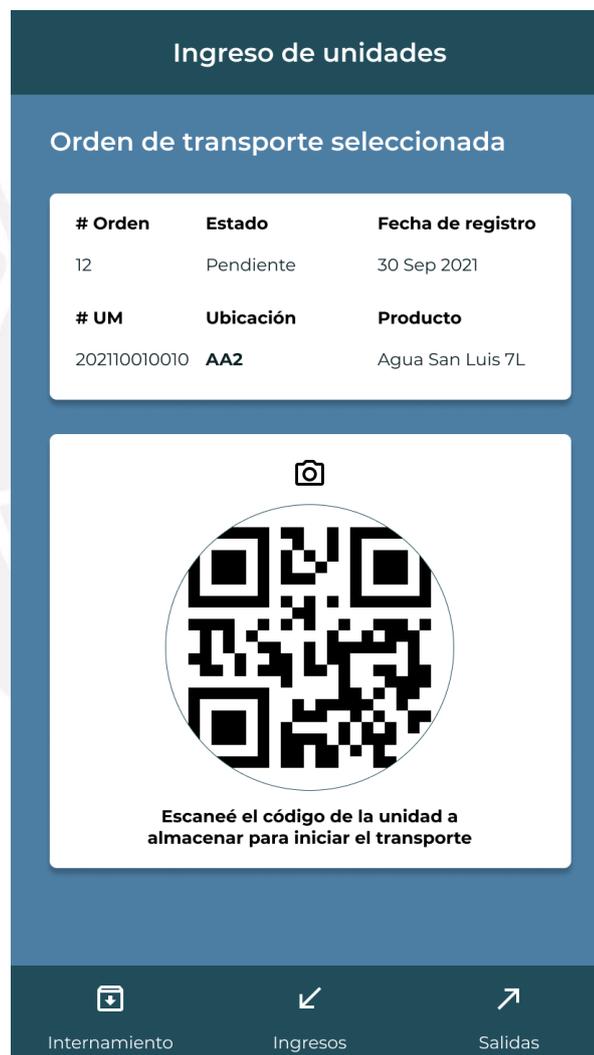


Ilustración 28: Vista de escaneo de unidad de manipulación

Ingreso de unidades – Confirmación de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al escanear el código de la unidad a almacenar. Se verifica que el código corresponda al indicado por el sistema y si físicamente la unidad es correcta el almacenero puede empezar con el transporte, de lo contrario, puede realizar una observación sobre la unidad.

Ingreso de unidades

Orden de transporte seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
12	Pendiente	30 Sep 2021

# UM	Ubicación	Producto
202110010010	AA2	Agua San Luis 7L

Código identificado

202110010010

Transportar **Observar**

Internamiento Ingresos Salidas

Ilustración 29: Vista de confirmación de unidad de manipulación

Ingreso de unidades – Transporte de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al seleccionar la opción de transportar. Se muestra al montacarguista la ruta que debe seguir para llegar a la ubicación destino, además, se le brinda la opción de validar almacenamiento la cual debería realizar una vez llegue a la ubicación destino.

Ingreso de unidades

Orden de transporte seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
12	En tránsito	30 Sep 2021

# UM	Ubicación	Producto
202110010010	AA2	Agua San Luis 7L

Ruta desde zona de recepción

Ruta

CA -> CF -> AF -> AA -> **AA2**

 Validar almacenamiento

 Internamiento  Ingresos  Salidas

Ilustración 30: Vista de transporte de unidad de manipulación

Ingreso de unidades – Confirmación de ubicación destino

Esta vista se muestra al seleccionar la opción de validar almacenamiento y escanear el código de la ubicación. Este es el segundo punto de verificación del proceso, aquí el montacarguista realiza el registro del ingreso de la unidad a la ubicación, en caso se presente algún problema con la ubicación, el montacarguista puede registrar una observación. De esta manera, finaliza el proceso de ingreso de unidades.

Ingreso de unidades

Orden de transporte seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
17	En tránsito	30 Sep 2021

# UM	Ubicación	Producto
202110010028	AA2	Agua San Luis 7L

Código identificado



202110010028

 Registrar  Observar

 Internamiento  Ingresos  Salidas

Ilustración 31: Vista de confirmación de la ubicación

Despacho de unidades – Órdenes de transporte

La sección de despachos se refiere a la atención por parte del montacarguista sobre las órdenes de transporte del tipo despacho, para estas órdenes de transporte se requiere de una doble verificación, primero sobre la ubicación en almacén y luego sobre la unidad de manipulación. En la primera vista de esta sección se listan las órdenes de transporte del tipo despacho para la posterior atención de una de las órdenes. Además, se cuenta con una opción de filtros para por ejemplo visualizar únicamente aquellas órdenes pendientes.

# Orden	Estado	# UM
15	En tránsito	202110010023
16	Finalizado	202110010025
17	Pendiente	202110010028

Ilustración 32: Vista de órdenes de transporte de despacho

Despacho de unidades – Orden de transporte

Esta vista se muestra al seleccionar una orden de transporte. Se lista el detalle de la unidad de manipulación y la ubicación en la que se encuentra. Además, se presenta la opción de transportar, que haría que la orden pase al estado en tránsito.

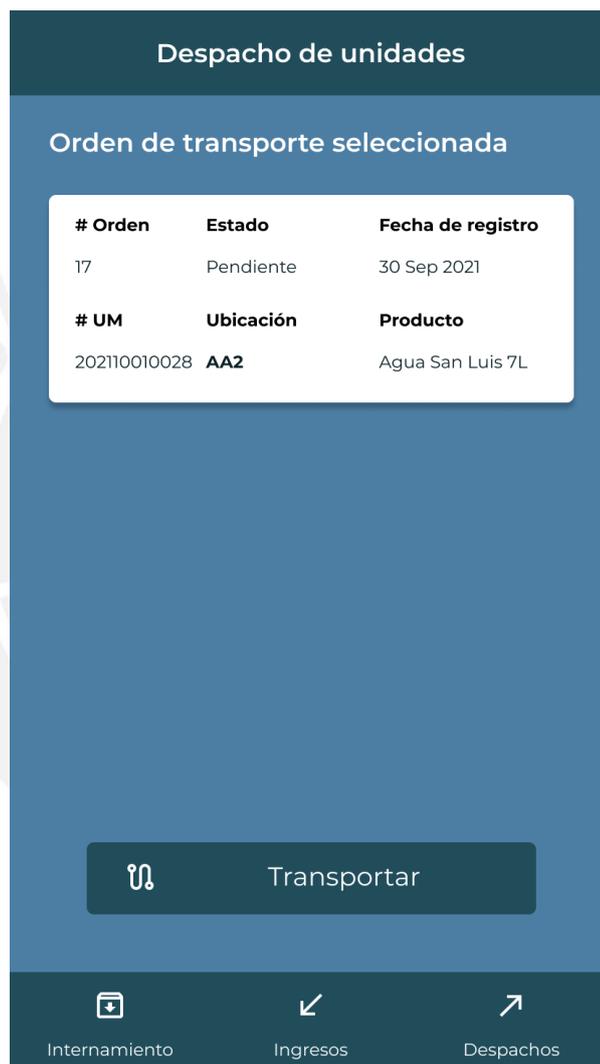


Ilustración 33: Vista orden de transporte de despacho

Despacho de unidades – Transporte hacia la unidad de manipulación

Esta vista se muestra al seleccionar la opción de transportar. Se muestra al montacarguista la ruta que debe seguir para llegar a la ubicación destino, además, se le brinda la opción de validar despacho la cual debería realizar una vez llegue a la ubicación en la que se encuentra la unidad de manipulación.

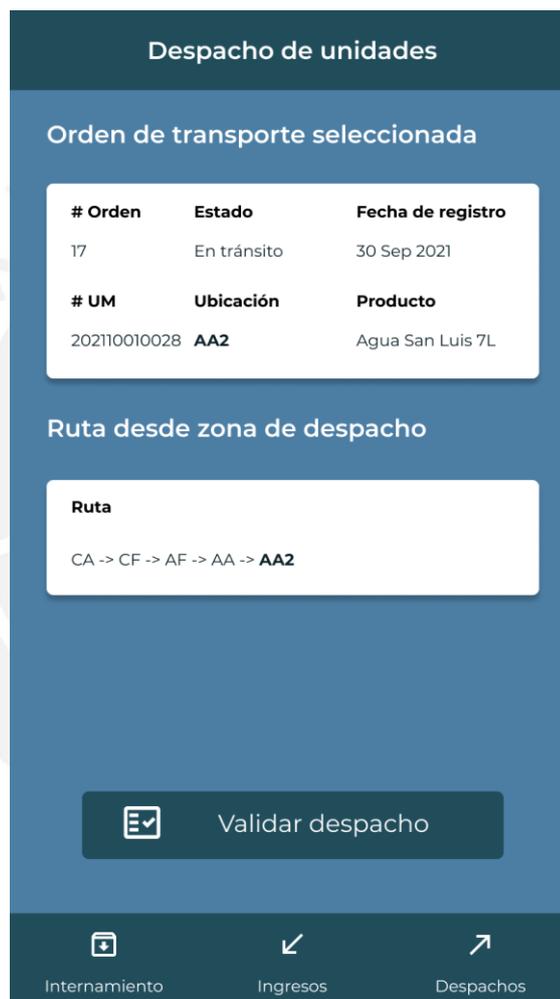


Ilustración 34: Vista de transporte hacia unidad de manipulación

Despacho de unidades – Confirmación de ubicación destino

Esta vista se muestra al seleccionar la opción de validar despacho y escanear el código de la ubicación. Esta es la primera verificación del proceso de despacho, aquí el montacarguista realiza el registro de código de la ubicación, en caso se presente algún problema con la ubicación, el montacarguista puede registrar una observación.

Despacho de unidades

Orden de transporte seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
17	En tránsito	30 Sep 2021
# UM	Ubicación	Producto
202110010028	AA2	Agua San Luis 7L

Código identificado



AA2

 Registrar  Observar

 Internamiento  Ingresos  Despachos

Ilustración 35: Vista de confirmación de la ubicación

Despacho de unidades – Confirmación de unidad de manipulación

Esta vista se muestra al seleccionar tras validar la ubicación y escanear el código de la unidad de manipulación. Esta es la segunda verificación del proceso de despacho, aquí el montacarguista realiza el registro de código de la unidad de manipulación, en caso se presente algún problema con la unidad, el montacarguista puede registrar una observación. De esta manera, finaliza el proceso de despacho de unidades.



Ilustración 36: Vista de confirmación de unidad de manipulación

Diagrama de clases

Este diagrama permite identificar la relación entre las entidades identificadas como parte de la solución. Se puede apreciar que la Unidad de Manipulación es la entidad con mayor número de relaciones, esto corresponde al propósito del sistema, pues tiene como principal fin la gestión de unidades de manipulación. En un segundo nivel, se encuentran las entidades Ubicación y Orden de transporte que también son muy importantes, esto debido a que el sistema se enfoca en las acciones de movilización de las unidades de manipulación en almacén en los procesos de ingreso y despacho.

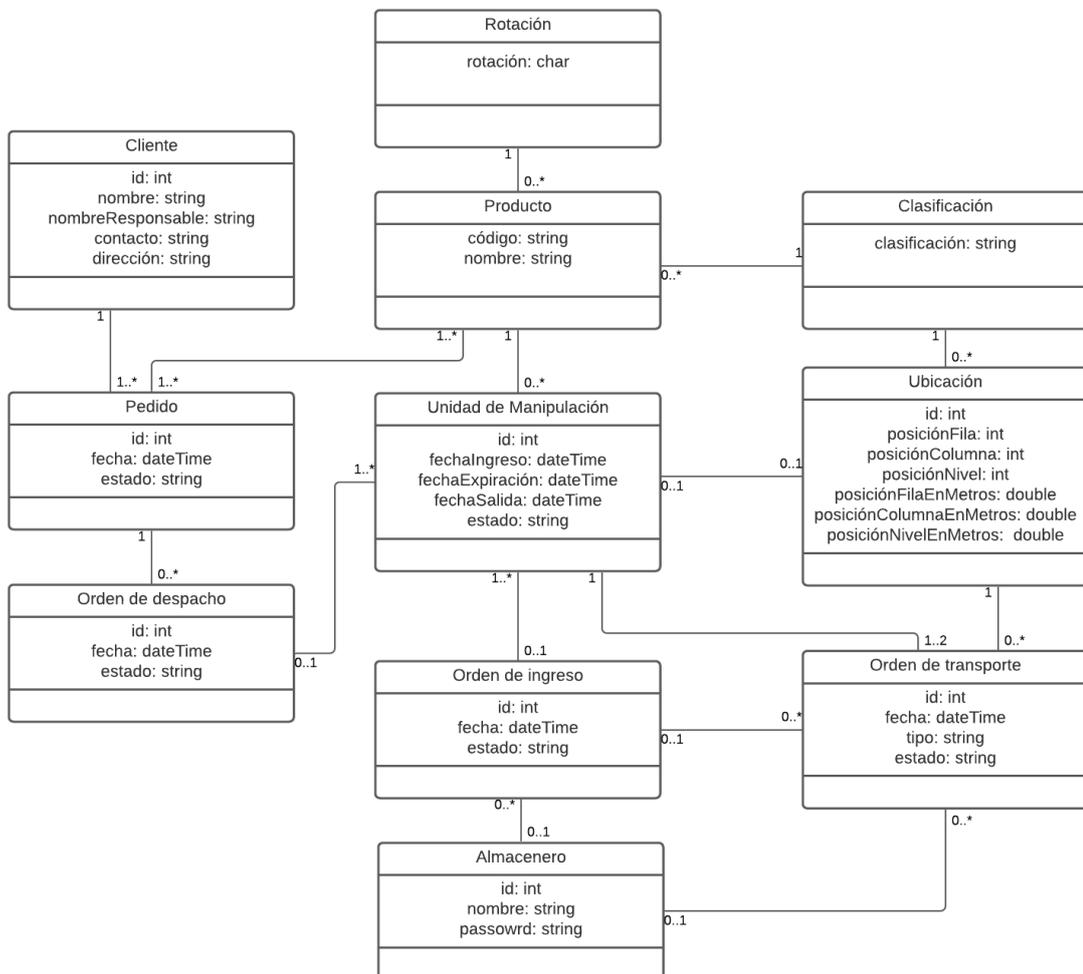


Ilustración 37: Diagrama de clases

Diagrama de despliegue

Para esta solución se optó por una arquitectura orientada a servicios y el uso de Amazon Web Services (AWS). Se tendrá una base de datos MySQL, la cual se comunicará con el servidor Backend. En este servidor se implementarán todos los servicios necesarios para la operación del sistema, los cuales se expondrán por medio de APIs. De esta manera, los servicios podrán ser consumidos en la versión web del sistema y en la aplicación móvil. Finalmente, el usuario podrá acceder al sistema web por medio de un navegador o a la aplicación móvil mediante la descarga e instalación de un archivo apk.

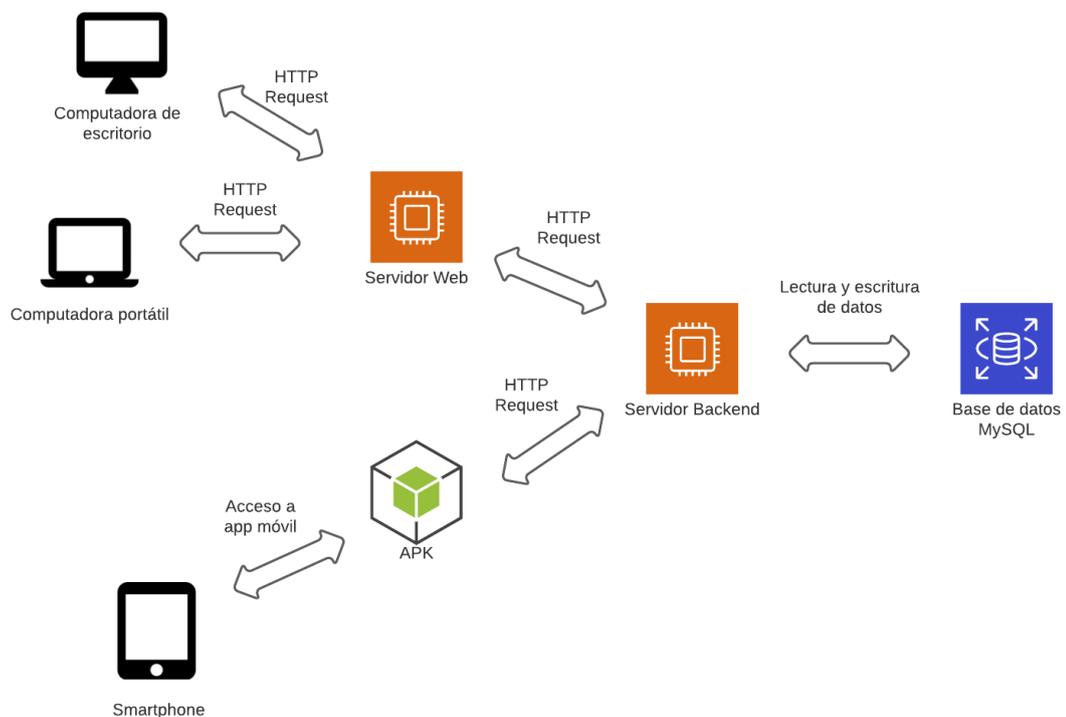


Ilustración 38: Diagrama de despliegue

Diagrama de componentes

En este diagrama se muestran los componentes identificados como parte de la solución. La arquitectura es del tipo cliente-servidor, en la cual los servicios son desplegados en una aplicación *backend*, estos servicios son consumidos por las aplicaciones del tipo cliente: el sistema web y la aplicación móvil. La aplicación *backend* utiliza *Express* y como componentes tiene la parte administrativa de las entidades y la implementación de los algoritmos. El sistema web utiliza *React* y como componentes tiene la asignación y despacho de unidades, y la visualización de reporte Kardex. Finalmente, la aplicación móvil utiliza *React Native* y como componentes tiene el registro de unidades y la atención de órdenes de transporte, además, ambos utilizan el componente de escaneo de códigos.

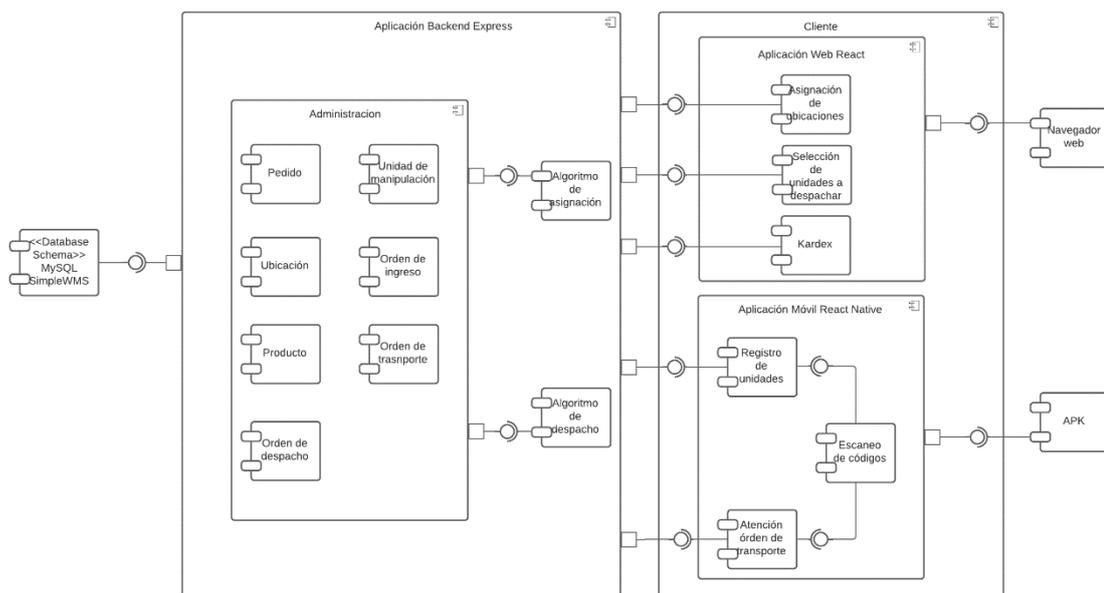


Ilustración 39: Diagrama de componentes

6.2.1.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo F: Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

El indicador objetivamente verificable se obtuvo mediante una reunión por medio de la plataforma Zoom con un especialista en sistemas de información y gestión de

almacenes, en la cual se le presentó los documentos descritos. Después de su revisión, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 79).

6.2.2 Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

6.2.2.1 Descripción

En el presente documento se describen los módulos web que formarán parte del sistema de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones. Este sistema se desarrolló en base a lo obtenido con los resultados anteriores.

Especificación técnica

Para la implementación del sistema se emplearon diversas herramientas para el desarrollo web. Se empleó *JavaScript* como principal lenguaje de programación, en la aplicación cliente se utilizó la librería *React* y en la aplicación del lado de servidor se empleó el *framework Express*. Adicionalmente, para la generación de datos se utilizó como apoyo la herramienta *Mockaroo*.

Funcionamiento del sistema web

A continuación, se describen las acciones que se pueden realizar desde el sistema web.

Carga de órdenes de ingreso

La carga de órdenes de ingreso representa el inicio del ciclo de vida de las unidades de manipulación en almacén. Esta se puede realizar mediante el botón “Cargar órdenes de ingreso” en la vista de órdenes de ingreso, tras ello se mostrará una ventana que permitirá la selección de un archivo .csv con un formato ya definido previamente para la carga masiva. En las siguientes imágenes se muestra el resultado de la carga de cinco órdenes de ingreso.

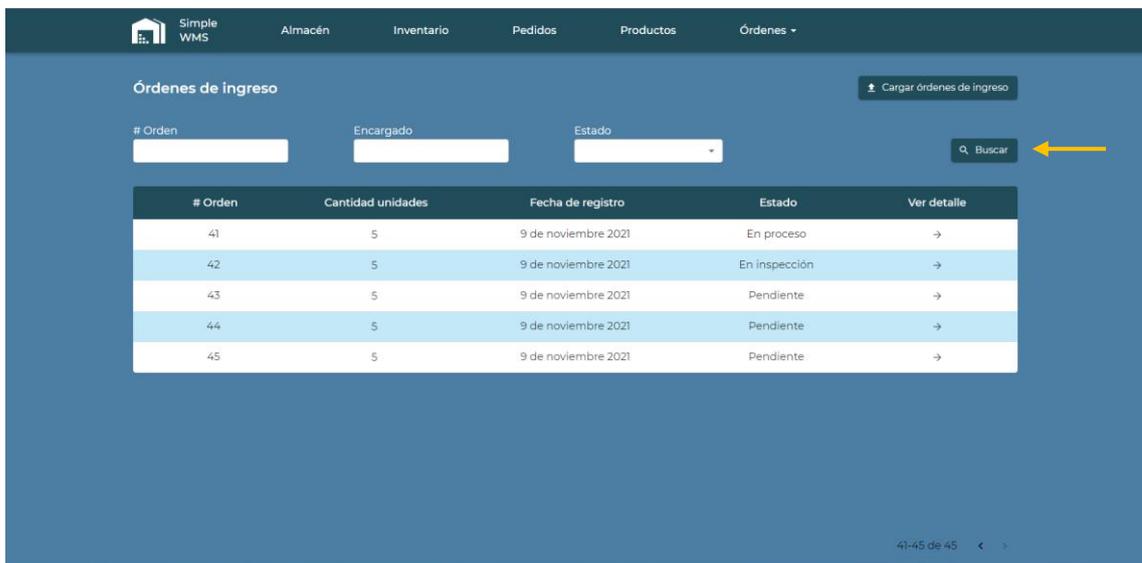


Ilustración 40: Carga de órdenes de ingreso (1/2)

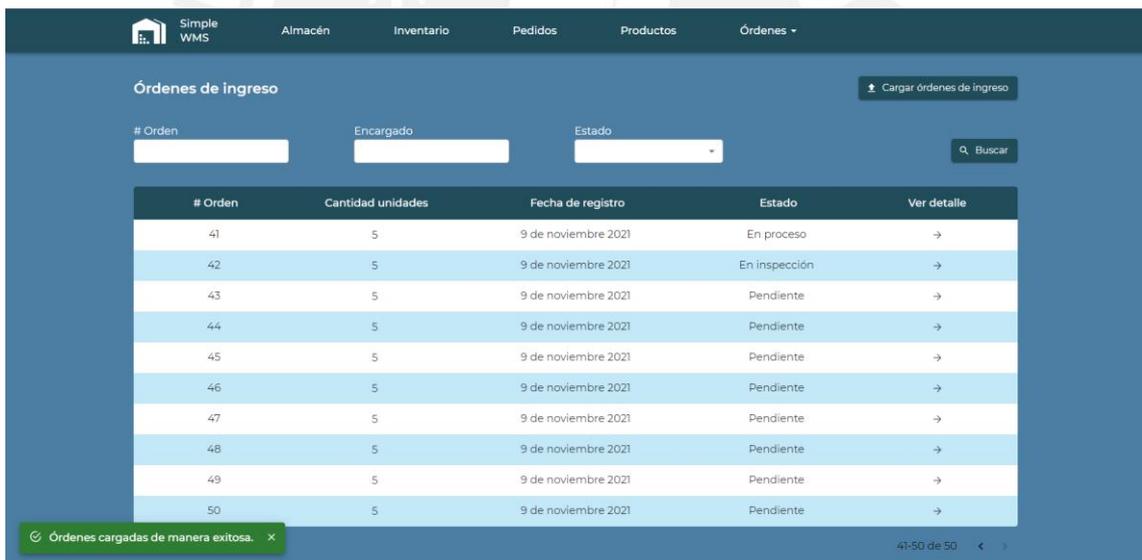


Ilustración 41: Carga de órdenes de ingreso (2/2)

Tras la carga del archivo se generan las respectivas unidades de manipulación con el estado “En inspección”, puesto que físicamente no se ha comprobado la recepción de los productos. Esta es una tarea que el almacenero puede realizar a través del aplicativo móvil.

Simple WMS | Almacén | Inventario | Pedidos | Productos | Órdenes

Inventario Asignar ubicaciones

UM: Producto: Estado: Todos Limpiar filtros

<input type="checkbox"/>	# UM	Producto	Clasificación	Ubicación	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Estado
<input type="checkbox"/>	241	56IPZ89	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	15 de julio 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	242	61MCL16	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	16 de marzo 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	243	25YFR73	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	10 de octubre 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	244	53KRX89	Orgánico	-	9 de noviembre 2021	30 de diciembre 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	245	57VEF22	Congelado	-	9 de noviembre 2021	24 de noviembre 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	246	38CQK24	Orgánico	-	9 de noviembre 2021	9 de febrero 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	247	73ZXD57	Congelado	-	9 de noviembre 2021	9 de junio 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	248	00WRN70	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	20 de diciembre 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	249	22LY160	Orgánico	-	9 de noviembre 2021	24 de septiembre 2022	En inspección
<input type="checkbox"/>	250	23PXN57	Orgánico	-	9 de noviembre 2021	27 de diciembre 2022	En inspección

241-250 de 250

Ilustración 42: Unidades de manipulación generadas por la carga de órdenes de ingreso

Asignación de ubicaciones

Una vez validadas físicamente las unidades de manipulación por parte del almacenero, estas pasan al estado “Registrado”. Sobre este estado es posible realizar la asignación de ubicaciones, la cual se basa en el algoritmo de asignación descrito en el resultado 2.2 (Ver página 52).

Simple WMS | Almacén | Inventario | Pedidos | Productos | Órdenes

Inventario Asignar ubicaciones ←

UM: Producto: Estado: Todos Limpiar filtros

<input type="checkbox"/>	# UM	Producto	Clasificación	Ubicación	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Estado
<input checked="" type="checkbox"/>	191	06VHS30	Orgánico	-	6 de noviembre 2021	5 de diciembre 2022	Registrado
<input checked="" type="checkbox"/>	192	26WVP41	Inorgánico	-	6 de noviembre 2021	29 de octubre 2022	Registrado
<input checked="" type="checkbox"/>	193	06VHS30	Orgánico	-	6 de noviembre 2021	4 de agosto 2022	Registrado
<input checked="" type="checkbox"/>	194	68DTF44	Inorgánico	-	6 de noviembre 2021	17 de enero 2022	Registrado
<input checked="" type="checkbox"/>	195	85GXZ39	Inorgánico	-	6 de noviembre 2021	23 de mayo 2022	Registrado
<input checked="" type="checkbox"/>	196	60MIJ14	Orgánico	-	6 de noviembre 2021	19 de septiembre 2022	Registrado
<input type="checkbox"/>	197	60AWI36	Congelado	EM2	6 de noviembre 2021	16 de marzo 2022	Libre disponibilidad
<input type="checkbox"/>	198	79RZV49	Congelado	BP2	6 de noviembre 2021	14 de agosto 2022	Libre disponibilidad
<input type="checkbox"/>	199	53SMO41	Inorgánico	-	6 de noviembre 2021	5 de noviembre 2022	Registrado
<input type="checkbox"/>	200	54YAC58	Orgánico	-	6 de noviembre 2021	9 de marzo 2022	Registrado

6 filas seleccionadas 191-200 de 250

Ilustración 43: Asignación de ubicaciones (1/2)

Simple WMS Almacén Inventario Pedidos Productos Órdenes

Inventario Asignar ubicaciones

UM Producto Estado Limpiar filtros

# UM	Producto	Clasificación	Ubicación	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Estado	
<input type="checkbox"/>	191	06VH530	Orgánico	LC1	6 de noviembre 2021	5 de diciembre 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	192	26WVP41	Inorgánico	GJ1	6 de noviembre 2021	29 de octubre 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	193	06VH530	Orgánico	MA1	6 de noviembre 2021	4 de agosto 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	194	68DTF44	Inorgánico	HI1	6 de noviembre 2021	17 de enero 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	195	85CXZ39	Inorgánico	EL1	6 de noviembre 2021	23 de mayo 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	196	60MID14	Orgánico	IF1	6 de noviembre 2021	19 de septiembre 2022	Por ingresar
<input type="checkbox"/>	197	60AWI36	Congelado	EM2	6 de noviembre 2021	16 de marzo 2022	Libre disponibilidad
<input type="checkbox"/>	198	79RZV49	Congelado	BP2	6 de noviembre 2021	14 de agosto 2022	Libre disponibilidad
<input type="checkbox"/>	199	535MO41	Inorgánico	-	6 de noviembre 2021	5 de noviembre 2022	Registrado
<input type="checkbox"/>	200	54YAC58	Orgánico	-	6 de noviembre 2021	9 de marzo 2022	Registrado

Se asignaron 6 unidades de manera exitosa. 191-200 de 250

Ilustración 44: Asignación de ubicaciones (2/2)

Además, es posible visualizar los resultados de la asignación reflejados en la vista de almacén. En esta pantalla se muestra el estado de las ubicaciones del almacén, así como algunas estadísticas de las unidades de manipulación.

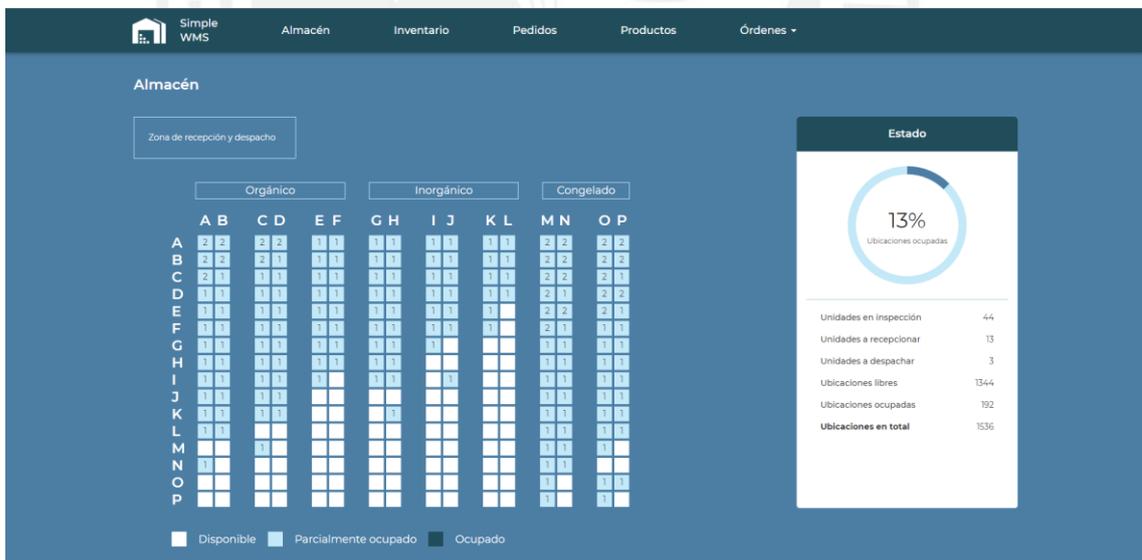


Ilustración 45: Estado del almacén antes de la asignación de ubicaciones

Como resultado, se asignaron las unidades de manipulación en las ubicaciones más próximas a la zona de recepción y despacho, además, se respetó la clasificación de cada ubicación. Esta tarea resulta en un gran problema para los almaceneros, pues intervienen distintas variables en la elección de la ubicación y la cantidad de posibilidades es muy grande, por ello la automatización por parte del sistema propuesto representa la solución a este problema.

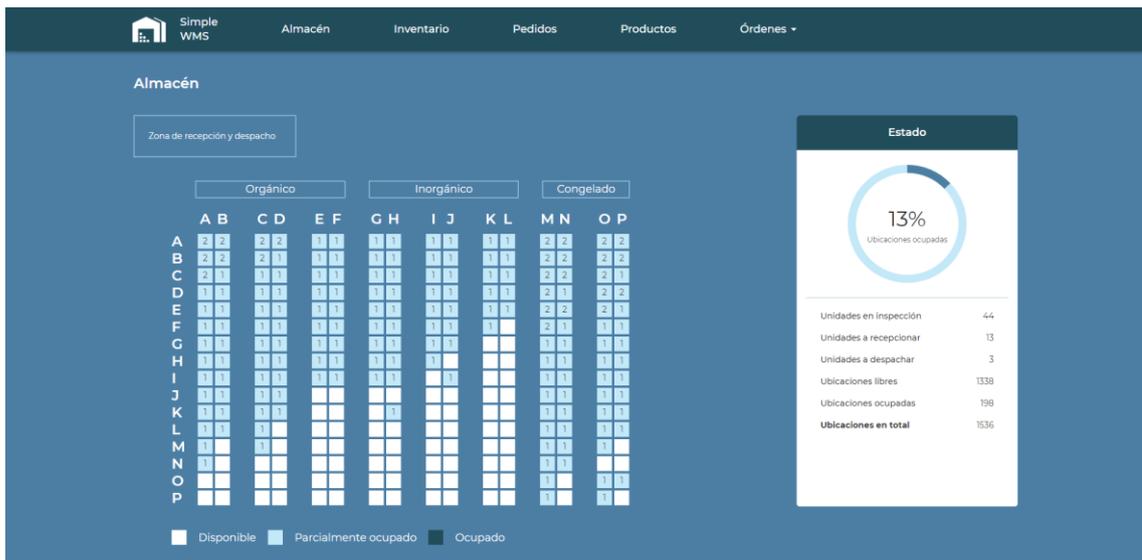


Ilustración 46: Estado del almacén después de la asignación de ubicaciones

Selección de productos para el despacho

Para la atención de pedidos es necesario identificar aquellas unidades que se despacharán, esto se puede realizar ingresando al detalle de un pedido.

Pedidos

Pedido: Cliente: Estado: Todos

[Cargar pedidos](#) [Limpiar filtros](#)

# Pedido	Cantidad unidades	Cliente	Fecha de registro	Estado	Ver detalle
1	11	Cremin and Sons	7 de noviembre 2021	En proceso	→
2	8	Jaskolski LLC	7 de noviembre 2021	En proceso	→
3	10	Heathcote, Berge and Wolf	7 de noviembre 2021	En proceso	→
4	13	Ledner LLC	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
5	9	Hickle-Schimmel	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
6	10	Auer and Sons	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
7	10	Carroll Group	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
8	8	Hickle Group	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
9	12	Turner Inc	7 de noviembre 2021	Pendiente	→
10	14	Casper and Sons	7 de noviembre 2021	Pendiente	→

1-10 de 10

Ilustración 47: Vista de pedidos

Por ejemplo, para el pedido #9 se tiene la siguiente vista.

Pedidos Despachar unidades ← Ver pedidos

Pedido: 9 **Nombre del contacto:** Ryann Niven
Cliente: Turner Inc **Teléfono del contacto:** 549-878-8057
Fecha de registro: 7 de noviembre 2021 **Dirección:** 36144 Haas Center
Estado: Pendiente

<input type="checkbox"/>	Posición	Código	Nombre	Cantidad UM	Stock disponible UM	Estado
<input type="checkbox"/>	1	19CGT25	ine - White, Riesling, Semi - C	2	4	Pendiente
<input type="checkbox"/>	2	17LEI89	ut - Hazelnut, Ground, Naturi	3	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	3	47AIV70	Lambcasing	2	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	4	43JMZZ7	Foam Dinner Plate	3	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	5	25INP65	Wine - Domaine Boyar Royal	2	2	Pendiente

Ilustración 48: Vista detalle pedido #9 (1/2)

El sistema automáticamente identifica aquellas posiciones del pedido que pueden ser atendidas en base al stock que se tiene actualmente. Para generar la orden de despacho se debe seleccionar las posiciones deseadas y seleccionar el botón “Despachar unidades”. Tras esta acción se reservarán las unidades de manipulación seleccionadas para atender el pedido.

Pedidos Despachar unidades ← Ver pedidos

Pedido: 9 **Nombre del contacto:** Ryann Niven
Cliente: Turner Inc **Teléfono del contacto:** 549-878-8057
Fecha de registro: 7 de noviembre 2021 **Dirección:** 36144 Haas Center
Estado: Pendiente

<input type="checkbox"/>	Posición	Código	Nombre	Cantidad UM	Stock disponible UM	Estado
<input checked="" type="checkbox"/>	1	19CGT25	ine - White, Riesling, Semi - C	2	4	Pendiente
<input type="checkbox"/>	2	17LEI89	ut - Hazelnut, Ground, Naturi	3	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	3	47AIV70	Lambcasing	2	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	4	43JMZZ7	Foam Dinner Plate	3	1	Pendiente
<input type="checkbox"/>	5	25INP65	Wine - Domaine Boyar Royal	2	2	Pendiente

Selección de unidades a despachar exitosa

Ilustración 49: Vista detalle pedido #9 (2/2)

Como se ve en las ilustraciones 50 y 51, se reservaron dos unidades para la atención del pedido. Estas unidades se eligieron en base a tres reglas: fecha de vencimiento, fecha de ingreso y distancia. Para esta tarea, se aplicó una solución basada en el algoritmo de selección realizado en el resultado 2.2 (Ver página 52).

The screenshot shows the 'Inventario' section of the Simple WMS system. The product is '19CGT25'. The table lists five units with their respective locations, entry dates, expiration dates, and availability status.

# UM	Producto	Clasificación	Ubicación	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Estado
80	19CGT25	Inorgánico	DH1	6 de noviembre 2021	29 de julio 2022	Libre disponibilidad
103	19CGT25	Inorgánico	FH1	6 de noviembre 2021	7 de junio 2022	Libre disponibilidad
156	19CGT25	Inorgánico	FI1	6 de noviembre 2021	24 de octubre 2022	Libre disponibilidad
178	19CGT25	Inorgánico	KH1	6 de noviembre 2021	22 de marzo 2022	Libre disponibilidad
237	19CGT25	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	8 de marzo 2022	En inspección

Ilustración 50: Unidades de manipulación antes de atender el pedido

The screenshot shows the same inventory list as in Illustration 50, but with two units now marked as 'Reservado' (Reserved). Yellow arrows point to the 'Reservado' status in the 'Estado' column for units 103 and 178.

# UM	Producto	Clasificación	Ubicación	Fecha de ingreso	Fecha de expiración	Estado
80	19CGT25	Inorgánico	DH1	6 de noviembre 2021	29 de julio 2022	Libre disponibilidad
103	19CGT25	Inorgánico	FH1	6 de noviembre 2021	7 de junio 2022	Reservado
156	19CGT25	Inorgánico	FI1	6 de noviembre 2021	24 de octubre 2022	Libre disponibilidad
178	19CGT25	Inorgánico	KH1	6 de noviembre 2021	22 de marzo 2022	Reservado
237	19CGT25	Inorgánico	-	9 de noviembre 2021	8 de marzo 2022	En inspección

Ilustración 51: Unidades de manipulación después de atender el pedido

6.2.2.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo G: Archivos con el código fuente de la aplicación web.

El indicador objetivamente verificable se obtuvo mediante una reunión por medio de la plataforma Zoom con un especialista en sistemas de información, en la cual se le presentó la ejecución de las funciones implementadas en el sistema web. Después de la correcta ejecución de las funciones al 100%, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 80)

6.2.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

6.2.3.1 Descripción

En el presente documento se describe la aplicación móvil que formará parte del sistema de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

Especificación técnica

Se empleó *JavaScript* como principal lenguaje de programación, específicamente se utilizó *React Native* como *framework* para el desarrollo de la aplicación móvil. Los servicios que consume el aplicativo se implementaron desde el servidor que también utiliza el sistema web, de igual manera la base de datos es compartida entre ambas aplicaciones.

Funcionamiento de la aplicación móvil

A continuación, se describen las acciones que se pueden realizar desde la aplicación móvil.

Internamiento de la producción

Este procedimiento consiste en la verificación física de las unidades de manipulación que se listan en las órdenes de ingreso. En la sección “Internamiento” se muestran todas aquellas órdenes de ingreso que contienen unidades de manipulación por validar. Como primer paso, el almacenero selecciona la orden de ingreso que desea atender, en este caso selecciona la orden #43. A continuación, se muestra una lista con el detalle de las unidades de manipulación que contiene la orden de ingreso.



Internamiento de la producción

Órdenes de ingreso

# Orden	Estado	Fecha de registro
42	En inspección	9 nov. 2021
43	Pendiente	9 nov. 2021
44	Pendiente	9 nov. 2021
45	Pendiente	9 nov. 2021
46	Pendiente	9 nov. 2021

Internamiento Ingresos Despachos

Ilustración 52: Órdenes de ingreso



Back Internamiento de la produc...

Orden de ingreso seleccionada

# Orden	Estado	Fecha de registro
43	Pendiente	9 nov. 2021

Unidades de manipulación

# UM	Producto	Cantidad
222	Nacho Chips	20
224	Skirt - 29 Foot	50
223	Pepper - Orange	20

Internamiento Ingresos Despachos

Ilustración 53: Orden de ingreso #43

Una vez seleccionada la orden, el almacenero selecciona la unidad de manipulación que desea registrar. Por ejemplo, al seleccionar la unidad de manipulación #222 se visualiza la pantalla reflejada en la Ilustración 54: Ilustración 54. En esta vista se habilita la opción de escanear un código QR, esto con el fin de poder escanear el código asociado a la unidad de manipulación y proceder con su registro. Luego del escaneo, la aplicación muestra un mensaje de confirmación y se habilita la opción de registrar la unidad de manipulación.



Ilustración 55: Unidad de manipulación #222

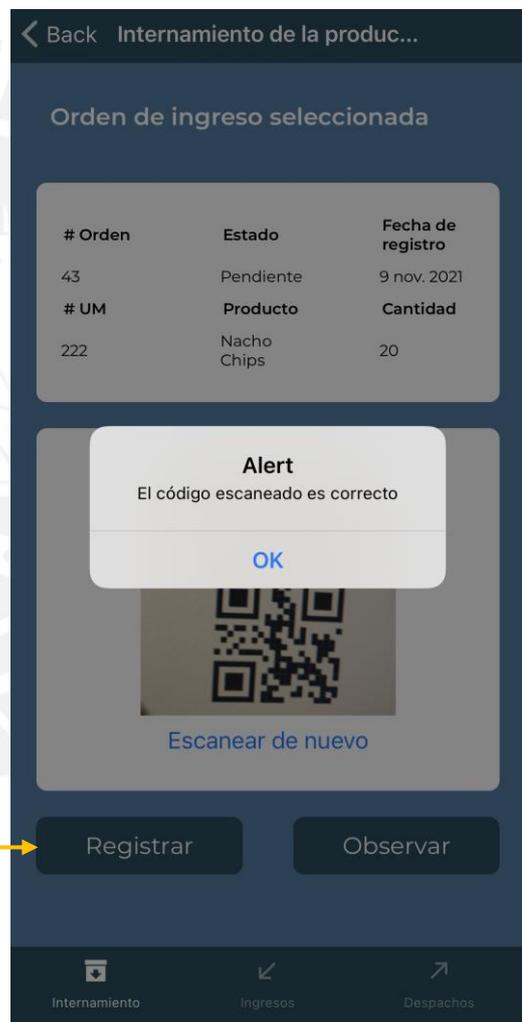


Ilustración 54: Código escaneado correcto

Al seleccionar la opción registrar se confirma que la unidad de manipulación recepcionada coincide con lo descrito en la orden de ingreso y que se encuentra en buenas condiciones. De esta manera, la unidad de manipulación pasa a estar apta para el proceso de asignación de ubicaciones, acción que se realiza a través del sistema web. Finalmente, se visualiza la vista de la orden de ingreso antes seleccionada, en la cual se ve que la unidad de manipulación recién registrada ahora cuenta con un fondo de color verde, característica que indica que esa unidad se registró satisfactoriamente.



Ilustración 57: Unidad de manipulación #222 después del escaneo del código QR correcto



Ilustración 56: Orden de ingreso #43 después del registro de una de sus unidades de manipulación

Ingreso de unidades

El ingreso de unidades de manipulación a las estanterías de almacén se puede realizar cuando se asignan ubicaciones a las unidades validadas, pues tras realizar esta asignación se generan órdenes de transporte del tipo ingreso por cada unidad de manipulación.

El montacarguista a través de la aplicación móvil puede observar las órdenes de transporte en la sección “Ingresos”. Para comenzar con el transporte, es necesario seleccionar una de las órdenes de transporte con estado “Pendiente”. A continuación, se muestran los datos de la unidad de manipulación asociada a la orden de transporte y la ubicación que se le asignó. Una vez encontrada la unidad en el área de recepción, se escanea el código de la unidad de manipulación y se selecciona la opción de transportar.



Ilustración 59: Órdenes de transporte del tipo ingreso



Ilustración 58: Orden de transporte # 6 – Validación de unidad de manipulación

Después de validar la unidad de manipulación, se procede a transportar la unidad hacia la ubicación asignada en almacén. Al llegar a la ubicación deseada, el montacarguista escanea esta vez el código de la ubicación y selecciona la opción de registrar. Como resultado final, se tiene la orden #7 en estado “Finalizado” y la unidad de manipulación en estado “Libre disponibilidad”.

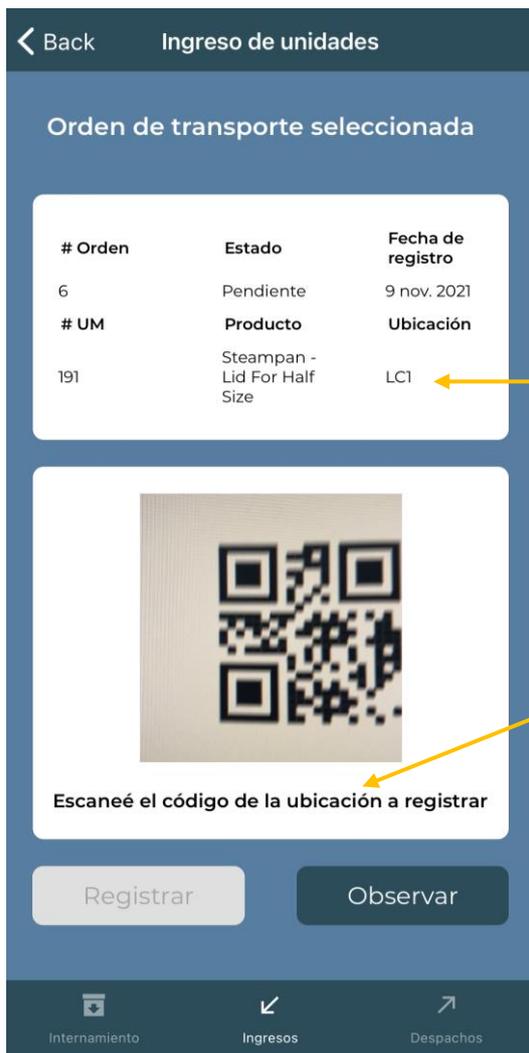


Ilustración 60: Orden de transporte # 6 – Validación de ubicación



Ilustración 61: Órdenes de transporte del tipo ingreso después de la atención de la orden #6

Despacho de unidades

El despacho de unidades de manipulación se realiza cuando se atienden las órdenes de despacho y se generan órdenes de transporte del tipo despacho. El montacarguista a través de la aplicación móvil puede observar las órdenes de transporte en la sección “Despachos”. Para comenzar con el transporte, es necesario seleccionar una de las órdenes de transporte con estado “Pendiente”. A continuación, se muestran los datos de la unidad de manipulación asociada a la orden de transporte y la ubicación en la que se encuentra. En el caso del despacho el montacarguista realizaría una doble validación, una por la unidad de manipulación y otra por la ubicación.



Ilustración 62: Órdenes de transporte del tipo despacho



Ilustración 63: Orden de transporte #2 - Validación de ubicación

Al llegar a la ubicación deseada, el montacarguista realiza la validación de la ubicación y la unidad de manipulación para después dar por finalizada la atención de la orden de transporte. Seguidamente, moviliza la unidad de manipulación desde la estantería en almacén hacia la zona de despacho. Como resultado final, se tiene la orden #2 en estado “Finalizado” y la unidad de manipulación en estado “Despachado”.

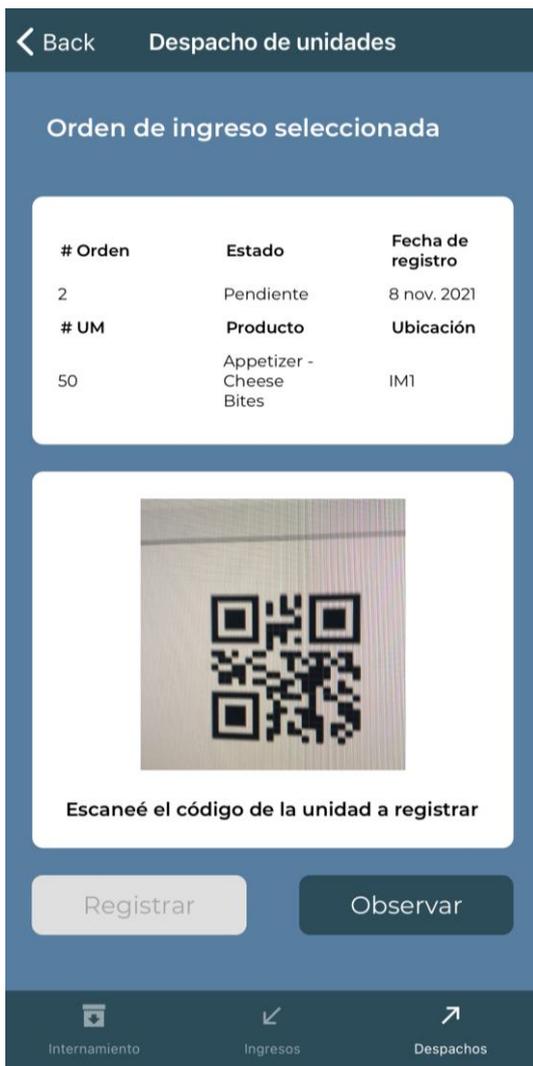


Ilustración 64: Órdenes de transporte del tipo despacho



Ilustración 65: Orden de transporte #2 - Validación de unidad de manipulación

6.2.3.2 Medio de verificación e IOV

El medio de verificación se encuentra en el Anexo H: Archivos con el código fuente de la aplicación móvil

El indicador objetivamente verificable se obtuvo mediante una reunión por medio de la plataforma Zoom con un especialista en sistemas de información, en la cual se le presentó la ejecución de las funciones implementadas en la aplicación móvil. Después de la correcta ejecución de las funciones al 100%, el especialista otorgó su aprobación sobre el presente resultado (ver Ilustración 81).

6.3 Discusión

Primero, se elaboró el documento de arquitectura del sistema de información y el diseño de la interfaz del sistema de información. Para lograr este resultado, se redactaron historias de usuario en base a los procesos identificados en el Anexo B: Documento que contiene el modelado de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones y a las necesidades identificadas en las reuniones con el especialista en gestión de almacenes. Con las historias de usuario se procedió a realizar los prototipos de la interfaz web y móvil, además, se elaboraron los diagramas que forman parte del documento de arquitectura.

En segundo lugar, se realizó la implementación del sistema web. Para este resultado se consideró el documento de arquitectura y la interfaz diseñada en el resultado 3.1 y como principal lenguaje de programación se utilizó JavaScript. En este sistema se integraron los algoritmos elaborados en el objetivo 2 para la asignación de ubicaciones y la selección de productos para el despacho.

Finalmente, se desarrolló la aplicación. Al igual que el sistema web, se consideró el documento de arquitectura y la interfaz diseñada en el resultado 3.1 y como principal lenguaje de programación también se utilizó JavaScript. Las funciones que se implementaron en la aplicación móvil son: internamiento, ingreso y despacho de unidades de manipulación.

Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros

7.1 Conclusiones

La revisión sistemática de la literatura evidenció la necesidad de implementar un sistema de información para automatizar las distintas operaciones que forman parte de la gestión de almacenes.

Primero, se identificaron y analizaron los procesos de la gestión de unidades de manipulación. Es por ello, que el resultado 1.1 consistió en modelar los procesos de recepción de productos y atención de pedidos, además, en el resultado 1.2 se identificó la lista de factores determinantes para determinar la asignación de ubicaciones en la recepción de productos.

Después, para mejorar los procesos descritos se planteó como segundo objetivo el desarrollo de un software que automatice la asignación de ubicaciones en el proceso de recepción y la selección de unidades en el proceso de atención de pedidos. Lo cual se pudo lograr mediante los resultados 2.1 y 2.2.

Seguidamente, en el objetivo 3 se realizó la construcción del sistema de gestión de unidades de manipulación. El resultado 3.1 permitió identificar las características y requerimientos del sistema a desarrollar. Con ello, se pudieron desarrollar los resultados 3.2 y 3.3 que consisten en la implementación del sistema web y la aplicación móvil. Estos dos resultados reflejan la aplicación de la investigación realizada en este proyecto.

En conclusión, se pudo lograr el objetivo general de la tesis: desarrollar un sistema de información para el soporte a la gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

7.2 Trabajos futuros

La gestión de almacenes representa una serie de procesos con varias oportunidades de mejora. En el caso de las órdenes de transporte, se consideró que por cada viaje solo se transporta una unidad de manipulación, funcionalidad que se puede extender con la integración de un algoritmo más complejo que soporte el *picking* de más de una unidad de manipulación. Además, de manera general es posible considerar más variables de acuerdo a cada negocio, por ejemplo, almacenes con distintas distribuciones y con ubicaciones que soporten diversas unidades de manipulación.

Capítulo 8. Referencias

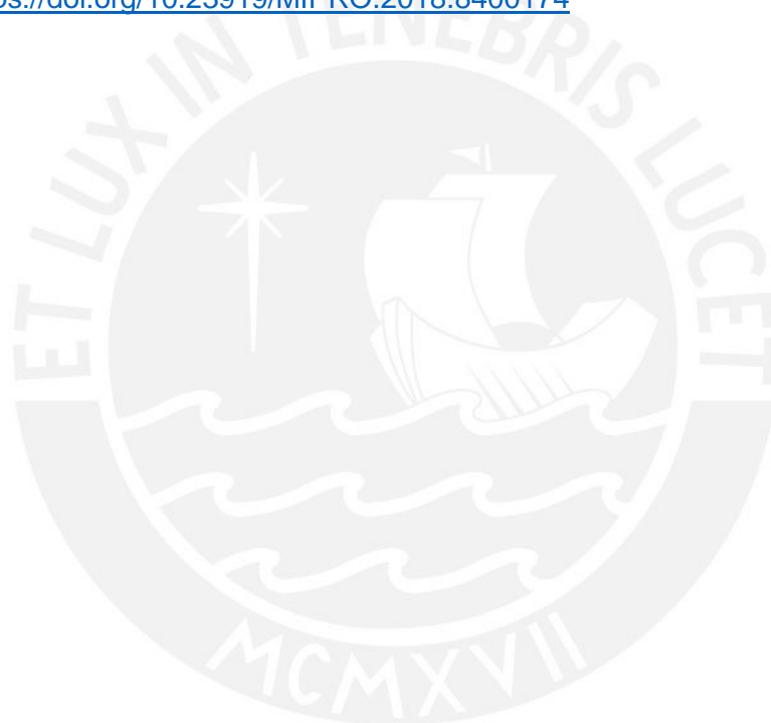
- Atieh, A. M., Kaylani, H., Al-Abdallat, Y., Qaderi, A., Ghoul, L., Jaradat, L., & Hdairis, I. (2016). Performance improvement of inventory management system processes by an automated warehouse management system. *Procedia CIRP*, 41, 568-572. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.122>
- Baruffaldi, G., Accorsi, R., & Manzini, R. (2019). Warehouse management system customization and information availability in 3pl companies: A decision-support tool. *Industrial Management & Data Systems*, 119(2), 251-273. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2018-0033>
- Bizagi. (s.f.). *Free business process mapping and modeling software – Bizagi Modeler*. <https://www.bizagi.com/en/platform/modeler>
- BPMN. (s.f.). *BPMN Specification – Business Process Model and Notation*. <https://www.bpmn.org>
- Express. (s.f.). *Fast, unopinionated, minimalist web framework for Node.js*. <https://expressjs.com>
- Folgueiras, P. (2016). *La entrevista*. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/99003>
- Gómez, D., Jústiz, D., & Delgado, M. (2013). Unit Tests of Software in a University Environment. *Computación y Sistemas*, 17(1), 69-77. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61525677008>
- HTML. (s.f.). *HTML For Beginners The Easy Way: Start Learning HTML & CSS Today*. <https://html.com>
- Java. (s.f.). *What is Java technology and why do I need it?* https://java.com/en/download/help/whatis_java.html
- Leung, H. K. N., & White, L. (1990) A study of integration testing and software regression at the integration level. *Proceedings. Conference on Software Maintenance 1990*, 290-301. <https://doi.org/10.1109/ICSM.1990.131377>.

- Lucidchart. (s.f.). *Software de diagramación en línea y solución visual*. <https://www.lucidchart.com/pages/es>
- Malcic, T., Besta, P. (2020). Multicriteria Inventory classification in the expedition warehouse of the metallurgical company. *METAL 2020 - 29th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*, 1262-1267. <https://10.37904/metal.2020.3645>
- MDN. (s.f.) *JavaScript*. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- MDN. (s.f.) *CSS: Cascading Style Sheets*. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- MECALUX. (s.f.). *¿Qué es SKU? Significado y uso en el almacén*. <https://www.mecalux.es/blog/sku-que-es-significado>
- MECALUX. (s.f.). *¿Qué es un SGA?* <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/que-es-un-sga>
- MECALUX. (s.f.). *¿Qué es una unidad de carga?* <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/unidad-de-carga>
- MECALUX. (s.f.). *Las funciones del almacén*. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/funciones-del-almacen>
- MECALUX. (s.f.). *Un almacén llave en mano 100% automatizado para Würth en La Rioja*. <https://www.mecalux.es/casos-practicos/wurth>
- Montianrat, S., Arpasat, P., Kungcharoen, K., Porouhan, P., Palangsantikul, P., & Premchaiswadi, W. (2020). Analysis of Warehouse Operations using Process Mining Techniques: A Case Study of Scientific Laboratory Equipment and Facilities. *2020 18th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICTKE50349.2020.9289868>
- SAP. (s.f.). *Multicriteria Storage Location, Warehouse Number, and Storage Type*. <https://help.sap.com/viewer/67a3f8f758d54b88a48f765eb5026f1c/6.03.20/en-US/a914c453f57eb44ce10000000a174cb4.html>

- SAP. (s.f.). *Handling Unit (HU)*.
<https://help.sap.com/doc/d4cecb53ad377114e1000000a174cb4/1610%20002/en-US/7fc8cb53ad377114e1000000a174cb4.html>
- Scrum. (s.f.). What is Scrum? <https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>
- Thi, N. T., Phung, P. T. K., & Tham, T. T. (2020). Optimizing Warehouse Storage Location Assignment Under Demand Uncertainty. *2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*, 562-568. <https://doi.org/10.1109/GTSD50082.2020.9303113>
- Tonon, G. (2012). Reflexiones latinoamericanas sobre investigación cualitativa. *Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales, Niñez Y Juventud*, 8(1). Recuperado a partir de <http://revistaumanizales.cinde.org.co/rlicsnj/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/606>
- Truong, N. C., Dang, T. G., & Nguyen, D. A. (2017). Development and optimization of automated storage and retrieval algorithm in warehouse by combining storage location identification and route planning method. *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 600-605. <https://doi.org/10.1109/ICSSE.2017.8030945>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2017). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Yafei, L., & Wang, Q., & Peng, G. (2018). Research on simulation and optimization of warehouse logistics based on flexsim-take C company as an example. *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 288-293. <https://doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333963>
- Zunic, E., Besirevic, A., Skrobo, R., Hasic, H., Hodzic, K., & Djedovic, A. (2017). Design of Optimization System for Warehouse Order Picking in Real Environment. *2017 XXVI International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICAT.2017.8171630>

Zunic, E., Delalic, S., Hodzic, K., Besirevic, A., & Hindija, H. (2018). Smart Warehouse Management System Concept with Implementation. *2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL)*, 1-5.
<https://doi.org/10.1109/NEUREL.2018.8587004>

Zunic, E., Hasic, H., Hodzic, K., Delalic, S., & Besirevic, A. (2018). Predictive analysis based approach for optimal warehouse product positioning. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 0950-0954.
<https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400174>



Anexos

Anexo A: Plan de Proyecto

- **Justificación**

Un almacén cuenta con tres funciones importantes. La primera está relacionada a la recepción, se debe realizar una verificación registrando la cantidad y las características de los productos recibidos para después ser almacenados. La segunda función abarca el control y gestión de los productos dentro de la infraestructura física. La tercera se refiere a la selección de productos a distribuir y el monitoreo de la entrega de estos al cliente (Montianrat et al., 2020).

Existen varias consideraciones a tomar en cuenta al momento de recepcionar y despachar algún producto. Los almacenes pueden tener diferentes tipos de infraestructura y cada área dentro del almacén puede ser expuesta a distintos factores ambientales. Es importante destacar que algunos almacenes pueden ser de gran extensión y que sobre estos se realizará la investigación. Además, existen productos que deben estar distanciados de otros por su naturaleza, por ejemplo, no es posible mantener productos de consumo humano cerca de productos de limpieza. Otro punto a considerar son las políticas de rotación de productos, debido a que también influyen en la ubicación que deben tener en el almacén (Thi et al., 2020).

Es por ello que, procesos como la asignación de espacios a productos, el registro de información y la planificación de rutas para la movilización de productos resultan muy complejos sin el apoyo de herramientas tecnológicas. En consecuencia, la eficiencia de otros procesos se ve afectada, por ejemplo, la selección de productos para el despacho puede representar hasta el 65% de los costos de almacén (Truong, et al., 2017).

Por tales motivos, este proyecto de tesis plantea el desarrollo de un sistema de información que incluye un aplicativo móvil con el fin de dar soporte a la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

Viabilidad

Viabilidad Temporal

El presente trabajo en cuanto a su duración tendrá una extensión equivalente a 8 meses, a partir de finales de marzo del 2021 hasta principios de noviembre del mismo año. Ello se puede evidenciar en el cronograma de actividades del proyecto, el cual muestra el proceso que se llevará a cabo para su culminación en el plazo establecido.

Viabilidad Técnica

Técnicamente, el proyecto es viable por las siguientes razones:

- Por una parte, el presente proyecto es viable pues se poseen conocimientos respecto a las herramientas de software que serán utilizadas en las etapas que comprenden el proyecto, ya sea para la elaboración de modelos de procesos o para la implementación de la solución de software.
- Por otra parte, se cuenta con el apoyo de especialistas que puedan realizar las revisiones pertinentes que se requieren en algunos resultados esperados. Se cuenta con un especialista en gestión de almacenes, el cual podrá supervisar el modelado de procesos de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones y los documentos relacionados al análisis de la solución de software. Además, el asesor y coasesor de este proyecto de tesis son expertos en las áreas de desarrollo de algoritmos, sistemas de información y gestión de almacenes. Por tales motivos, se cuenta con expertos adicionales para la revisión de documentos y entregables.

Viabilidad Económica

El presente proyecto de tesis no requiere de una inversión económica considerable, puesto que las herramientas de software a utilizar no requieren de una licencia especial que involucre costo.

- **Alcance**

El presente proyecto de fin de carrera pertenece al área de sistemas de información, específicamente relacionado al desarrollo de software, el cual tiene como objetivo implementar una aplicación para el soporte a la gestión de operaciones en la recepción y selección de productos para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.

En primer lugar, se realizará el modelado del proceso de gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones, para el cual se empleará la notación BPMN en Bizagi Modeler. A continuación, se llevará a cabo una recolección de información con el objetivo de obtener el listado de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones. Para verificar el cumplimiento de las actividades, ambos resultados serán revisados por un especialista en gestión de almacenes.

En segundo lugar, se desarrollarán los algoritmos que permitan la planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones. Se desarrollará primero el pseudocódigo de cada algoritmo, los cuales serán revisados por un especialista en algoritmos. Luego, se procederá a implementar ambas soluciones algorítmicas, las cuales también serán revisadas por el experto. Es importante considerar que, para el presente trabajo se considerará que cada ruta corresponde a una sola unidad de manipulación.

Finalmente, se realizará la implementación de los módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes. Se considera que todo el movimiento de productos se realizará únicamente mediante unidades de manipulación. Se implementará una plataforma web, la cual permitirá el ingreso de datos generados por un ERP, la visualización de la información relacionada a cada pedido, gráficos con la distribución de unidades de manipulación en el almacén. Además, se desarrollará un aplicativo móvil que guiará con instrucciones no gráficas a los almaceneros en los recorridos que realizan, así como permitirá el escaneo de códigos para la actualización del estado de las unidades de manipulación y ubicaciones de almacén. Previo a ello, se llevará a cabo la documentación de requerimientos, análisis y diseño de cada uno de los módulos, los cuales serán verificados por un especialista en sistemas de información y un segundo especialista en gestión de almacenes.

- **Restricciones**

El presente proyecto se encuentra restringido debido a la disponibilidad de los especialistas en gestión de almacenes, algoritmos y sistemas de información, quienes se encargan de validar los resultados esperados de la presente tesis.

- **Identificación de los riesgos del proyecto**

En la Tabla 13 se muestran los riesgos identificados en el proyecto, así como la descripción, síntomas, probabilidad de ocurrencia (P), impacto que pueda ocasionar en caso ocurriese (I), severidad (S), controles de mitigación y medidas de contingencia para cada uno de ellos.

Tabla 13: Riesgos del proyecto

Riesgo	Descripción del riesgo	Síntomas	P	I	S	Mitigación	Contingencia
Riesgos relacionados a la pandemia.	En caso ocurriese se tendrá un retraso o suspensión del proyecto, pues el estado de salud del tesista o familiares cercanos afectaría al desarrollo.	El tesista o un familiar cercano se enferma. Se producen problemas relacionados a la pandemia	3	5	15	Tomar las medidas de salud necesarias para reducir el riesgo de contraer enfermedades	Reprogramar las actividades afectadas. En caso de ser muy grave, posponer el desarrollo del proyecto y solicitar el retiro del curso.
Especialistas no realizan la revisión de los entregables que	En caso ocurriese se tendrá un retraso con el avance del proyecto,	No se obtiene una respuesta por parte de los especialistas después de	3	4	12	Planificar con anticipación las fechas de revisión de los entregables	Solicitar el apoyo de los especialistas alternos para la revisión de

requieren de validación y verificación dentro de los tiempos establecidos.	pues no se podría verificar el cumplimiento de los objetivos.	una semana transcurrida				junto a los especialistas.	los entregables.
Estimación inadecuada de las actividades del proyecto.	En caso ocurriese no se cumplirían las actividades según lo planteado en el cronograma.	El tesista propone un tiempo menor al requerido para el desarrollo de una actividad.	3	4	12	Identificar junto a los asesores el tiempo requerido para el desarrollo de las actividades.	Solicitar mayor tiempo para el cumplimiento de las actividades afectadas.
Pérdida de avances por diferentes motivos.	En caso ocurriese se perderían los avances realizados del proyecto.	Errores de guardado, sobreescritura de archivos.	3	3	9	Contar con respaldos de información en la nube.	Usar los respaldos para restaurar los avances.
Deterioro de equipos	En caso ocurriese se retrasaría el desarrollo de las actividades programadas.	El equipo de trabajo presenta cualquier tipo de falta.	2	4	8	Contar con respaldos de información en la nube.	Usar los respaldos para restaurar los avances en otros equipos. Solicitar el préstamo de equipos en caso sea necesario.
Problemas de conectividad	En caso ocurriese se retrasaría el	Debido al escenario actual, en el	2	3	6	Estar alerta ante los avisos de corte de	Utilizar el plan de datos para

(fallas eléctricas o de internet) para realizar las actividades remotas.	desarrollo de las actividades programadas.	que el teletrabajo aumenta, existe una mayor probabilidad de congestión en las redes, lo que causará fallos en el servicio de internet.				servicios de luz. Adquirir un plan de datos móvil como respaldo.	acceder a internet. Reprogramar las actividades afectadas para un día en el que se cuente con disponibilidad.
--	--	---	--	--	--	---	--

Donde:

P: Probabilidad, la cual presenta la siguiente escala:

1: Muy improbable

2: Improbable

3: Moderado

4: Probable

5: Muy Probable

I: Impacto, la cual presenta la siguiente escala:

1: Muy poco crítico

2: Poco crítico

3: Moderadamente crítico

4: Crítico

5: Muy crítico

S: Severidad, la cual se calcula de la siguiente fórmula: $S=P*I$

- Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

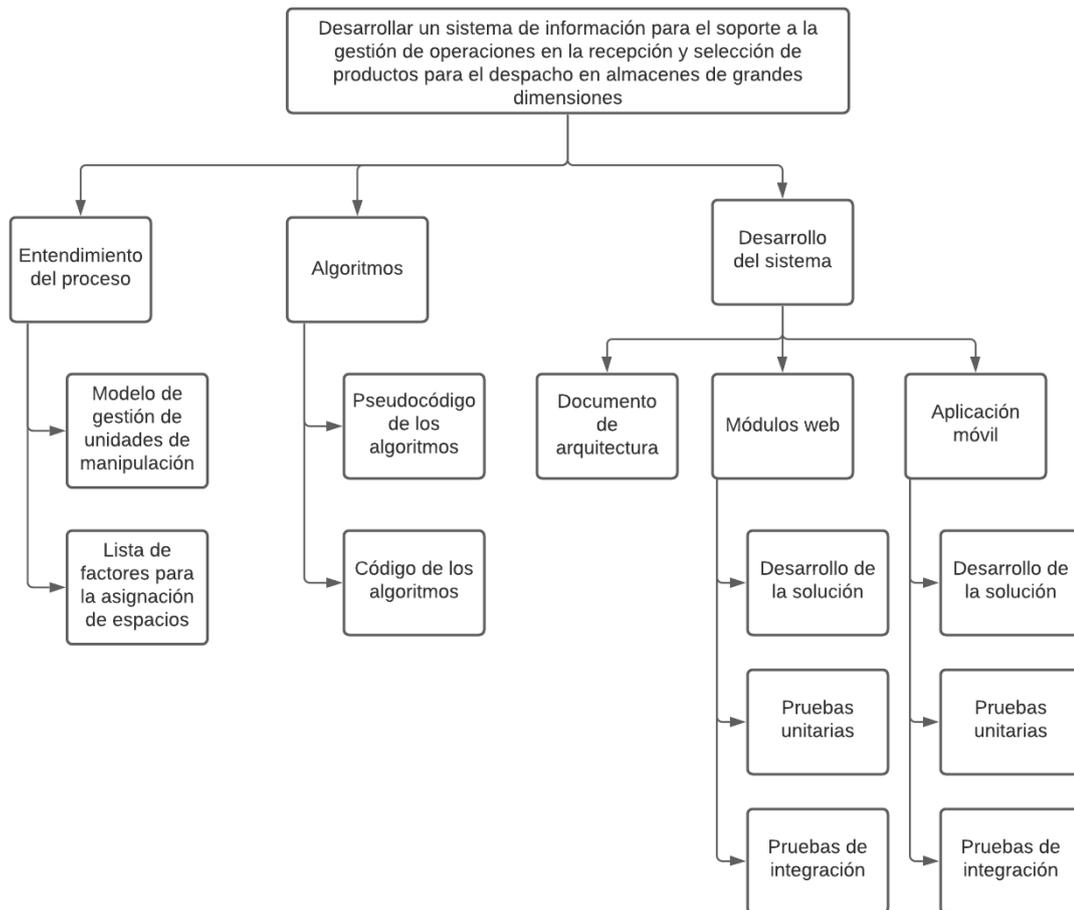


Ilustración 67: Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

- **Lista de tareas**

Tabla 14: Lista de tareas

Tarea	Duración estimada (días)	Esfuerzo Asociado (horas - persona)	Costo estimado
Entregable 1.1			
Elaboración de Ficha de registro de idea de tesis y asesor	1	7	350
Reunión con asesores	1	1	650
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 1.2			
Elaboración del protocolo de revisión	5	16	800
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	1	50
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 1.3			
Elaboración del reporte de ejecución de la revisión	6	30	1500
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 1.4			
Elaboración del reporte de ejecución de la revisión	6	30	1500
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100

Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 1.5			
Elaboración de marco conceptual	5	15	750
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 1			
Definición de la problemática	4	20	1000
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 2.1			
Elaboración del árbol de objetivos	3	9	450
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 2			
Definición de métodos y procedimientos	3	10	500
Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	650
Entregable 3			
Definición parcial del Plan del Proyecto	3	12	600

Reunión con asesores	1	1	650
Realizar correcciones del entregable anterior	1	2	100
Revisión de los asesores	1	1	600
Entregable 4			
Definición del Plan del Proyecto	3	12	600
Reunión con asesores	1	1	650
Revisión de los asesores	1	1	600
Objetivo 1: Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.			
R1.1 Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.			
Elaboración del modelo del proceso de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación del modelo por el especialista en gestión de almacenes	1	2	600
R1.2 Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.			
Elaboración de la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación del modelo por el especialista en gestión de almacenes	1	2	600
Objetivo 2: Desarrollar un software que permita la planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.			
R2.1 Pseudocódigo de los algoritmos que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.			

Elaboración del pseudocódigo de los algoritmos que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.	5	15	750
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación de los pseudocódigos por el especialista en algoritmos	1	2	600
R2.2 Implementación de los algoritmos que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.			
Elaboración del código de los algoritmos que resuelvan el problema de planificación de rutas en la ubicación de productos y selección para el despacho en almacenes de grandes dimensiones.	6	40	2000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación de la implementación de algoritmos por el especialista en algoritmos.	1	2	600
Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.			
R3.1 Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.			
Elaboración del documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación del documento de arquitectura por el especialista en sistemas de información	1	2	600
R3.2 Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.			
Avance de la implementación de módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en	4	20	1000

los procesos de ingreso y salida de bienes.			
Reunión con los asesores	1	1	650
Implementación de módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación de los módulos por el especialista en gestión de almacenes	1	4	1200
R3.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.			
Avance de la aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.	4	20	1000
Reunión con los asesores	1	1	650
Validación de la aplicación por el especialista en gestión de almacenes	1	4	1200

- **Cronograma de actividades del proyecto**

Tabla 15: Cronograma de actividades de tesis 1

TESIS 1			
Nº	Actividad	Inicio	Fin
Entregable 1.1			
1	Elaboración de Ficha de registro de idea de tesis y asesor	29/03/2021	29/03/2021
2	Reunión con asesores	30/03/2021	30/03/2021

3	Revisión de los asesores	02/04/2021	02/04/2021
Entregable 1.2			
4	Elaboración del protocolo de revisión	04/04/2021	08/04/2021
5	Reunión con asesores	06/04/2021	06/04/2021
6	Realizar correcciones del entregable anterior	08/04/2021	08/04/2021
7	Revisión de los asesores	09/04/2021	09/04/2021
Entregable 1.3			
8	Elaboración del reporte de ejecución de la revisión	11/04/2021	16/04/2021
9	Reunión con asesores	13/04/2021	13/04/2021
10	Realizar correcciones del entregable anterior	16/04/2021	16/04/2021
11	Revisión de los asesores	16/04/2021	16/04/2021
Entregable 1.4			
12	Elaboración del reporte de ejecución de la revisión	17/04/2021	22/04/2021
13	Reunión con asesores	20/04/2021	20/04/2021
14	Realizar correcciones del entregable anterior	22/04/2021	22/04/2021
15	Revisión de los asesores	23/04/2021	23/04/2021
Entregable 1.5			
16	Elaboración de marco conceptual	23/04/2021	27/04/2021
17	Reunión con asesores	27/04/2021	27/04/2021
18	Realizar correcciones del entregable anterior	28/04/2021	28/04/2021
19	Revisión de los asesores	30/04/2021	30/04/2021
Entregable 1			
20	Definición de la problemática	01/05/2021	04/05/2021
21	Reunión con asesores	04/05/2021	04/05/2021
22	Realizar correcciones del entregable anterior	04/05/2021	04/05/2021
23	Revisión de los asesores	05/05/2021	05/05/2021

Entregable 2.1			
24	Elaboración del árbol de objetivos	08/05/2021	10/05/2021
25	Reunión con asesores	11/05/2021	11/05/2021
26	Realizar correcciones del entregable anterior	11/05/2021	11/05/2021
27	Revisión de los asesores	14/05/2021	14/05/2021
Entregable 2			
27	Definición de métodos y procedimientos	15/05/2021	17/05/2021
29	Reunión con asesores	18/05/2021	18/05/2021
30	Realizar correcciones del entregable anterior	18/05/2021	18/05/2021
31	Revisión de los asesores	02/06/2021	02/06/2021
Entregable 3			
32	Definición parcial del Plan del Proyecto	05/06/2021	07/06/2021
33	Reunión con asesores	08/06/2021	08/06/2021
34	Realizar correcciones del entregable anterior	07/06/2021	07/06/2021
35	Revisión de los asesores	14/06/2021	14/06/2021
Entregable 4			
36	Definición del Plan del Proyecto	19/06/2021	21/06/2021
37	Reunión con asesores	22/06/2021	22/06/2021
38	Revisión de los asesores	25/06/2021	25/06/2021

Tabla 16: Cronograma de actividades de tesis 2

TESIS 2	
Semana	Actividad
1	Objetivo 1: Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.
	R1.1 Elaboración del modelo de procesos de la gestión de

	<p>unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.</p>
	<p>Reunión con los asesores</p>
	<p>Validación del modelo por el especialista en gestión de almacenes</p>
Exposición 1	
2	<p>Objetivo 1: Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.</p>
	<p>R1.2 Elaboración de la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones.</p>
	<p>Reunión con los asesores</p>
	<p>Validación del modelo por el especialista en gestión de almacenes</p>
Exposición 2	
3	<p>Objetivo 2: Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.</p>
	<p>R2.1 Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.</p>
	<p>Reunión con los asesores</p>
	<p>Validación de los pseudocódigos por el especialista en</p>

	algoritmos.
Exposición 3	
4	Objetivo 2: Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.
	R2.2 Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones.
	Reunión con los asesores
	Validación de la implementación de algoritmos por el especialista en algoritmos.
Exposición 4	
5	Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.
	R3.1 Elaboración del documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.
	Reunión con los asesores
	Validación del documento de arquitectura por el especialista en sistemas de información
ENTREGABLE PARCIAL	
6	Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la

	<p>información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>R3.2 Avance de la implementación de módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>Reunión con los asesores</p>
7	<p>Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>R3.2 Implementación de módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>Reunión con los asesores</p> <p>Validación de los módulos por el especialista en gestión de almacenes</p>
Exposición 5	
8	<p>Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>R3.3 Avance de la aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p> <p>Reunión con los asesores</p>
9	<p>Objetivo 3: Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.</p>

	R3.3 Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.
	Reunión con los asesores
	Validación de la aplicación por el especialista en gestión de almacenes
Exposición 6	
10	Levantamiento de observaciones de la semana 8 y 9
	Correcciones finales
	Reunión con los asesores
ENTREGABLE FINAL	

- **Lista de recursos**

A continuación, se describe la lista de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

- **Personas involucradas y necesidades de capacitación**

Tabla 17: Personas involucradas y necesidades de capacitación

Persona involucrada	Rol	Necesidades de capacitación
Paul Canasa	Tesista	Investigación relacionada a gestión de almacenes.
Dr. Manuel Tupia	Asesor	No
Mg. Rony Cueva	Coasesor	No
-	Especialista en gestión de almacenes	No
-	Especialista en algoritmos	No
-	Especialista en sistemas de información	No

- **Materiales requeridos para el proyecto**

Tabla 18: Materiales requeridos para el proyecto

Materiales requeridos	Importancia
Internet	Es de suma importancia para poder realizar la investigación, así como reuniones con asesores y especialistas.
Plan de datos	Es el respaldo a utilizar en caso falle el servicio de internet.
Luz eléctrica	Es necesaria para utilizar la computadora con la que se desarrollará el proyecto.
Material de escritorio	Se usarán para realizar anotaciones y dar apoyo a cálculos, diseño y pruebas.

- **Estándares utilizados en el proyecto**

Tabla 19: Estándares utilizados en el proyecto

Estándar	Importancia
Scrum	Se emplearán algunas buenas prácticas de Scrum, con la finalidad de obtener mejores resultados en el desarrollo del proyecto.

- **Equipamiento requerido**

Tabla 20: Equipamiento requerido

Equipamiento	Importancia
Computadora	Se empleará para elaborar los entregables del proyecto de tesis, así como realizar las entrevistas, reuniones, entre otras tareas.

- **Herramientas requeridas**

Tabla 21: Herramientas requeridas

Herramientas	Importancia
Bizagi Modeler	Se empleará para el modelado de procesos.
Figma	Se empleará para el prototipado de la interfaz gráfica del sistema a desarrollar.
Java	Se empleará para la implementación de algoritmos.
React	Se empleará para la implementación de la interfaz gráfica del sistema a desarrollar.

Express	Se empleará para la implementación del back-end del sistema a desarrollar.
MySQL Workbench	Se empleará para la administración de la base de datos que utilizará el sistema.
GitHub	Se empleará para el control de versiones del proyecto.

- **Costeo del proyecto**

Tabla 22: Costeo del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unidad (S/.)	Monto Parcial (S/.)	Monto Total (S/.)
0	Costo total del proyecto	---	---	---	---	46,030.00
1	Estudiantes o tesistas	---	---	---	---	19,500.00
1.1	Paul Canasa	Horas	390	50	19500	
2	Otros participantes	---	---	---	---	23,400.00
2.1	Dr. Manuel Tupia	Horas	30	300	9000	
2.2	Mg. Rony Cueva	Horas	30	300	9000	
2.3	Especialista en gestión de almacenes	Horas	12	300	3600	
2.4	Especialista en algoritmos	Horas	4	300	1200	
2.5	Especialista en sistemas de información	Horas	2	300	600	
3	Materiales e insumos	---	---	---	---	630.00
3.1	Internet	mes	9	25	225	
3.2	Plan de datos	mes	9	20	180	
3.3	Luz eléctrica	mes	9	15	135	
3.4	Material de escritorio	mes	9	10	90	
4	Bienes y equipos	---	---	---	---	2,500.00
4.1	Computadora	unidad	1	2500	2500	

Anexo B: Documento que contiene el modelado de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones

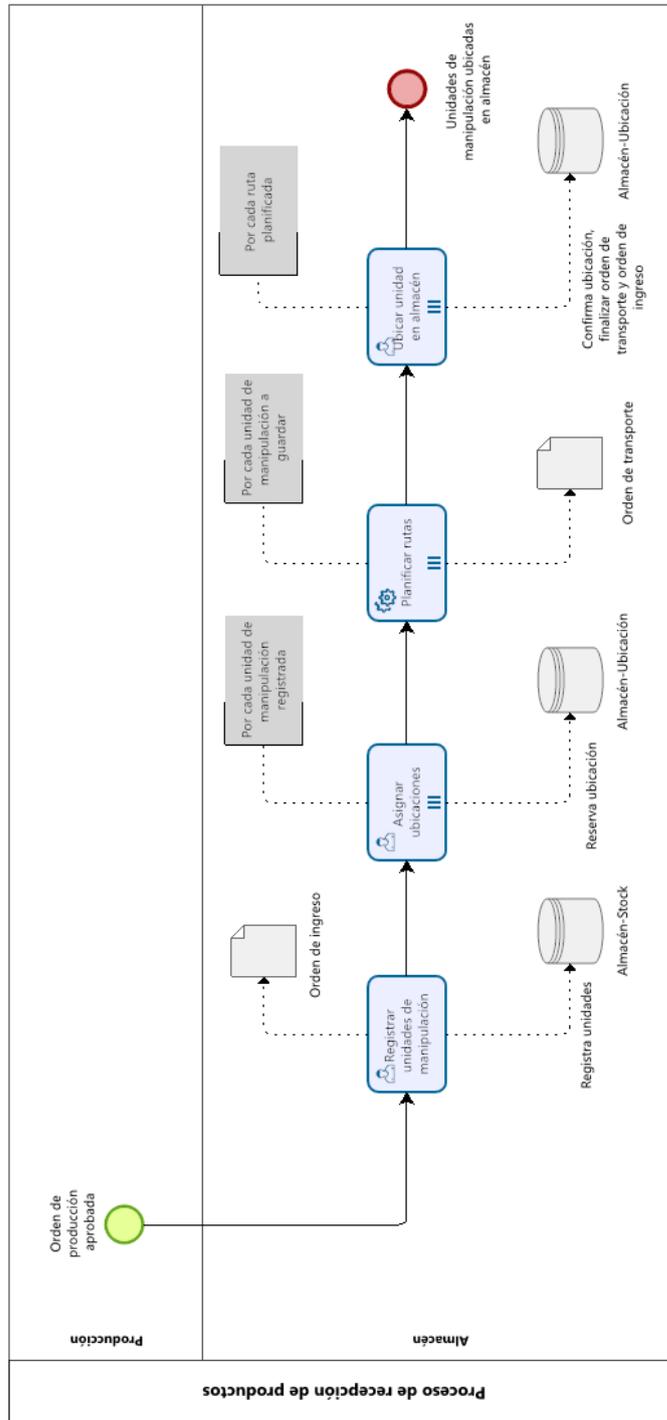


Ilustración 68: Proceso de recepción de productos

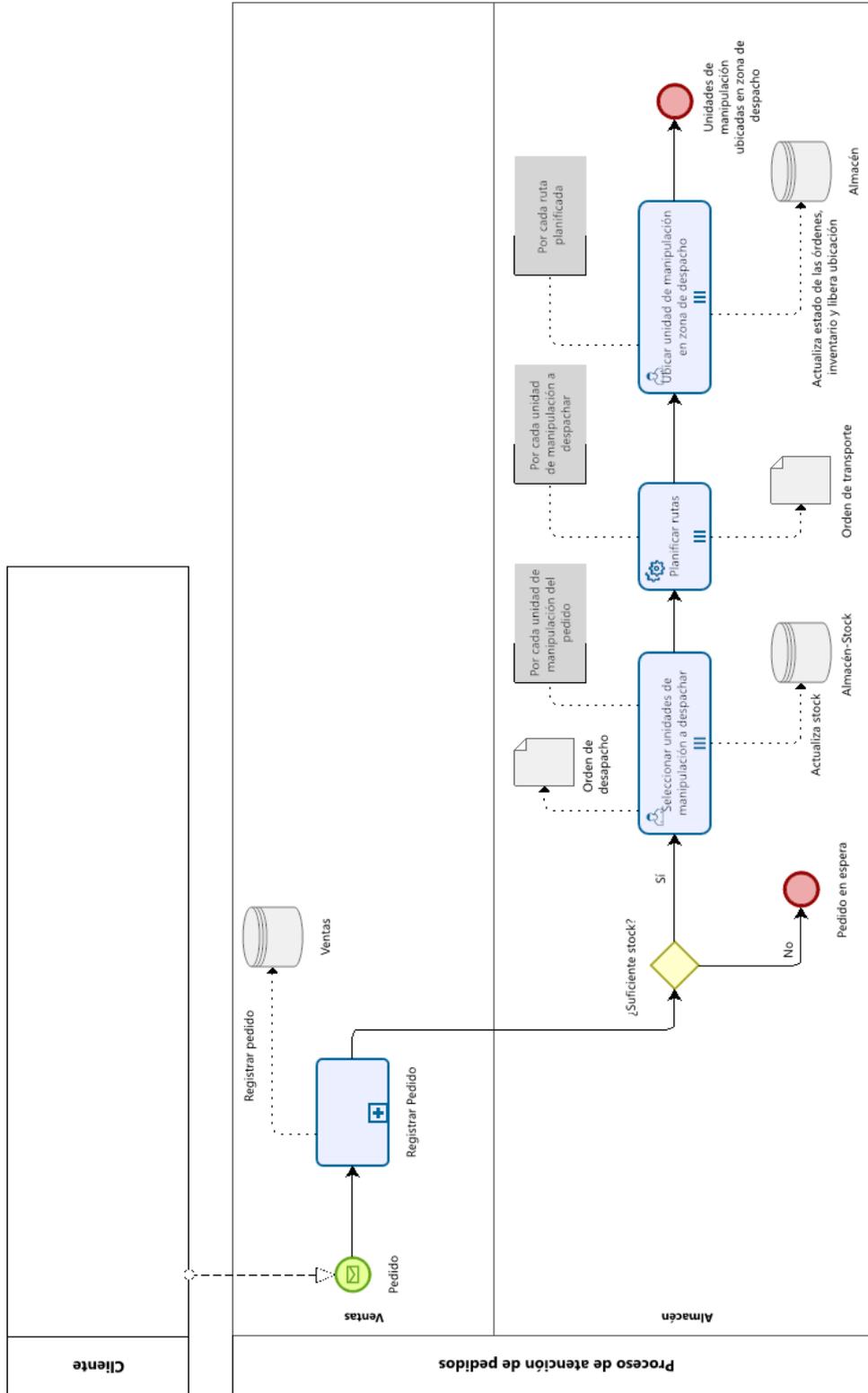


Ilustración 69: Proceso de atención de pedidos

Acta de Conformidad

Yo, Rony Cueva Moscoso, luego de la entrevista realizada por Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 1.1 correspondiente al objetivo 1 "Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones" del proyecto de tesis "Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones". El resultado a validar es el siguiente:

- Modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones.

Entiendo que al enviar esta acta muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 70: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en gestión de almacenes respecto al modelo de procesos de la gestión de unidades de manipulación

Anexo C: Documento que contiene la matriz de trazabilidad de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones

Tabla 23: Matriz de trazabilidad de factores para determinar la asignación de espacios

Factor	Artículos de la Revisión Sistemática								Prioridad asignada por el especialista en gestión de almacenes
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
Nivel de rotación	x	x	x	x			x	x	2
Distancia	x	x	x	x	x	x	x	x	1
Categoría	x			x		x	x		4
Almacenamiento especial	x	x	x	x		x	x	x	3
Volumen	x		x		x		x	x	5
Niveles de inventario	x						x		-
Marca		x	x		x				-
Cliente		x					x		-
Productos en mix			x	x			x		-
Fecha de ingreso							x		-

Acta de Conformidad

Yo, el Mg. Rony Cueva Moscoso, especialista en gestión de almacenes, luego de la entrevista realizada por Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 1.2 correspondiente al objetivo 1 “Modelar procesos que permitan la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones” del proyecto de tesis “Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones”. El resultado a validar es el siguiente:

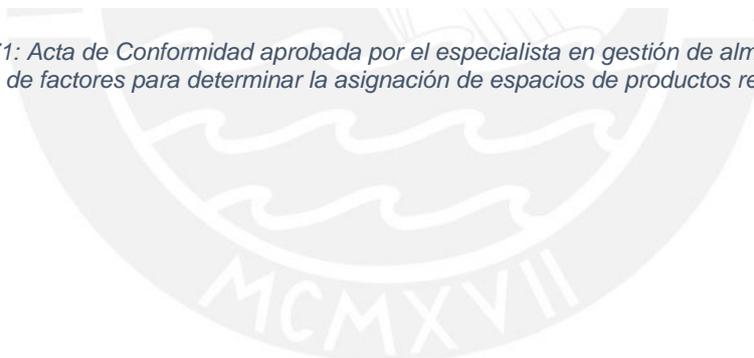
- Lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados en almacenes de grandes dimensiones

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 71: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en gestión de almacenes respecto a la lista de factores para determinar la asignación de espacios de productos recepcionados



Anexo D: Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

```

Inicio AsignaciónGRASP (numMaxIteraciones, alfa)
    mejorSolución = [ ]
    Para i = 0 hasta numMaxIteraciones hacer
        solución = Construcción(alfa)
        solución = BúsquedaLocal(solución)
        Si solución.costo > mejorSolución.costo entonces
            mejorSolución = solución
        Fin Si
    Fin Para
    Retornar mejorSolución
Fin AsignaciónGRASP

Inicio Construcción (alfa)
    solución = [ ]
    productos = LeerProductos()
    ubicaciones = LeerUbicaciones()
    Mientras PorAsignar(productos) hacer
        RCL = ObtenerRCL(productos, ubicaciones, alfa)
        candidato = ObtenerAleatorio(RCL)
        AgregarCandidato(solución, candidato)
        ActualizarDatos(productos, ubicaciones, candidato)
    Fin Mientras
    Retornar solución
Fin Construcción

Inicio ObtenerRCL (productos, ubicaciones, alfa)
    peorCandidato = productoConMenorRotación/ubicaciónMásDistante
    mejorCandidato = productoConMayorRotación/ubicaciónMenosDistante
    RCL = [ ]
    criterioRCL = {mejorCandidato - alfa(mejorCandidato - peorCandidato), mejorCandidato}
    Para producto en productos hacer
        Para ubicación en ubicaciones hacer
            Si cumpleNecesidades(ubicación, producto) entonces
                candidato = formarCandidato(ubicación, producto)
                Si candidato.rotacion/candidato.distancia en criterioRCL entonces
                    agregarCandidato(RCL, candidato)
            Fin Si
        Fin Si
    Fin Para
    Retornar RCL
Fin ObtenerRCL

Inicio BúsquedaLocal (solución)
    Para i = 0 hasta numMaxIteraciones hacer
        soluciónLocal = cambiarProductoUbicacion(solución)
        Si soluciónLocal.costo > solución.costo entonces
            solución = soluciónLocal
        Fin Si
    Fin Para
    Retornar solución
Fin BúsquedaLocal
  
```

Ilustración 72: Pseudocódigo del algoritmo para la asignación de ubicaciones basado en GRASP

```

Inicio SelecciónDespacho()
    solución = [ ]
    pedido = LeerPedido()
    Para productoPedido en pedido hacer
        productos = BuscarEnInventario(productoPedido)
        productoSeleccionado = AplicarCriterios(productos)
        ActualizarInventario(productoSeleccionado)
        AgregarProducto(solución, productoSeleccionado)
    Fin Para
    Retornar solución
Fin SelecciónDespacho

```

Ilustración 73: Pseudocódigo del algoritmo para la selección de productos a despachar

Acta de Conformidad

Yo, el Dr. Manuel Francisco Tupia Anticona, especialista en algoritmos, luego de la entrevista realizada por Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 2.1 correspondiente al objetivo 2 “Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones” del proyecto de tesis “Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones”. El resultado a validar es el siguiente:

- Pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 74: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en algoritmos respecto al pseudocódigo de los algoritmos basados en GRASP que permitan resolver el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

Anexo E: Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

El código de los algoritmos y los datos empleados se encuentran publicados en un repositorio en GitHub, el enlace es el siguiente: https://github.com/PaulCanasa99/AsignacionGrasp_SeleccionDespacho.git.

En la Tabla 24 se pueden visualizar los resultados que se obtuvieron al variar el valor de alfa para la calibración del algoritmo de asignación de espacios basado en GRASP.

Tabla 24: Resultados de la calibración del algoritmo de asignación de espacios basado en GRASP

alfa	valor
0.25	654.707792
0.251	654.707792
0.252	654.707792
0.253	654.707792
0.254	653.58658
0.255	654.147186
0.256	653.58658
0.257	653.112221
0.258	652.465368
0.259	654.147186
0.26	654.147186
0.261	653.58658
0.262	652.353247
0.263	653.474459
0.264	653.58658
0.265	653.58658
0.266	653.58658
0.267	653.58658
0.268	653.025974
0.269	653.112221
0.27	653.672827

0.271	653.58658
0.272	653.58658
0.273	653.58658
0.274	653.58658
0.275	653.025974
0.276	654.707792
0.277	654.035065
0.278	654.707792
0.279	654.707792
0.28	654.707792
0.281	654.707792
0.282	654.707792
0.283	654.707792
0.284	654.707792
0.285	654.707792
0.286	654.707792
0.287	654.035065
0.288	654.035065
0.289	654.035065
0.29	654.147186
0.291	654.035065
0.292	654.707792
0.293	654.707792
0.294	654.035065
0.295	654.707792
0.296	654.035065
0.297	654.707792
0.298	654.707792
0.299	654.035065
0.3	654.147186

Acta de Conformidad

Yo, el Dr. Manuel Francisco Tupia Anticona, especialista en algoritmos, luego de la entrevista realizada por Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 2.2 correspondiente al objetivo 2 “Desarrollar un software que permita la asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones” del proyecto de tesis “Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones”. El resultado a validar es el siguiente:

- Implementación de los algoritmos basados en GRASP que resuelvan el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 75: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en algoritmos respecto a la implementación de los algoritmos basados en GRASP que permitan resolver el problema de asignación de espacios y selección de unidades de manipulación en la ubicación y despacho de productos en almacenes de grandes dimensiones

Anexo F: Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

Tabla 25: Historias de usuario

#	ID	Usuario	Historia	Criterios de aceptación
1	GEN01	Almacenero	Iniciar sesión en el sistema para poder gestionar las operaciones de almacén.	Se debe validar un usuario y contraseña. El acceso debe ser el mismo para la web y la app.
2	WEB01	Almacenero	Visualizar el inventario en almacén para monitorear las unidades de manipulación.	Se debe contar con un buscador por código, producto y estado.
3	WEB02	Almacenero	Asignar ubicaciones a las unidades ingresantes a almacén para realizar el almacenamiento.	Se debe conseguir una solución casi óptima considerando distancia, rotación y clasificación.
4	WEB03	Almacenero	Visualizar y gestionar los productos del almacén.	Se debe contar con un buscador por código, nombre, nivel de rotación y clasificación. Se incluyen las opciones de: agregar, editar y eliminar productos. Se debe poder visualizar un reporte del tipo kardex por cada producto.
5	WEB04	Almacenero	Visualizar la lista de pedidos para realizar el despacho de unidades de manipulación.	Se debe contar con un buscador por pedido, código de producto, y estado. Se debe considerar dos vistas: cabecera y detalle
6	WEB05	Almacenero	Atender los pedidos con el inventario disponible en almacén.	Se debe conseguir una solución óptima considerando fecha de expiración, fecha de vencimiento y distancia de la unidad a despachar.
7	WEB06	Almacenero	Visualizar las ubicaciones de almacén para identificar el estado actual del almacén.	Se debe contar con una visualización 2d de la estructura de almacén considerando cada ubicación de almacén. Se debe visualizar las áreas de recepción y despacho. Se debe ver el detalle de la unidad de manipulación que contiene cada ubicación.

8	WEB07	Almacenero	Cargar de forma masiva pedidos, productos y órdenes de ingreso	Se acepta el formato .csv.
9	WEB08	Almacenero	Visualizar la lista de órdenes de ingreso, despacho y transporte.	Se debe contar con un buscador por # de orden y estado. La vista para ingreso y despacho requiere de un par de vistas cabecera-detalle.
10	MOV01	Almacenero	Visualizar y seleccionar las órdenes de ingreso para registrar unidades.	Se debe contar con un buscador por código, fecha de registro y estado. Se debe poder seleccionar una orden de ingreso y realizar el registro de unidades.
11	MOV02	Montacarguista	Visualizar instrucciones de movilización para almacenar o retirar productos de almacén.	Se debe visualizar la ruta a seguir para movilizar la unidad desde el área de recepción hasta la ubicación asignada. Se debe visualizar la ruta a seguir para movilizar la unidad desde su ubicación hacia el área de despacho.
12	MOV03	Montacarguista	Visualizar y seleccionar las órdenes de transporte.	Se debe contar con un buscador por código, fecha de registro y estado. Se debe poder seleccionar una orden de transporte y visualizar el destino.
13	MOV04	Almacenero	Escanear códigos de las unidades de manipulación para atender las órdenes de ingreso.	Se debe contar con un lector de códigos QR. Se debe registrar cada unidad de manipulación escaneada sobre una orden de ingreso.
14	MOV05	Montacarguista	Escanear códigos de las ubicaciones de almacén para indicar el almacenamiento o retiro de un producto.	Se debe contar con un lector de códigos QR. Se debe actualizar el estado de la orden de transporte, ubicación e inventario al realizar el escaneo.

Los prototipos en Figma del sistema se encuentran en los siguientes enlaces:

- Web: <https://www.figma.com/proto/xFDegoBJJk3XQ9I4UfB2Vg/Tesis?node-id=2%3A2&scaling=min-zoom&page-id=0%3A1&starting-point-node-id=2%3A2>
- Móvil: <https://www.figma.com/proto/xFDegoBJJk3XQ9I4UfB2Vg/Tesis?node-id=36%3A478&scaling=min-zoom&page-id=0%3A1&starting-point-node-id=36%3A478>

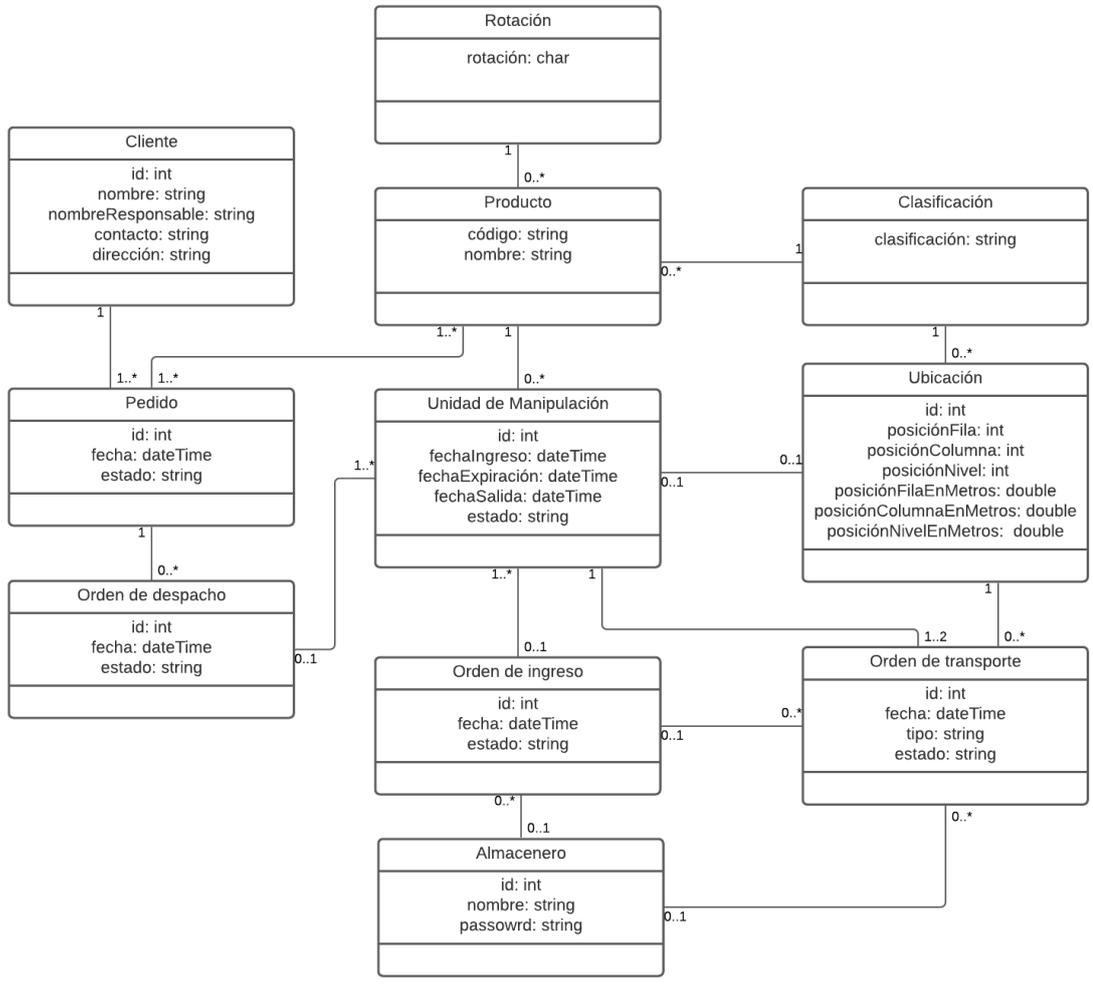


Ilustración 76: Diagrama de clases

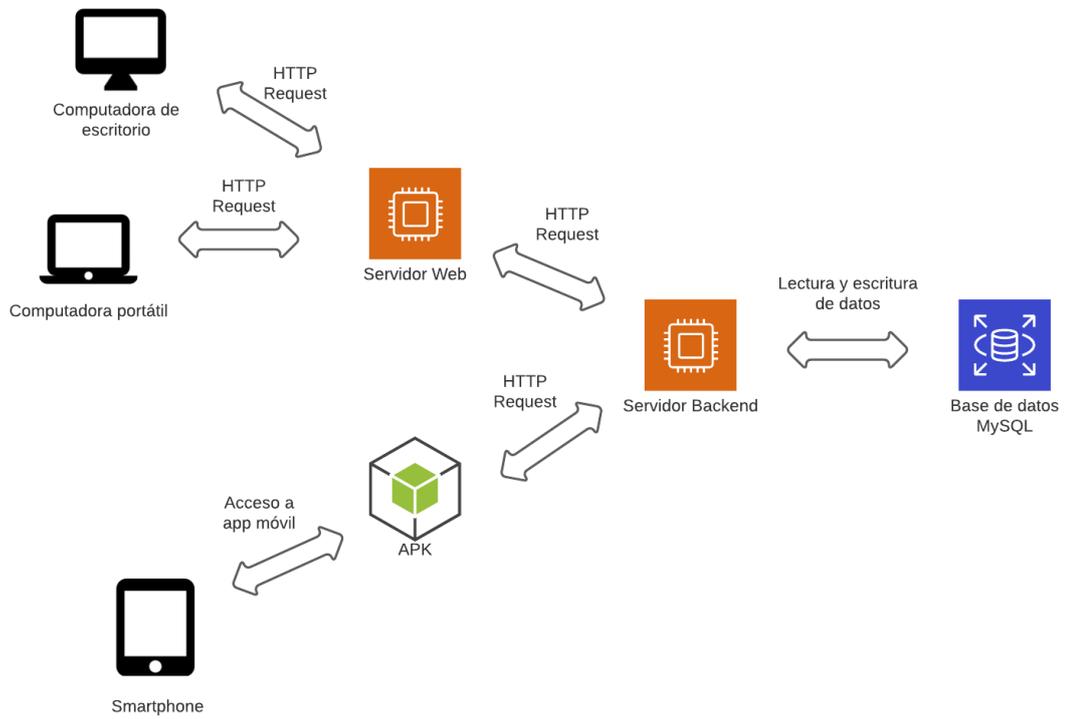


Ilustración 77: Diagrama de despliegue

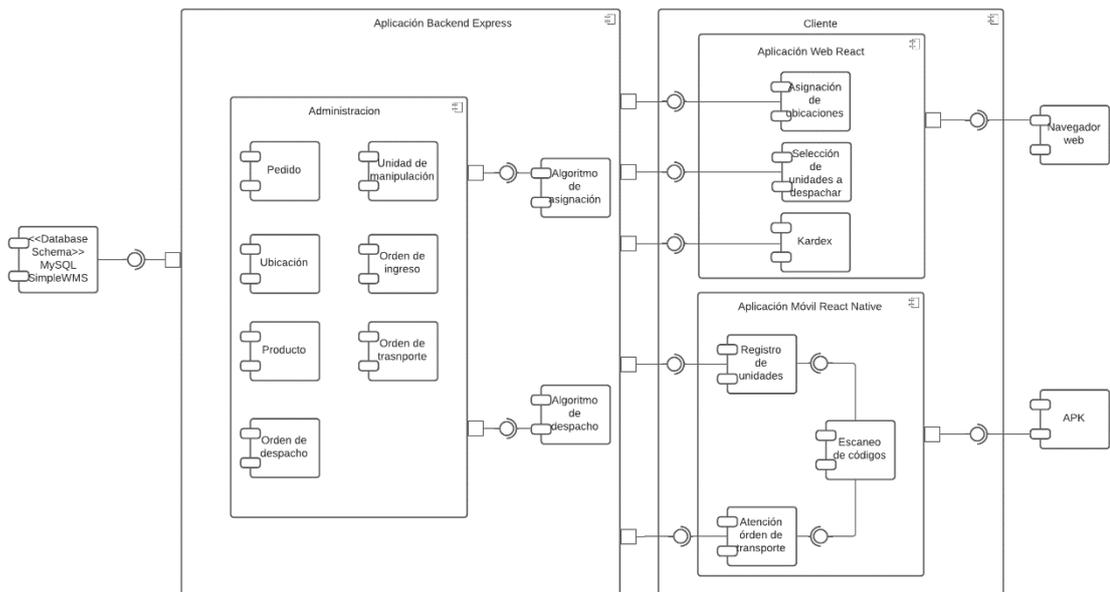


Ilustración 78: Diagrama de componentes

Acta de Conformidad

Yo, el Mg. Rony Cueva Moscoso, especialista en sistemas de información y gestión de almacenes, luego de la entrevista realizada por Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 3.1 correspondiente al objetivo 3 “Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.” del proyecto de tesis “Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones”. El resultado a validar es el siguiente:

- Documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 79: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto al documento de arquitectura del sistema de información que permita gestionar la información de los productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

Anexo G: Archivos con el código fuente de la aplicación web

Se empleó GitHub para el control de versiones del código fuente del sistema desarrollado. En el caso del sistema web se utilizan dos repositorios, uno para la aplicación *frontend* y otro para la aplicación *backend*.

Enlace del repositorio de la aplicación *frontend*:
<https://github.com/PaulCanasa99/simple-wms-frontend>

Enlace del repositorio de la aplicación *backend*:
<https://github.com/PaulCanasa99/simple-wms-backend>

Acta de Conformidad

Yo, el Mg. Rony Cueva Moscoso, especialista en sistemas de información y gestión de almacenes, luego de la reunión con Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 3.2 correspondiente al objetivo 3 "Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes." del proyecto de tesis "Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones". El resultado a validar es el siguiente:

- Módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes.

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 80: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto a los módulos web que se encarguen de la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes

Anexo H: Archivos con el código fuente de la aplicación móvil

Se empleó GitHub para el control de versiones del código fuente del sistema desarrollado. En el caso de la aplicación móvil se utilizan dos repositorios, uno para la aplicación móvil y otro para la aplicación *backend*. El repositorio *backend* es el mismo para el sistema web y la aplicación móvil.

Enlace del repositorio de la aplicación móvil:

<https://github.com/PaulCanasa99/simple-wms-mobile>

Enlace del repositorio de la aplicación *backend*:

<https://github.com/PaulCanasa99/simple-wms-backend>

Acta de Conformidad

Yo, el Mg. Rony Cueva Moscoso, especialista en sistemas de información y gestión de almacenes, luego de la reunión con Paul Canasa Mayta muestro mi conformidad con el resultado 3.3 correspondiente al objetivo 3 "Desarrollar módulos que permitan gestionar la información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes." del proyecto de tesis "Implementación de un sistema de información para la gestión de unidades de manipulación en almacenes de grandes dimensiones". El resultado a validar es el siguiente:

- Aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingresos y salida de bienes.

Entiendo que al enviar este correo muestro mi conformidad con el resultado mencionado en el punto anterior.



Firma

Ilustración 81: Acta de Conformidad aprobada por el especialista en sistemas de información y gestión de almacenes respecto a la aplicación móvil que soporte la gestión de información de productos en los procesos de ingreso y salida de bienes