

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Propuesta de mejora en la disposición y rotación de contenedores vacíos en
depósitos

TECN-011

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Tecnólogo Superior en Logística Portuaria

Presentado por:

Ivan Josue Agurto Peñafiel

Kevin Joel Reyes Solorzano

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para superar cada reto, iluminar mi camino en los momentos difíciles y bendecirme con la oportunidad de culminar esta meta.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, dedico este trabajo como muestra de gratitud por su amor incondicional, su apoyo constante y los valores que me han inculcado. Gracias por cada sacrificio, por creer siempre en mí y por darme la fuerza necesaria para continuar en los momentos más difíciles. Esta meta alcanzada es el reflejo de sus enseñanzas y del ejemplo de perseverancia que siempre me han transmitido.

A mi novia, por ser mi compañía constante, por su apoyo incondicional y por brindarme ánimo en los momentos de cansancio. Su confianza en mí y sus palabras de aliento han sido una fuente de motivación que me impulsó a seguir adelante hasta alcanzar este objetivo.

Ivan Josue Agurto Peñafiel

Dedicatoria

La dedico a mis padres por ser mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y constancia.

Gracias por cada sacrificio silencioso, por su fe inquebrantable en mí incluso en los momentos en que ni yo mismo la tenía.

Su apoyo ha sido la base sobre la cual he construido cada logro y esta tesis no es la excepción.

A ustedes les debo la oportunidad de haber llegado hasta aquí, si no también la fortaleza para continuar. Este trabajo es tan suyo como mío.

Con todo mi amor y gratitud.

Kevin Joel Reyes Solorzano

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos a las empresas que contribuyeron a la UAFTT (Unidad Académica para la Formación Técnico y Tecnológica), por brindarnos acceso a una educación de calidad y generar espacios que fortalecieron nuestras competencias profesionales.

A la Ing. Nathalia Bonilla Arana y al Ing. Miguel Salvatierra Morán, por compartir sus conocimientos y orientarnos durante la formación práctica, brindándonos un acompañamiento significativo.

A la Msc. María Tadea Quintuña, coordinadora de la carrera, por su apoyo, orientación y seguimiento en cada etapa de nuestra formación académica, asegurando que contáramos con los recursos y la guía necesarios para avanzar con éxito.

Declaración Expresa

Nosotros Ivan Josue Agurto Peñafiel y Kevin Joel Reyes Solorzano acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 12 de septiembre del 2025.


Ivan Josue Agurto

Peñafiel


Kevin Joel Reyes

Solorzano

Evaluadores

María Tadea Quintuña Rodríguez

Profesor de Materia

José María Rodríguez Lamchang

Tutor de proyecto

Resumen

En este trabajo propusimos un modelo de layout para un depósito de contenedores vacíos basado en la clasificación ABC. Partimos de un diagnóstico cualitativo que mostro una mezcla de prioridades en las pilas, rutas bidireccionales con cruces y un taller dentro de la trayectoria principal, factores que explicaron movimientos adicionales, recorridos largos y tiempos de ciclo variables. Con el método ABC traduje la prioridad operativa al espacio físico: Zona A junto a salida (alta rotación), Zona B contigua (intermedia) y Zona C en periferia (baja), además de rutas unidireccionales. Para ilustrar la lógica, se incorporó un ejemplo con datos simulados que mostro concentración del movimiento en pocos tipos (patrón Pareto), respaldando la zonificación propuesta. El resultado es un diseño ágil, seguro y replicable que no exige inversión inmediata en infraestructura y que podrá validarse con indicadores como tiempo de ciclo, movimientos extras de A, ocupación centro/periferia y esperas en recepción/salida.

Palabras Clave: Layout, método ABC, rotación, contenedores vacíos.

Abstract

In this work, we proposed a layout model for an empty container depot based on ABC classification. We started with a qualitative diagnosis that showed a mix of stack priorities, bidirectional routes with intersections, and a workshop located within the main route. These factors explained additional movements, long routes, and variable cycle times. Using the ABC method, I translated operational priority into physical space: Zone A next to the exit (high turnover), adjacent Zone B (intermediate), and Zone C on the periphery (low turnover), in addition to unidirectional routes. To illustrate the logic, an example with simulated data was incorporated that showed a concentration of movement in a few types (Pareto pattern), supporting the proposed zoning. The result is an agile, safe, and replicable design that does not require immediate investment in infrastructure and can be validated with indicators such as cycle time, extra movements in A, center/periphery occupancy, and waiting times at reception/exit.

Keywords: Layout, ABC method, turnover, empty containers.

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VII
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del Problema	3
1.2 Justificación del Problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Cadena de suministro de contenedores vacíos	5
1.4.2 Modelo ABC	6
1.4.3 Rotación y organización del ordenamiento de almacenes	8
1.4.4 Optimización del espacio en almacenes	9
1.4.5 Diseño de Layouts en almacenes	10
Capítulo 2	13
2. Metodología	14
2.1 Enfoque de la investigación.....	14
2.2 Tipo y diseño de investigación	15
2.3 Población y muestra	15
2.4 Métodos y técnicas de recolección de datos	16
2.5 Estructura conceptual y metodología de diseño	17

2.6	Recopilación y examinación de la información.....	18
2.7	Caracterización y elección de enfoques analíticos.....	19
2.8	Uso de instrumentos.....	20
2.9	Diseño detallado del modelo de layout propuesto.....	21
2.10	Justificación de los métodos y el diseño escogidos.....	22
2.11	Características del modelo de layout final.....	23
2.11.1	Distribución por categorías (ABC):.....	23
2.11.2	Diseño de rutas de tránsito claras:.....	24
2.11.3	Escalabilidad y replicabilidad:.....	24
2.11.4	Enfoque en la eficiencia operativa:.....	24
2.11.5	Contribución a la sostenibilidad:.....	24
2.12	Aspectos éticos y legales.....	25
Capítulo 3		26
3.	Resultados y análisis.....	27
3.1	Introducción al capítulo.....	27
3.2	Estado actual de la distribución física de contenedores.....	27
3.2.1	Recepción.....	27
3.2.2	Almacenamiento.....	28
3.2.3	Reparación / preparación.....	28
3.2.4	Despacho.....	28
3.2.5	Síntesis del estado actual.....	28
3.3	Cuellos de botella.....	29
3.4	Aplicación de la herramienta ABC para el diseño del centro de distribución.....	31
3.4.1	Clasificación ABC (criterios operativos).....	31
3.4.2	Layout basado en ABC (zonificación y tránsito).....	31
3.4.3	Reglas de operación estandarizadas (visibles y aplicables).....	32
3.4.4	Ejemplo aplicado del método ABC con datos simulados.....	32

3.4.5	Pareto ABC con porcentaje acumulado	35
3.4.6	Clasificación final basada en el porcentaje acumulado.....	36
3.4.7	Beneficios esperados tras integrar ABC	37
3.5	Resultados del objetivo general	38
Capítulo 4		42
4.1	Conclusiones.....	43
4.1.2	Recomendaciones	44
Referencias.....		46

Abreviaturas

ABC: Método de clasificación de inventarios por importancia operativa

FIFO: First In, First Out (Primero en entrar, primero en salir)

ISO: International Organization for Standardization

KPI: Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño)

Msc.: Magíster Scientiae

RTLS: Real-Time Location System (Sistema de Localización en Tiempo Real)

WMS: Warehouse Management System (Sistema de Gestión de Almacenes)

Índice de figuras

Figura 1 <i>Cadena de suministro de contenedores vacíos</i>	5
Figura 2 <i>Gráfica de Pareto</i>	7
Figura 3 <i>Método ABC aplicado en una bodega</i>	9
Figura 4 <i>Diseño layout 3D</i>	11
Figura 5 <i>Diagrama de pareto</i>	35
Figura 6 <i>Layout actual</i>	39
Figura 7 <i>Layout propuesto</i>	40

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Cuellos de botella identificados</i>	29
Tabla 2 <i>Data simulada</i>	33
Tabla 3 <i>Data ordenada según su frecuencia</i>	33
Tabla 4 <i>Porcentaje acumulado</i>	34
Tabla 5 <i>Resumen de clasificación</i>	35

Capítulo 1

1. Introducción

Actualmente, se ha podido observar que muchos depósitos de contenedores vacíos presentan una serie de dificultades operativas que en gran medida se deben a diseños tradicionales poco adaptados a las necesidades actuales. La falta de estrategias claras para la rotación y gestión eficiente de los contenedores genera problemas como la congestión interna, mayores tiempos para localizar o mover unidades, mal aprovechamiento del espacio disponible, acumulación de contenedores antiguos o dañados y cruces desordenados entre camiones. Todo esto no solo afecta la eficiencia del trabajo diario, sino que también incrementa los costos logísticos y la huella ambiental por movimientos innecesarios y largas esperas.

Investigando más a fondo, se encontró que varios estudios coinciden en que el diseño del layout en este tipo de instalaciones es clave para mejorar su rendimiento. Un layout bien planteado permite aprovechar mejor los espacios, reducir recorridos y facilitar una rotación eficiente, algo fundamental en operaciones donde el movimiento constante es parte del día a día (López, 2019). También se encontró que aplicar ciertos niveles de automatización, como el uso de grúas automáticas, zonas delimitadas para inspección y sistemas de transferencia organizados, puede hacer que los procesos de carga, descarga y almacenamiento sean más ágiles, seguros y eficientes (Rootstack, s.f.).

Por todo lo anterior, la actual propuesta se enfoca en diseñar un layout funcional para depósitos de contenedores vacíos, integrando rutas de circulación bien definidas, espacios organizados según rotación. La intención es lograr una gestión más estructurada, ordenada y dinámica que, además de optimizar las operaciones internas, también contribuya a reducir costos y disminuir el impacto ambiental.

1.1 Descripción del Problema

Se identificó que, en la actualidad, depósitos de contenedores vacíos enfrentan crecientes desafíos relacionados con la eficiencia operativa debido a un diseño inadecuado de layout y a la falta de estrategias efectivas para la gestión y rotación de contenedores lo que provoca cierta saturación. Esta situación genera:

- Congestión interna
- Mayores tiempos de búsqueda y traslado
- Uso ineficiente del espacio disponible
- Baja rotación y acumulación de contenedores antiguos o en mal estado
- Camiones que se cruzan.

Estos problemas repercuten en la eficiencia de las operaciones logísticas y aumentan los costos de manejo. El problema no es de una sola empresa, sino sistémico: surge de layouts heredados, lo que limita la competitividad y eleva la huella de emisiones por movimientos y esperas evitables. Por ello se propone implementar un diseño layout funcional que facilite una gestión más ágil, estructurada y rotativa de los contenedores vacíos.

1.2 Justificación del Problema

La gestión de contenedores vacíos en un almacén no solo se limita a guardar unidades, sino que define la rapidez con que estos equipos pueden volver a la cadena logística. Cuando no existen estrategias de rotación clara el resultado es una saturación progresiva: filas en la recepción con controles dispersos, almacenamiento que mezcla equipos de salida inmediata con otros de larga permanencia, procesos de reparación que se convierten en cuellos de botella. Estos factores generan pérdida de espacio útil, tiempos de atención irregulares y mayores dificultades para cumplir con las programaciones de exportadores y clientes.

La problemática identificada no responde a fallas puntuales, sino a layouts heredados,

flujos poco organizados y escasa integración digital. En conjunto estos elementos restan competitividad, aumentan costos y generan movimientos internos innecesarios que elevan la huella ambiental del almacén.

El proyecto se justifica en la necesidad de rediseñar los procesos logísticos para recuperar capacidad operativa, mejorar la rotación de equipos y ofrecer mayor previsibilidad a los transportistas a través de un Layout funcional, la integración de la planificación diaria y la aplicación de metodologías de mejora continua es posible reducir tiempos, optimizar el uso del espacio y avanzar hacia operaciones más sostenibles y eficientes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer un modelo de diseño de layout que permita la optimización de la rotación y un flujo operativo más ágil y sostenible.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Especificar el estado actual de la distribución física de contenedores.
- Identificar los principales cuellos de botella que limitan la rotación y reducen la capacidad útil del espacio.
- Integrar la herramienta de mejora continua (ABC) para la estandarización y la conservación de buenas prácticas en el manejo de los contenedores vacíos.

1.4 Marco teórico

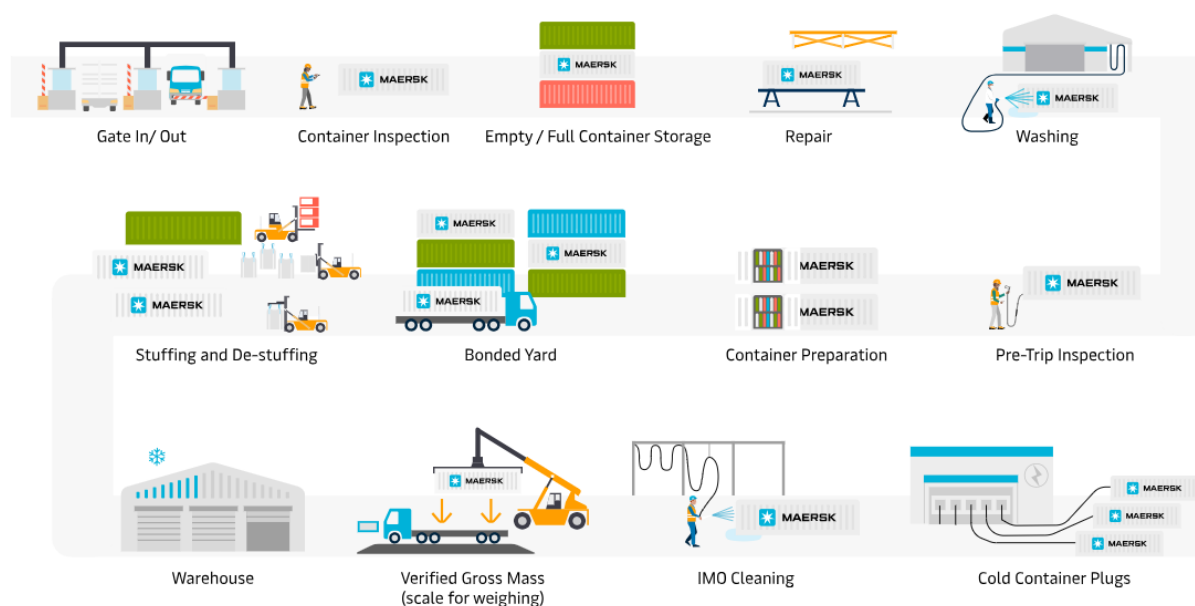
La gestión de contenedores vacíos en almacenes es una faceta crítica de la logística que aunque a menudo pasa desapercibida, impacta directamente en la eficiencia operativa y la sostenibilidad de la cadena de suministro. A continuación, se exploran diversos aspectos teóricos que fundamentan la importancia de una gestión eficiente de estos contenedores.

1.4.1 Cadena de suministro de contenedores vacíos

El movimiento de contenedores vacíos representa un desafío importante dentro de la logística moderna. Según (Crane worldwide logistics, 2024), la industria logística invierte anualmente más de 20 mil millones de dólares en el reposicionamiento de contenedores vacíos, un proceso que consiste en trasladar estas unidades a lugares donde se requieren para nuevas cargas.

Figura 1

Cadena de suministro de contenedores vacíos



Nota. Imagen obtenida de la página de Maersk

En un depósito de contenedores vacíos, esta dinámica se traduce en desafíos

operativos concretos: la falta de organización espacial y de protocolos de rotación provoca congestión en las zonas de recepción, almacenamiento y despacho; genera tiempos de espera variables para los transportistas y reduce la capacidad útil del depósito. Además cuando los contenedores se mezclan sin un criterio de rotación o prioridad de salida, los equipos deben realizar movimientos innecesarios, aumentando los tiempos de manipulación y los riesgos de accidentes (Crane worldwide logistics, 2024).

La eficiencia en la gestión de contenedores vacíos requiere estrategias que permitan prever la demanda, planificar la ubicación de cada contenedor según su rotación y coordinar los flujos internos para minimizar interferencias entre camiones y equipos de manipulación. Implementar estas estrategias no solo reduce costos operativos, sino que también mejora la agilidad de la cadena de suministro, disminuye la congestión y contribuye a un uso más sostenible de los recursos del depósito.

1.4.2 *Modelo ABC*

El método ABC es una técnica de gestión de inventarios que clasifica los ítems según su importancia operativa (valor y/o rotación) en tres grupos: A (críticos y de mayor impacto), B (relevancia intermedia) y C (numerosos, pero de bajo aporte individual). La lógica se inspira en el principio de Pareto que indica que una minoría de referencias suele concentrar la mayoría del valor o de los movimientos por lo que conviene dedicarles más control y recursos (frecuencia de conteo, accesos, reposición) con esta priorización el almacén organiza mejor el espacio y focaliza esfuerzos donde realmente cuenta (Kuuse, 2024).

Figura 2*Gráfica de Pareto*

Nota. Representación gráfica de Pareto o de análisis ABC fuente: (Rosales, 2024)

Aplicado a contenedores vacíos el ABC funciona como guía de layout: los A (alta rotación/salida próxima) se sitúan junto a la puerta con pilas bajas, los B se ubican contiguos para acceder en una maniobra, los C (baja rotación/larga permanencia) van a periferias, sin bloquear corredores. Con esta lógica se reducen movimientos innecesarios y recorridos internos mejora el tiempo de ciclo y aumenta la previsibilidad para el transportista. Además el ABC facilita conteo cíclico con frecuencias diferenciadas (más frecuentes para A que para C) reforzando la exactitud del inventario sin detener la operación (Mecalux, 2020)

Clasificar antes de mover convierte el patio en un sistema más simple, visible y sostenible priorando lo crítico, evitando la mezcla de prioridades en una misma pila y se

alineando el día a día con la demanda real, creando la base para mejoras consistentes en eficiencia y servicio (Kuuse, 2024).

1.4.3 Rotación y organización del ordenamiento de almacenes

El índice de rotación es un indicador fundamental dentro de la gestión de inventarios, pues muestra cuántas veces los productos o contenedores entran y salen del almacén en un periodo específico. Su cálculo se obtiene al dividir el costo de los bienes vendidos entre el valor promedio del inventario durante el mismo intervalo de tiempo (Quickbooks, 2023).

Un índice de rotación elevado suele interpretarse como una administración eficiente del inventario, ya que implica que los productos se venden y reabastecen con rapidez, reduciendo los costos de almacenamiento y el riesgo de que se vuelvan obsoletos. Por el contrario, un índice bajo puede ser señal de acumulación de stock, escasa demanda o fallas en la cadena de suministro (Quickbooks, 2023).

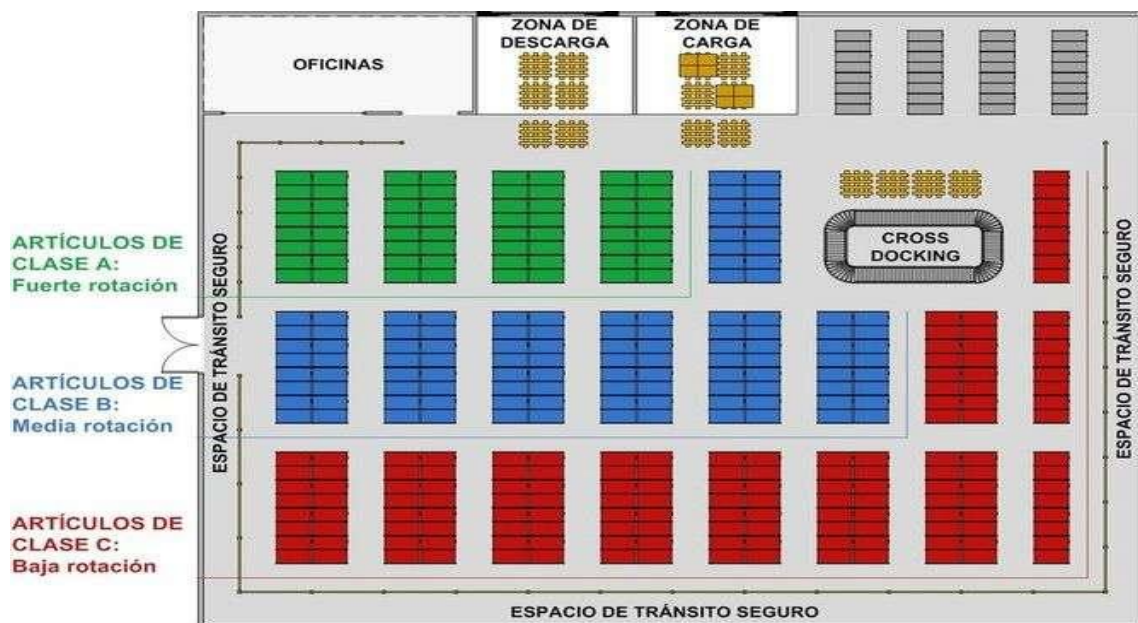
Para mejorar la disposición del inventario y aumentar la rotación, se suele utilizar el método de clasificación ABC. Este enfoque organiza los productos en tres categorías según su relevancia y el nivel de movimiento:

Clase A: artículos de alta rotación y gran valor económico. Aunque son pocos en número, representan la mayor parte del valor del inventario.

Clase B: productos con rotación y valor intermedios.

Clase C: artículos de baja rotación y menor valor, que suelen ser la mayoría del inventario, pero aportan poco al valor total (Mecalux, 2020).

Con base en este análisis, los productos de clase A se ubican en zonas de fácil acceso para agilizar su despacho, mientras que los de clase C se colocan en áreas menos prioritarias, optimizando así el espacio disponible y el uso de recursos (Mecalux, 2019).

Figura 3*Método ABC aplicado en una bodega*

Nota. Imagen bajada de la página (Bengochea, 2024).

Aplicar esta estrategia en un almacén de contenedores vacíos permite reducir movimientos innecesarios, optimizar el espacio disponible y mejorar la eficiencia de la operación logística. Además, contribuye a disminuir los tiempos de espera de los transportistas y facilita el cumplimiento de las ventanas de despacho y recepción que son aspectos fundamentales en la gestión de contenedores vacíos.

1.4.4 Optimización del espacio en almacenes

La optimización del espacio en almacenes es un aspecto fundamental para asegurar la eficiencia operativa, especialmente en almacenes de contenedores vacíos, donde la congestión y la falta de organización afectan directamente la productividad y los tiempos de atención. Según (Cisneros, 2025) optimizar el espacio implica una distribución estratégica de las zonas de almacenamiento, utilizando de manera eficiente la altura disponible y evitando almacenar

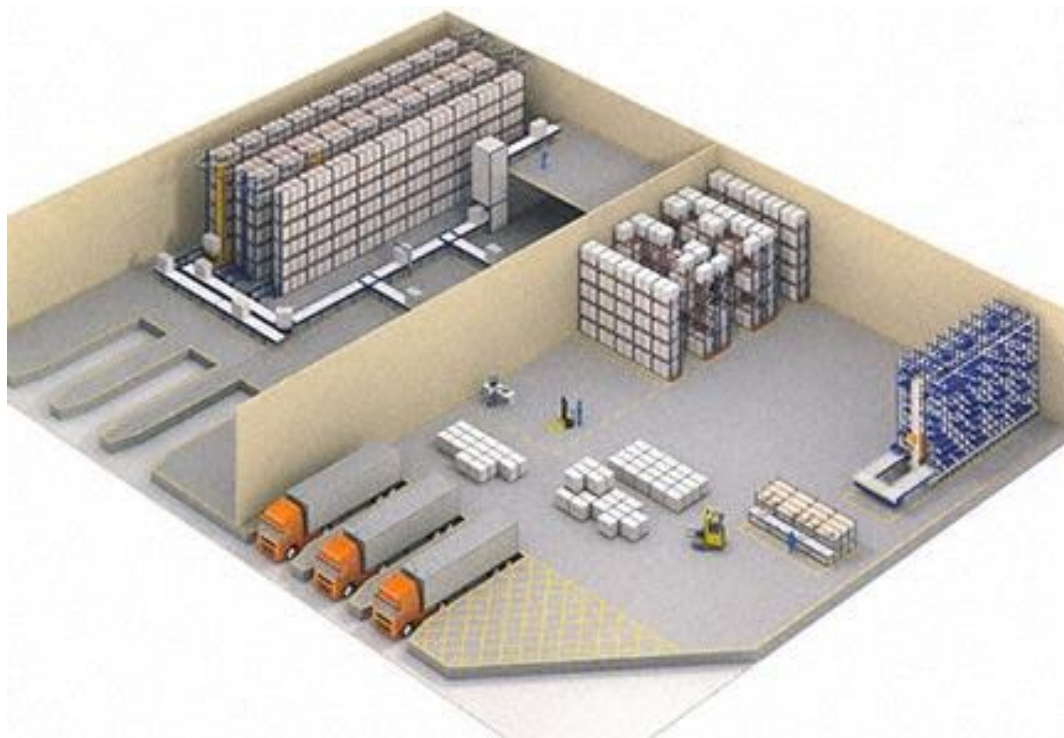
“aire” o espacios vacíos innecesarios, lo que permite maximizar la capacidad de almacenamiento sin requerir ampliaciones físicas del almacén.

En un almacén de contenedores vacíos, la optimización del espacio no solo se limita a la ubicación física de los contenedores, sino también a la secuencia de procesos de recepción, almacenamiento, reparación y despacho. Por ejemplo, los contenedores de alta rotación deben ubicarse cerca de las puertas de salida para reducir el tiempo de manipulación y desplazamientos de equipos, mientras que los de baja rotación pueden almacenarse en zonas más alejadas, optimizando el flujo de trabajo y evitando bloqueos en áreas críticas (Cisneros, 2025).

Asimismo, implementar sistemas de almacenamiento adecuados como estanterías modulares o pilas de contenedores diferenciadas por tipo y tiempo de permanencia permite organizar mejor el inventario y reducir los movimientos innecesarios. Esta estrategia no solo mejora la eficiencia operativa, sino que contribuye a la seguridad del personal y del equipo, disminuyendo los riesgos asociados a maniobras incorrectas y accidentes por congestión en el patio. Así, la combinación de un layout bien diseñado, sistemas de almacenamiento adecuados y tecnologías de control permite que el almacén funcione de manera más ágil, sostenible y eficiente, reduciendo costos operativos y facilitando la rotación rápida de los contenedores vacíos.

1.4.5 Diseño de Layouts en almacenes

El diseño del Layout de un almacén es un factor determinante para la eficiencia de toda la operación logística. Un Layout bien estructurado permite que los procesos de recepción, almacenamiento, preparación y despacho de contenedores se realicen de manera fluida, minimizando tiempos muertos, desplazamiento innecesarios y congestionamiento dentro del almacén (Mecalux, 2015)

Figura 4*Diseño layout 3D*

Nota. Fuente: (Mecalux, 2015)

En un almacén de contenedores vacíos, el diseño del layout adquiere una importancia aun mayor, la falta de organización espacial puede generar mezclas de contenedores de salida inmediata con otros de larga estancia provocando que los equipos tengan que realizar movimientos innecesarios, aumentando el tiempo de ciclo y reduciendo la capacidad útil del depósito. Para evitar esto, se recomienda distribuir los contenedores según su índice de rotación: los de alta rotación cerca de las áreas de despacho y los de baja rotación en zonas secundarias optimizando así los flujos y evitando bloqueos (Mecalux, 2015).

Además, un Layout adecuado facilita la segregación de contenedores especiales, como los refrigerados (reefer), que requieren acceso directo a tomas de energía y áreas seguras para su almacenamiento, también permite planificar rutas internas para los equipos de manipulación

evitando que los camiones y maquinas portacontenedores se crucen, reduciendo riesgos de accidentes y mejorando la seguridad laboral (Mecalux, 2015).

Por otro lado, un diseño Layout es eficiente porque contribuye a la sostenibilidad operativa, ya que optimiza los movimientos de los equipos, disminuye el consumo de combustible y electricidad y reduce la huella de emisiones del almacén. La planificación adecuada del espacio no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite un mejor control del inventario y facilita la implementación de metodologías de mejora continua (Mecalux, 2015).

En resumen, un Layout bien estructurado en un almacén de contendores vacíos permite organizar los espacios de forma estratégica, mejorar la rapidez de los procesos, reducir costos operativos y garantizar un flujo seguro y ágil de contendores, fortaleciendo así la eficiencia de toda la operación logística.

Capítulo 2

2. Metodología

La metodología que se orientó en este proyecto se fundamentó en la necesidad de dar respuesta a la problemática identificada en un almacén de contenedores vacíos durante el periodo de prácticas profesionales. Se constató que la falta de organización y control dificultaba el normal desarrollo de las operaciones logísticas generando saturación en determinadas áreas, acumulación de unidades y tiempos de espera poco predecibles para los transportistas.

El enfoque metodológico se diseñó con el propósito de transformar esas observaciones en insumos para la construcción de una propuesta práctica. Se realizó un análisis descriptivo orientado a explicar cómo se desarrolla la distribución física de contenedores dentro del depósito y cuáles son las principales limitaciones derivadas de layouts heredados y procedimientos poco integrados.

De forma complementaria, se integraron herramientas teóricas y modelos de mejora continua documentados en la literatura especializada, así como el método ABC. Esta referencia se convirtió en la base para plantear una propuesta adaptada a la realidad local con la intención de optimizar el uso del espacio, facilitar la rotación de contenedores y reducir los cuellos de botella que afectan la capacidad operativa del almacén.

En síntesis, la metodología se centró en articular tres puntos claves por un lado la observación directa de la problemática en el contexto de prácticas profesionales, la consulta bibliográfica especializada que permitió respaldar teóricamente la propuesta y un ejemplo con datos simulados. De esta forma fue posible construir lineamientos estratégicos orientados a mejorar la gestión de contenedores vacíos desde una perspectiva práctica y sostenible.

2.1 Enfoque de la investigación

El estudio se sitúa en un enfoque cualitativo porque busca comprender cómo se configura la operación cotidiana en un depósito de contenedores vacíos y traducir esa

comprensión en una propuesta clara de mejora. No pretende medir efectos ni comprobar hipótesis con datos numéricos, su finalidad es mostrar un diseño coherente y ejecutable a partir de cómo se vive el problema.

2.2 Tipo y diseño de investigación

Tipo: cualitativo, propositiva (proyectiva).

Se continuó con el enfoque anterior a partir de la comprensión del fenómeno, se diseñó una respuesta operativa sin pretensión de medición ni prueba empírica.

Diseño: no experimental y documental – conceptual, con estudio de caso proyectivo.

2.3 Población y muestra

En este proyecto, la población de estudio no estuvo conformada por personas, sino por los procesos logísticos vinculados a la gestión de contenedores vacíos en los depósitos. Se observaron las etapas clave de la cadena operativa: recepción, almacenamiento, reparación y despacho. Cada uno de estos procesos fue tratado como una “unidad de análisis” porque representan eslabones críticos donde se generan retrasos, movimientos innecesarios o pérdidas de eficiencia.

La “muestra” correspondió a los procedimientos reales aplicados en los patios de contenedores vacíos, seleccionados en función de su relevancia operativa y de su impacto en la saturación de los espacios. Se analizaron escenarios en los que se identificaron problemas recurrentes, tales como:

- Filas prolongadas en la recepción, debido a controles dispersos.
- Mezcla de contenedores de larga estancia con otros de salida inmediata en el almacenamiento.
- Procesos de reparación sin integración a la planificación diaria, que se convierten en cuellos de botella.

- Despacho sin áreas de stacking cercanas a la puerta, que genera pérdidas de tiempo para transportistas.

La elección de esta muestra de procesos respondió a un criterio intencional más que probabilístico, ya que lo que se buscó fue profundizar en las áreas críticas de la operación para proponer un rediseño concreto. No fue necesario trabajar con un número cerrado de casos, sino con la representación de los procesos que concentran la mayor carga de ineficiencias.

Este enfoque permitió captar la complejidad de la gestión de contenedores vacíos desde una mirada integral, enfocada en las dinámicas del patio y en cómo su diseño influye en la rotación, en los tiempos de ciclo y en la sostenibilidad de las operaciones.

2.4 Métodos y técnicas de recolección de datos

La recolección de información se realizó empleando métodos cualitativos y documentales, complementados con observación directa. El objetivo no fue obtener cifras exactas de productividad, sino comprender cómo se desarrollaban los procesos logísticos en la práctica, identificar los puntos críticos y contrastarlos con la literatura técnica.

En primer lugar, se utilizó la revisión documental, consultando manuales técnicos, informes de organismos internacionales y literatura especializada en logística portuaria y gestión de inventarios. Esta información sirvió para establecer un marco de referencia comparativo, donde se destacaron buenas prácticas aplicadas en otros contextos y recomendaciones de organismos como el Banco Mundial, ISO y referentes de gestión portuaria.

En segundo lugar, se aplicó la observación directa no participativa en patios de contenedores vacíos, con el fin de registrar de manera descriptiva cómo se ejecutaban los procesos de recepción, almacenamiento, reparación y despacho. Esta técnica permitió reconocer la falta de secuencia clara entre etapas, los cruces de flujos de camiones y los tiempos muertos generados por layouts poco funcionales.

Finalmente, la triangulación entre literatura técnica y observación garantizó una recolección de datos más confiable, evitando depender de una sola fuente. Con ello se logró una visión integral que permitió no solo describir los problemas actuales, sino también fundamentar las propuestas de mejora.

2.5 Estructura conceptual y metodología de diseño

La estructura conceptual del proyecto se fundamentó en el método ABC de clasificación de inventarios, aplicado al contexto particular de los contenedores vacíos. Este enfoque permitió segmentar los equipos según su nivel de rotación y prioridad de salida, convirtiéndose en la base para rediseñar la organización del patio y mejorar los flujos operativos.

La clasificación ABC se aplicó considerando que:

Contenedores tipo A: aquellos de alta rotación o que requieren salida inmediata. Debían estar ubicados en áreas cercanas a las puertas de despacho para minimizar tiempos de manipulación.

Contenedores tipo B: de rotación intermedia, situados en espacios accesibles pero secundarios, con un balance entre cercanía y aprovechamiento del área.

Contenedores tipo C: de baja rotación o larga permanencia, almacenados en zonas periféricas o menos críticas, optimizando así el uso del espacio disponible.

La metodología de diseño se desarrolló en fases:

- Diagnóstico inicial, donde se documentó el estado actual del patio, incluyendo layouts heredados y dinámicas de flujo.
- Identificación de cuellos de botella, como cruces de camiones, demoras en recepción o mezclas de contenedores sin criterio de prioridad.
- Clasificación de contenedores bajo el método ABC, para definir zonas específicas dentro del patio de acuerdo con su nivel de rotación.

- Rediseño del layout operativo, ubicando estratégicamente las áreas de recepción, reparación y despacho, con énfasis en accesibilidad para los contenedores de alta rotación.
- Validación conceptual de la propuesta, contrastando el modelo con prácticas recomendadas en la literatura y experiencias previas en logística portuaria.

De esta forma, la propuesta metodológica no se limitó a un cambio físico en el espacio, sino que representó un modelo de gestión aplicable a distintos depósitos de contenedores vacíos, orientado a reducir movimientos innecesarios, optimizar el tiempo de ciclo y mejorar la eficiencia operativa.

2.6 Recopilación y examinación de la información

La recopilación de la información se realizó de manera sistemática, enfocándose en los procesos operativos que conforman la gestión de contenedores vacíos. En primer lugar, se levantó un registro descriptivo de los flujos actuales de recepción, almacenamiento, reparación y despacho. Este registro incluyó la secuencia de actividades, los tiempos estimados de atención y la identificación de áreas críticas dentro del patio.

Posteriormente, se procedió a la examinación comparativa de los datos obtenidos con los referentes teóricos y técnicos. En este análisis se contrastó lo observado con las prácticas recomendadas en la literatura logística, especialmente en lo relacionado con la aplicación del método ABC en la clasificación de inventarios. Este contraste permitió identificar que la falta de segmentación por niveles de rotación ocasionaba movimientos innecesarios, congestión en las zonas centrales y retrasos en los ciclos de camiones.

Asimismo, la información recolectada se organizó en categorías de análisis, vinculadas directamente al objetivo del proyecto:

- Ubicación y accesibilidad de los contenedores según su frecuencia de salida.
- Secuencia de procesos en recepción, almacenamiento y despacho.

- Impacto de la falta de clasificación ABC en la eficiencia operativa.
- Factores de riesgo asociados a la manipulación innecesaria de equipos.

La examinación de esta información permitió visualizar un mapa claro de las ineficiencias actuales, evidenciando que la mezcla indiscriminada de contenedores sin criterios de prioridad era la principal causa de saturación en el patio. De este modo, se fundamentó la necesidad de reestructurar el layout operativo bajo un esquema ABC, garantizando que los contenedores de alta rotación se ubiquen estratégicamente y los de baja rotación ocupen espacios secundarios.

2.7 Caracterización y elección de enfoques analíticos

La caracterización de la información recolectada se realizó organizando los procesos del depósito de contenedores vacíos según su grado de impacto en la rotación y disponibilidad operativa. Esta caracterización permitió distinguir con claridad qué actividades eran críticas para la eficiencia del sistema y cuáles podían considerarse secundarias.

El enfoque analítico elegido fue el método ABC, aplicado como herramienta principal para jerarquizar los contenedores en función de su frecuencia de salida y su valor operativo dentro del patio. A diferencia de otros métodos de gestión, el ABC resultó idóneo porque se ajusta a entornos donde el volumen de unidades es elevado, pero no todas poseen la misma relevancia logística.

Para la aplicación del análisis se definieron tres niveles:

Categoría A: contenedores con alta rotación y prioridad de salida. Su mal manejo ocasionaba congestión inmediata y pérdidas de tiempo.

Categoría B: contenedores de rotación intermedia, cuyo peso operativo era relevante pero no determinante en la saturación.

Categoría C: contenedores de baja rotación o larga permanencia, que generaban acumulación en áreas centrales sin aportar a la agilidad del flujo.

El análisis se centró en observar cómo la ausencia de esta clasificación producía cruces de flujos, rehandles innecesarios y tiempos de ciclo elevados para los camiones. Con ello, se justificó que la adopción del ABC no solo organiza el inventario, sino que se convierte en una estrategia de diseño del layout, al permitir ubicar cada categoría en zonas diferenciadas y evitar interferencias en la operativa diaria.

De esta manera, la elección del enfoque analítico ABC respondió a su capacidad de traducir la teoría de clasificación en mejoras prácticas del patio, ofreciendo una base sólida para el rediseño logístico planteado en este proyecto.

2.8 Uso de instrumentos

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon principalmente instrumentos de análisis documental y herramientas de clasificación logística orientadas a aplicar el método ABC en el contexto de los contenedores vacíos.

En primer lugar, se utilizaron matrices de categorización, que permitieron organizar la información recopilada sobre los movimientos y permanencia de los contenedores. Estas matrices se estructuraron con base en los criterios del método ABC, asignando a cada contenedor una categoría (A, B o C) según su nivel de rotación. Este instrumento facilitó la representación visual de los patrones de permanencia y evidenció la necesidad de diferenciar zonas dentro del patio.

En segundo lugar, se aplicaron diagramas de flujo operativo, elaborados para identificar los cruces de camiones y los cuellos de botella presentes en la secuencia de recepción, almacenamiento y despacho. Estos diagramas no solo permitieron observar la situación actual, sino también proyectar escenarios futuros bajo la reorganización propuesta con el ABC.

Asimismo, se recurrió a la revisión bibliográfica sistemática, considerada un instrumento clave para contrastar la propuesta con prácticas recomendadas por autores y

especialistas en logística. Este recurso permitió validar que el uso del ABC en almacenes y patios de contenedores ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir costos, mejorar la accesibilidad y optimizar los tiempos de operación.

Finalmente, como complemento, se utilizó un cuadro comparativo de alternativas de solución, en el cual se analizaron diferentes propuestas preliminares, contrastando sus ventajas, limitaciones y niveles de impacto. Este instrumento reforzó la decisión de aplicar el método ABC como base del rediseño del patio, al evidenciar que era la alternativa más coherente y sostenible frente a las necesidades detectadas.

En conjunto, estos instrumentos facilitaron la organización y el análisis de la información recolectada, permitiendo identificar patrones de rotación, tiempos de permanencia y zonas críticas dentro del patio. Gracias a ello fue posible contar con una base estructurada para aplicar el método ABC y sustentar el rediseño del layout.

2.9 Diseño detallado del modelo de layout propuesto

El diseño del modelo de layout se fundamentó en la aplicación del método ABC, el cual permitió reorganizar los espacios del patio en función de la prioridad de salida y la frecuencia de rotación de los contenedores vacíos. A partir del diagnóstico inicial, se elaboró un mapa del flujo actual y luego se reestructuraron las zonas de almacenamiento bajo tres categorías:

- Zona A (alta rotación): contenedores con salida prioritaria, ubicados en áreas cercanas a las puertas de despacho para garantizar tiempos de respuesta ágiles y minimizar maniobras adicionales.
- Zona B (rotación intermedia): equipos con permanencia moderada, situados en espacios de acceso medio que permiten equilibrar disponibilidad con optimización del área.

- Zona C (baja rotación): contenedores de larga permanencia, almacenados en áreas periféricas o menos transitadas, evitando que interfieran con la operativa diaria.

El modelo de layout también definió rutas unidireccionales para camiones, con el objetivo de reducir cruces innecesarios que generan riesgos de accidentes y demoras. De igual manera, se establecieron áreas diferenciadas para contenedores en reparación, asegurando que estas operaciones no interrumpan la secuencia principal de recepción y despacho.

La propuesta se diseñó bajo una lógica escalable: su implementación no requiere inversiones inmediatas en infraestructura, sino la redistribución inteligente de los espacios ya existentes. Esto lo convierte en un modelo replicable y adaptable a diferentes depósitos con características similares, alineado con los objetivos de eficiencia operativa y sostenibilidad.

En resumen, el modelo de layout basado en el método ABC transformó un sistema desordenado en un esquema organizado y previsible, donde cada contenedor se ubica estratégicamente según su nivel de rotación, contribuyendo a la reducción de movimientos innecesarios, al ahorro de tiempo y a la mejora general de la gestión logística.

2.10 Justificación de los métodos y el diseño escogidos

La elección del método ABC como herramienta principal se justificó en la necesidad de contar con un criterio claro y práctico para clasificar los contenedores vacíos según su nivel de rotación y prioridad de salida. A diferencia de otros enfoques más complejos o de difícil implementación, el ABC permite establecer categorías simples (A, B y C) que facilitan la toma de decisiones operativas y la reorganización de los espacios del patio.

Este método se ajustó al objetivo del proyecto porque la problemática identificada no se relacionaba con la falta de infraestructura, sino con la ausencia de una lógica de distribución interna que diferenciara los contenedores según su importancia operativa. La aplicación del ABC ofreció una base objetiva para reorganizar el layout y reducir los

movimientos innecesarios, lo que se traduce en menores tiempos de ciclo para los camiones, mayor capacidad útil del patio y mejor previsibilidad en las operaciones.

Por otro lado, el diseño de layout propuesto se justificó porque permite transformar un espacio desordenado en un modelo funcional sin requerir inversiones significativas en infraestructura adicional. Al redistribuir inteligentemente los contenedores según su clasificación, se optimiza el uso del espacio existente y se garantiza una operación más ágil.

Además, este enfoque se encuentra alineado con prácticas internacionales de logística portuaria, donde la gestión eficiente de inventarios y la organización por prioridades se consideran factores clave para mejorar la competitividad y reducir costos. Implementar un modelo basado en el ABC no solo responde a las necesidades inmediatas del depósito, sino que también abre la posibilidad de estandarizar procedimientos y replicar la solución en otros patios con características similares.

En conjunto, la justificación del método y el diseño radica en que ambos se complementan: el ABC aporta el criterio de clasificación, mientras que el layout proporciona la estructura física y operativa para materializarlo, generando un modelo integral, realista y sostenible.

2.11 Características del modelo de layout final

El modelo de layout final se caracterizó por ser funcional, ordenado y adaptable, respondiendo directamente a las necesidades identificadas en la gestión de contenedores vacíos. Su diseño se centró en optimizar el uso del espacio, reducir movimientos innecesarios y facilitar la rotación según la prioridad definida con el método ABC.

Entre sus principales características se destacan:

2.11.1 Distribución por categorías (ABC):

- Zona A: contenedores de alta rotación, ubicados en áreas cercanas a los accesos de salida, con espacios despejados para maniobras rápidas.

- Zona B: contenedores de rotación intermedia, situados en espacios con buena accesibilidad, pero no tan inmediatos como la zona A.
- Zona C: contenedores de baja rotación o larga permanencia, almacenados en áreas periféricas, liberando el centro del patio para operaciones más dinámicas.

2.11.2 Diseño de rutas de tránsito claras:

Se establecieron recorridos unidireccionales para los camiones, minimizando cruces de flujos y mejorando la seguridad en el movimiento de equipos.

Segregación de áreas críticas: se asignaron espacios específicos para contenedores en reparación, evitando que estas actividades interfieran con la secuencia principal de recepción y despacho.

2.11.3 Escalabilidad y replicabilidad:

El modelo fue diseñado para adaptarse a depósitos de distintos tamaños, sin necesidad de infraestructura nueva. Su lógica se basa en la redistribución inteligente del espacio existente, lo que facilita su aplicación en otros patios con características similares.

2.11.4 Enfoque en la eficiencia operativa:

Al priorizar los contenedores de mayor rotación, se logró reducir tiempos de ciclo, agilizar las maniobras y mejorar la capacidad útil del patio.

2.11.5 Contribución a la sostenibilidad:

Al disminuir movimientos internos innecesarios, el modelo favorece la reducción de consumo de combustible y de emisiones, alineándose con objetivos de eficiencia ambiental.

En síntesis, el modelo de layout final no solo reorganizó físicamente el espacio, sino que instauró una lógica operativa clara y predecible, en la que cada contenedor se ubica estratégicamente de acuerdo con su nivel de rotación. Esto permitió convertir un sistema desordenado en un esquema eficiente, seguro y sostenible.

Dado el carácter no experimental de este estudio y con fines exclusivamente demostrativos el capítulo 3 presenta un ejemplo aplicado con datos simulados del método ABC para ilustrar la lógica de clasificación y su traducción al layout. Dichos datos no provienen de medición operativa real, sino que buscan mostrar la aplicabilidad práctica del modelo propuesto.

2.12 Aspectos éticos y legales

Durante el desarrollo de este proyecto se consideraron principios éticos y normativos que garantizan la transparencia, la veracidad y el respeto en la gestión de la información utilizada. En primer lugar, la recolección de datos se realizó de manera responsable, evitando la publicación de información confidencial o sensible de empresas. El análisis se limitó a la observación de procesos logísticos generales y a fuentes bibliográficas de acceso público, lo que asegura que no se vulneren derechos de terceros.

Desde el punto de vista legal, la propuesta respeta la normativa vigente en el ámbito portuario y logístico ecuatoriano, así como las disposiciones internacionales vinculadas a la seguridad y eficiencia en la gestión de contenedores. Aunque el proyecto se enmarca en un nivel académico y no en una implementación inmediata, se cuidó que el modelo de layout propuesto sea coherente con estándares de seguridad laboral, regulaciones ambientales y prácticas recomendadas por organismos internacionales.

Adicionalmente, se garantizó la imparcialidad en el análisis, evitando sesgos que favorezcan a una empresa específica. La propuesta tiene un carácter académico y formativo, orientado a fortalecer el conocimiento y a ofrecer alternativas de mejora aplicables a diferentes depósitos de contenedores vacíos.

En síntesis, el cumplimiento de los aspectos éticos y legales se convirtió en un eje transversal del proyecto, asegurando que el trabajo no solo tenga rigor académico y técnico, sino que también se sustente en valores de responsabilidad, respeto y transparencia.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Introducción al capítulo

Este capítulo presentó los resultados del diagnóstico cualitativo de la operación en el depósito de contenedores vacíos y su lectura a la luz de buenas prácticas logísticas. El análisis se centró en cómo funcionaba realmente el patio y en qué ajustes se proyectaron al aplicar el método ABC como criterio para ordenar el inventario y reflejarlo en el espacio físico mediante un modelo de layout.

La información se obtuvo mediante observación directa no participativa, registros descriptivos de flujos y entrevistas exploratorias con personal operativo, complementadas con revisión documental. Con ello se reconstruyó el estado actual: puntos de cruce, rehandles, saturación del núcleo del patio y decisiones “por disponibilidad” que no consideraban la prioridad de salida. Esa evidencia permitió identificar la ausencia de un criterio de rotación como causa principal de la variabilidad en los tiempos de atención.

Para facilitar la lectura, los resultados se organizaron por objetivos específicos: primero se describió la distribución física y la lógica de decisión; luego se caracterizaron los cuellos de botella; y, finalmente, se presentó la integración del ABC traducida en zonas A–B–C, rutas unidireccionales y stacking en recepción y salida. El capítulo cerró con los beneficios esperados, los indicadores de seguimiento propuestos y la verificación del objetivo general, mostrando un camino práctico para operar con mayor rotación, seguridad y previsibilidad.

3.2 Estado actual de la distribución física de contenedores

Para reconstruir el estado actual se trabajó con observación directa no participativa y registros descriptivos de flujo. Esto permitió mirar la operación tal como ocurría en el patio y reconocer patrones que explicaron la pérdida de agilidad.

3.2.1 Recepción

Se evidenció que la llegada de camiones se concentró en ventanas irregulares y sin

zona de pre- stacking Como resultado, aparecieron filas intermitentes y tiempos muertos entre la verificación documental y la inspección visual. Además, no hubo carriles diferenciados por tipo o condición del contenedor, de modo que, ante picos de ingreso, las decisiones fueron ad hoc.

3.2.2 Almacenamiento

Se confirmó la mezcla de prioridades: contenedores con salida inminente compartieron pila con equipos de larga permanencia. La ubicación se resolvió “por espacio disponible”, sin un criterio de rotación ni de accesibilidad a la salida. Esto cargó el núcleo del patio y dejó periferias subutilizadas.

3.2.3 Reparación / preparación

El taller funcionó de forma reactiva: ingresó unidades por urgencia operativa sin cola priorizada. Los traslados hacia y desde reparación cruzaron corredores de recepción y salida, provocando detenciones y contraflujos en la línea principal.

3.2.4 Despacho

No existió una zona de pre- carga próximo a la puerta que ordenara la secuencia de salida. Cuando llegaba el transportista, se requerían maniobras adicionales para “liberar” el contenedor. También se observaron rutas bidireccionales con puntos de cruce en zonas de baja visibilidad.

3.2.5 Síntesis del estado actual

El patio operó bajo una lógica de disponibilidad de espacio, no dé prioridad de salida. Esa ausencia de criterio derivó en movimientos innecesarios, recorridos internos largos y tiempos de ciclo variables. La causa raíz se asoció a la falta de una clasificación operativa (ABC) reflejada físicamente en el layout.

El levantamiento del estado actual mostró una operación gobernada por la disponibilidad de espacio y no por prioridad de salida. La recepción trabajó con ventanas irregulares y sin pre-

stacking, lo que generó filas intermitentes; el almacenamiento mezcló prioridades en las mismas pilas, saturando el núcleo del patio; la reparación funcionó de forma reactiva e interrumpió el flujo principal; y el despacho careció de un stacking cercano a la puerta. En conjunto, estos elementos explicaron los rehandles, los recorridos internos largos y la variabilidad de los tiempos de ciclo. La causa raíz no fue la infraestructura, sino la ausencia de una clasificación operativa (ABC) reflejada en el layout, lo que justificó rediseñar el patio partiendo de la rotación real de los contenedores.

3.3 Cuellos de botella

Identificar los principales cuellos de botella que limitan la rotación y reducen la capacidad útil. Estos cuellos de botella se caracterizaron por impacto en rotación y frecuencia dando como resultado:

Tabla 1

Cuellos de botella identificados

	Cuellos de botella	Efecto operativo	Causa probable	Impacto en rotación	Frecuencia observada
1	Mezcla de prioridades en pilas	Bloque para la extracción urgente y mayor tiempo de localización	Falta de un esquema de clasificación por prioridad.	ALTO	ALTA
2	Ausencia de zona de despacho en recepción y salida	Filas erráticas y maniobras adicionales en el despacho	Falta de áreas buffer cerca de garita/puerta	ALTO	ALTA

3	Rutas bidireccionales y cruces	Detenciones por dar paso, riesgos operativos y tiempos de ciclo más largo	Transito sin unidireccional ni segregación de corredores	MEDIO- ALTO	MEDIA
4	Taller de reparación no integrado al flujo	Movimientos transversales que interrumpen la línea principal	Atención reactiva sin correlación con prioridades de despacho.	MEDIO	MEDIA
5	Concentración en el núcleo	Saturación en el patio y recorridos excesivos hasta la puerta.	Criterio de ubicación por cercanía inmediata, no por rotación	ALTO	ALTA
6	Variabilidad por criterio individual	Desempeño dependiente del turno: resultados dispersos.	Ausencia de reglas simples y visibles para decidir	MEDIO	MEDIA

La matriz de impacto–frecuencia permitió priorizar los cuellos de botella críticos. Con impacto y frecuencia altos quedaron: (1) la mezcla de prioridades en pilas y (2) la ausencia de stacking en recepción y salida; ambos explican buena parte de los tiempos muertos y de los rehandles. Luego aparecieron, con impacto medio-alto o medio, las rutas bidireccionales y el taller no integrado, que añaden detenciones y cruces al flujo principal. Finalmente, la

concentración en el núcleo y la variabilidad por criterio individual completaron el cuadro, evidenciando que, sin reglas simples y visibles de ubicación, la operación depende del turno y vuelve impredecible la atención. Esta priorización dejó claro dónde actuar primero y reforzó la pertinencia de clasificar y ordenar el espacio bajo el método ABC.

3.4 Aplicación de la herramienta ABC para el diseño del centro de distribución

Que indica este objetivo: integrar la herramienta de mejora continua (ABC) para estandarizar y mantener las buenas prácticas en el manejo de los contenedores vacíos. Este método se operativizó en dos planos inseparables: clasificación y diseño de Layout.

3.4.1 Clasificación ABC (criterios operativos)

- Categoría A (alta rotación / salida prioritaria): contenedores requeridos en ventanas próximas; su ubicación debía garantizar acceso directo a rutas de salida y pilas bajas.
- Categoría B (rotación intermedia): equipos con permanencia moderada; ubicados contiguos a A, con acceso en una maniobra.
- Categoría C (baja rotación / larga permanencia): unidades programables; destinadas a periferia o fondos del patio.

3.4.2 Layout basado en ABC (zonificación y tránsito)

- Zona A: franja frontal colindante a la puerta; corredores amplios, radios de giro cómodos y ausencia de obstáculos.
- Zona B: anillos secundarios, con rutas laterales para evacuar hacia la salida sin cruzar con recepción.
- Zona C: fajas periféricas de mayor densidad permitida, sin ocupar corredores principales ni bordear la puerta.

- Rutas unidireccionales: ingreso y salida en sentidos separados; flechado simple y puntos de parada definidos.
- stacking doble: stacking de recepción cerca de la garita para absorber picos
stackin de salida: Zona A para ordenar la cola de despacho.
- Reparación segregada: corredor dedicado entre Zona C y taller, evitando atravesar la línea principal.

3.4.3 *Reglas de operación estandarizadas (visibles y aplicables)*

- “A junto a salida”: ningún contenedor A fuera de la franja principal.
- “B a un salto”: B siempre a una maniobra de A.
- “C no bloquea”: C nunca ocupa corredores troncales ni bordea la garita/puerta.
- “Reparación no cruza”: traslados a taller por corredor exclusivo.

A modo demostrativo y dado el carácter no experimental de este estudio, a continuación, se presenta un ejemplo aplicado con datos simulados del método ABC. Con el fin de ilustrar de forma didáctica como la clasificación por rotación se tradujo en zonas del layout, rutas y secuencias de despacho, sin que estos datos representen mediciones reales.

3.4.4 *Ejemplo aplicado del método ABC con datos simulados*

Este ejemplo se incluyó solo con fines ilustrativos para mostrar el paso a paso del cálculo ABC y su impacto directo en el diseño del layout. La simulación contempla siete tipos de contenedores con una frecuencia mensual total de 730 movimiento.

Datos. A continuación se muestra una lista simulada de contenedores que ingresan al depósito y su frecuencia de rotación en un periodo de 1 mes (en unidades).

Tabla 2*Data simulada*

Tipo de contenedor	Frecuencia de rotación mensual (ingreso/salida)
Contenedor 20 pies high cube	100
Contenedor 40 pies high cube	80
Contenedor 20 pies estándar	300
Contenedor 40 pies estándar	150
Contenedor refrigerado	50
Contenedor de plataforma	20
Contenedor open top	30

Clasificación ABC. Con estos datos simulados se aplica el análisis ABC para poder clasificar los contenedores según su rotación y demanda:

- Se ordenan los tipos de contenedores por frecuencia de rotación de mayor a menor.

Tabla 3*Data ordenada según su frecuencia*

Tipo de contenedor	Frecuencia mensual
Contenedor 20 pies estándar	300
Contenedor 40 pies estándar	150
Contenedor 20 pies high cube	100
Contenedor 40 pies high cube	80
Contenedor refrigerado	50
Contenedor open top	30
Contenedor de plataforma	20

Luego se calculó el porcentaje total y el porcentaje acumulado de la rotación para luego aplicar los principios del método ABC

Tabla 4*Porcentaje acumulado*

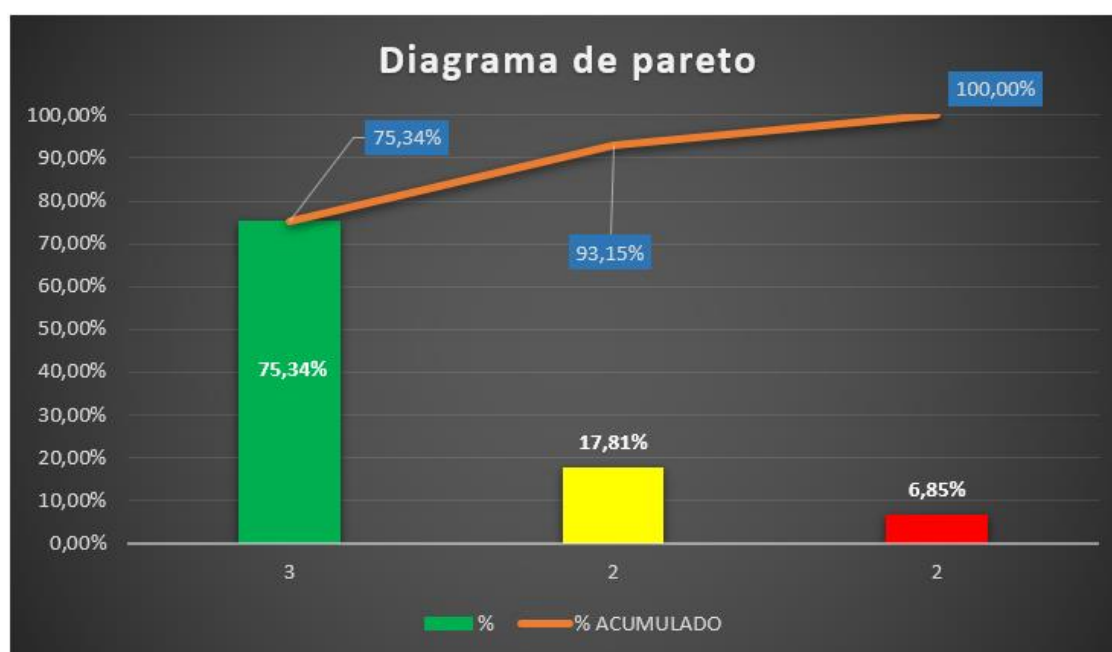
Tipo de contenedor	Frecuencia mensual	Rotación acumulada	% Valor	% Valor acumulado	Clasificaci	%
Contenedor 20 pies estándar	300	300	41,10	41,10	A	75,34
Contenedor 40 pies estándar	150	450	20,55	61,64	A	
Contenedor 20 pies high cube	100	550	13,70	75,34	A	
Contenedor 40 pies high cube	80	630	10,96	86,30	B	17,81
Contenedor refrigerado	50	680	6,85	93,15	B	
Contenedor open top	30	710	4,11	97,26	C	6,85
Contenedor de plataforma	20	730	2,74	100,00	C	
Total	730		100,00			

Tabla 5*Resumen de clasificación*

Zona	N° element	% valor	% acumulado	%	% acumulado
0 - 80%	3	43	43	75,34	75,34
80% - 95%	2	29	71	17,81	93,15
95% - 100%	2	29	100	6,85	100,00
TOTAL	7	100		100,00	

De 730 movimientos los A concentran un 75,3% del flujo, los B suman un 17,8% y los C apenas 6,8%. Lo que significa que tres tipos mueven tres cuartas partes de la operación y deben tener trato preferente en el patio.

3.4.5 Pareto ABC con porcentaje acumulado

Figura 5*Diagrama de pareto*

El diagrama de Pareto muestra una concentración marcada del flujo con solo 3 ítems se explica el 75,34% del total, al sumar los dos B el acumulado llega a 93,15% y los 2 C completan el 100% con un aporte marginal del 6,85%.

La curva acumulada se eleva rápido al principio y se aplana después de A, señal de un patrón tipo 80/20 quiere decir que pocos tipos dominan el movimiento, mientras que el resto conforma una cola larga de baja incidencia. En otras palabras, la variabilidad global está fuertemente influida por A y, en menor medida, por B; C tiene impacto residual sobre el total.

3.4.6 Clasificación final basada en el porcentaje acumulado

Zona A - alta rotación

- Contenedores: 20 pie estándar, 40 pie estándar, 20 high cube
- Ubicación: Deben estar cerca de la entrada/salida del depósito, la zona A debe ser accesible de inmediato para evitar largos tiempos de espera.
- Disposición: pueden alinearse de manera lineal y de fácil acceso utilizando el sistema FIFO (primero en entrar – primero en salir) para asegurar que se muevan rápidamente.

Zona B – rotación media

- Contenedores: refrigerados y 40 pies high cube
- Ubicación: Deben estar ubicados en una zona que este algo mas alejada de la entrada, pero aun accesible con facilidad.
- Disposición: pueden estar en estanterías con espacio suficiente para movimientos regulares, aunque no tan fácil acceso como los de la zona A.

Zona C – baja rotación

- Contenedores: open top y de plataforma
- Ubicación: se deben almacenar en la zona más lejana del depósito, ya que tienen una rotación baja y no se mueven frecuentemente.

- Disposición: pueden apilarse de manera ordenada pero fuera de las áreas de alto tráfico, se deben considerar estanterías que permitan el fácil acceso si es necesario, pero sin ocupar espacio innecesario cerca de las áreas de alta rotación.

3.4.7 Beneficios esperados tras integrar ABC

- Eficiencia: reducción de movimientos innecesarios al evitar mezclar prioridades; trayectos más cortos para A; menos detenciones por cruces.
- Seguridad: menos puntos de cruce y menor exposición a maniobras en zonas ciegas.
- Capacidad útil del patio: descongestión del núcleo y aprovechamiento de periferias para C.
- Sostenibilidad: menos movimientos sin valor y marcha lenta, con impacto positivo en consumo y emisiones.

Indicadores de seguimiento (para operación continua)

- Tiempo de ciclo (ingreso–salida) por contenedor atendido.
- Movimientos innecesarios promedio para extraer un A.
- Distancia interna recorrida por retiro.
- Ocupación de zonas centrales vs. periféricas.
- Tiempo de espera en recepción y en stacking de salida.
- Incidentes reportados por cruces/contraflujos.

Análisis del capítulo 3: Este capítulo pasa del diagnóstico a la acción. Al clasificar los contenedores en A, B y C entendí que el problema no era solo de espacio, sino de prioridad: cuando los que deben salir primero están lejos o mezclados, la operación se vuelve lenta e impredecible. Traducir esa prioridad al layout (Zona A en la zona de carga, B como

anillo de soporte y C en periferias), más rutas en un solo sentido, ordena el patio en un lenguaje que todos pueden seguir a simple vista.

El ejemplo con datos simulados fue clave para visualizar la lógica sin depender de mediciones reales: mostró que unos pocos tipos concentran la mayor parte del movimiento y, por eso, conviene tenerlos a mano. Con reglas sencillas y visibles (“A junto a zona de carga”, “B a un salto”, “C no bloquea”), el trabajo diario se simplifica: menos maniobras innecesarias, menos cruces y una cola de despacho más estable. En términos prácticos, el equipo sabe dónde está lo que toca salir, se evita “buscar” o “desarmar pilas” y el transportista sale antes.

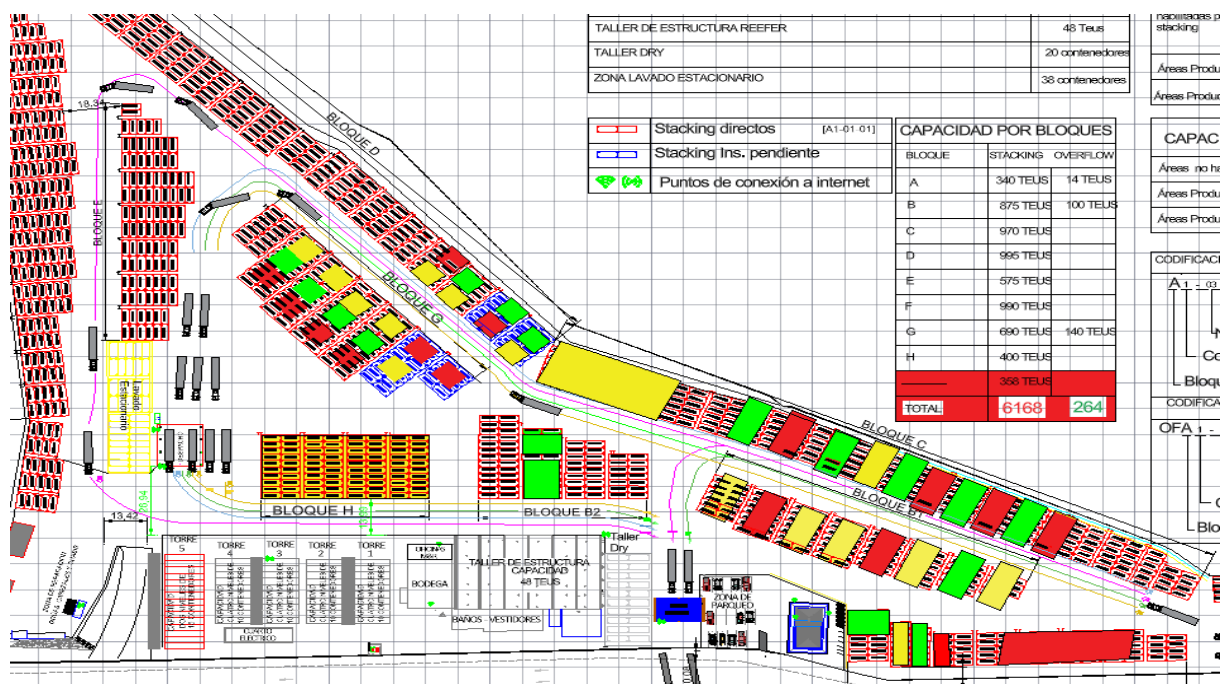
En conjunto, el capítulo demuestra que clasificar antes de mover y reflejarlo en el plano es suficiente para ganar agilidad, orden y seguridad sin exigir obras mayores. A partir de aquí, la operación puede medir y ajustar con los indicadores propuestos, pero la base ya quedó clara: un patio simple de leer, fácil de cumplir y coherente con la demanda real.

3.5 Resultados del objetivo general

El objetivo general buscó diseñar un modelo de layout que permita optimizar la rotación de contenedores vacíos y ordenara el flujo diario sin requerir inversiones significativas en infraestructura. Con base en el estado actual que se encuentra el depósito (3.2), la priorización de cuellos de botella (3.3) y la integración del método ABC con un ejemplo aplicado en base a datos simulados (3.4), los resultados mostraron que la clasificación por rotación (A–B–C) y su traducción al espacio físico permiten pasar de una operación gobernada por la “disponibilidad de espacio” a un sistema con prioridad operativa visible, rutas claras y menor interferencia entre procesos.

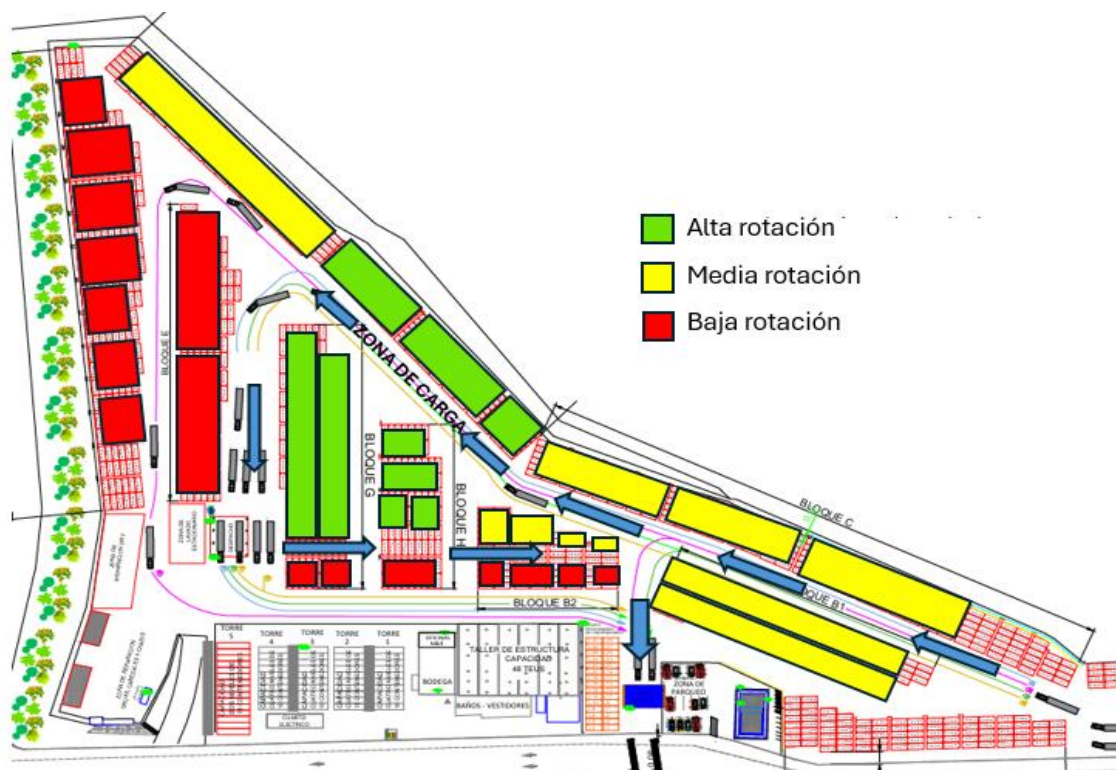
Figura 6

Lavout actual



Nota. Fotografía de uso autorizado, fuente confidencial.

En el escenario actual se constató mezcla de prioridades en las pilas, rutas bidireccionales con cruces y taller dentro de la trayectoria principal; todo ello derivó en rehandles, recorridos largos y tiempos de ciclo variables. Al aplicar el ABC, las zonas del patio se reorganizaron con una lógica simple: A junto a la salida (alta rotación), B contiguo (intermedia) y C en periferia (baja), con stacking de recepción y salida, rutas unidireccionales y taller segregado con corredor dedicado. La lectura del ejemplo ABC (Tabla 3.3) respaldó la decisión: pocos tipos concentran la mayor parte del movimiento, por lo que su ubicación preferente es determinante para la agilidad.

Figura 7*Layout propuesto*

Nota. Fotografía de uso autorizado, fuente confidencial, Modificado por los autores.

Estimación simple del impacto.

Por ejemplo, si hoy en día se estima que un camión puede pasar alrededor de 90 minutos dentro de un patio porque el contenedor que necesita no siempre está a mano y hay que “dar vueltas” para ubicarlo o mover otros antes. Con el layout ABC, el patio queda organizado por prioridades: los contenedores que salen primero están más cerca de la salida, los intermedios un poco más atrás y los de baja rotación en zonas periféricas. Además, se marcan rutas en un solo sentido y se usa un espacio de orden antes de despachar, para que la cola no se desordene.

Con ese orden, se estima que el tiempo promedio bajaría a unos 57 minutos. ¿Qué se nota en el día a día? Menos maniobras, menos búsquedas, filas más estables y el transportista salen antes. En pocas palabras: todos saben dónde está lo que toca salir y el despacho de

vacíos fluye mejor.

Resultado integrador.

El modelo propuesto cumplió el objetivo general:

- Operación más ágil y predecible: la prioridad se volvió visible en el layout (A–B–C), reduciendo maniobras sin valor y detenciones por cruces.
- Mejor uso del espacio: se descongestionó el núcleo y se aprovechó la periferia para baja rotación, evitando bloqueos en corredores troncales.
- Seguridad y orden: el tránsito unidireccional y la segregación del taller disminuyeron interacciones de riesgo.
- Viabilidad y replicabilidad: los cambios se lograron mediante redistribución y reglas simples, sin inversión inmediata en obra civil, lo que facilita replicar el esquema en patios similares.

De esta forma, “clasificar antes de mover” dejó de ser una consigna teórica para convertirse en un diseño concreto que alinea la prioridad de salida con la geografía del patio, creando las condiciones para sostener mejoras en rotación, servicio y sostenibilidad. Los indicadores de seguimiento ya definidos (tiempo de ciclo, movimientos extras por retiro de A, ocupación centro vs. periferia, esperas en recepción/salida e incidentes por cruces) permitirán validar y ajustar el desempeño en operación real.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones

Tras el recorrido metodológico y la integración del método ABC al diseño del patio, se concluye que:

- El diagnóstico confirmó que la operación estaba dominada por la disponibilidad de espacio y no por prioridad de salida. Esto derivó en mezcla de contenedores urgentes con otros de larga permanencia, rehandles, recorridos extensos y tiempos de ciclo variables. La causa raíz fue la falta de una clasificación operativa reflejada en el layout.
- La matriz d impacto–frecuencia priorizó como cuellos críticos la mezcla de prioridades en pilas y la ausencia de stacking en recepción y salida; les siguieron las rutas bidireccionales y el taller no integrado. Esta lectura ordenada mostró dónde actuar primero para recuperar rotación y capacidad útil.
- Integrar el ABC permitió materializar la prioridad en el espacio: Zona A junto a la salida (alta rotación), Zona B contigua (intermedia) y Zona C en periferia (baja), con rutas unidireccionales, stacking en ambos extremos y taller con corredor dedicado. El ejemplo simulado evidenció una concentración clara de movimientos en pocos tipos (patrón Pareto), lo que valida la zonificación propuesta.
- El modelo de layout cumple el propósito del proyecto: hace la operación más ágil y predecible, descongestiona el núcleo, mejora la seguridad al reducir cruces y es viable porque requiere principalmente redistribución y reglas simples, no inversión inmediata en infraestructura. Con los indicadores definidos (tiempo de ciclo, rehandles de A, ocupación centro/periferia, esperas e incidentes) se podrá medir y ajustar en operación real.

4.1.2 Recomendaciones

A partir de los resultados, se presenta las siguientes recomendaciones prácticas para implementación y mejora continua:

- Piloto controlado. Implementar el layout ABC en una sección del patio durante 2–4 semanas (con turnos completos) y medir: tiempo de ciclo, movimientos innecesarios de A y esperas en despacho. Ajustar detalles de señalética y accesos antes del despliegue total.
- Señalización y normas visibles. Colocar flechado unidireccional, límites de pila y letreros simples con las reglas “A junto a salida”, “B a un salto”, “C no bloquea” y “Reparación no cruza”. Mantener un plano mural del patio actualizado.
- Taller segregado. Mantener el corredor exclusivo hacia taller; ningún traslado de reparación debe atravesar la línea principal recepción–salida.
- Conteo cíclico diferenciado. Frecuencias mayores para A, intermedias para B y menores para C, para sostener exactitud de inventario y evitar búsquedas
- Rutina de tablero diario. Reunión breve (10–12 min) por turno: revisar las ventanas de salida de A/B, confirmar disponibilidad de slots en A y anotar incidencias (cruces, detenciones, desvíos)
- KPI y umbrales. Monitorear semanalmente tiempo de ciclo, movimientos innecesarios por retiro de A, ocupación centro vs. periferia y esperas. Definir umbrales de alerta (p. ej., si un movimiento innecesario de $A > 1.2$ en la semana, activar revisión de pilas).
- Capacitación práctica. Ensayar con operadores la ruta unidireccional, maniobras en Zona A (pilas bajas) y protocolos de despacho. Incluir simulacros breves con roles rotativos.
- Seguridad operativa. Señalizar puntos ciegos, establecer límites de velocidad y zonas de cruce cero. Registrar y tratar incidentes en el tablero diario.
- Sostenibilidad. Medir el combustible/energía por movimiento antes y después del layout para evidenciar reducción de marcha en vacío y emisiones.

- Gestión documental ligera. Mantener una plantilla de rotación ABC (hoja diaria o módulo en el sistema) que actualice la lista de A/B/C y alimente el tablero de turno.
- Trabajo futuro. Con datos reales, validar estadísticamente los impactos (reducción de tiempos y movimientos extras), explorar simulación de eventos discretos para afinar rutas, y evaluar integración con WMS/RTLS para trazabilidad y asignación dinámica de slots.

Referencias

- Bengochea, D. (27 de Mayo de 2024). Obtenido de Sistema ABC para almacenes e inventarios: qué es y como hacerlo: <https://outvio.com/es/blog/metodo-abc-almacenes/>
- Cisneros, J. (11 de Marzo de 2025). Obtenido de CÓMO OPTIMIZAR ESPACIO DEL ALMACÉN: <https://www.datadec.es/blog/como-optimizar-espacio-almacen>
- Crane worlwide logistics. (10 de enero de 2024). Obtenido de Logística de contenedores 2024: <https://es.craneww.com/knowledge-center/latest-news-and-info/empty-container-logistics/>
- Kuuse, M. (2 de abril de 2024). Obtenido de Análisis ABC (Regla 80/20) en la gestión de inventarios: <https://www.mrpeasy.com/blog/es/analisis-abc/>
- López, B. S. (24 de Julio de 2019). Obtenido de Diseño y layout de almacenes y centros de distribución: <https://ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-almacenes/diseno-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribucion>
- Lu, Z. (2015). Modeling of yard congestion and optimization of yard template in container ports. *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261515302599>
- Mecalux. (10 de Diciembre de 2015). Obtenido de Diseño y layout de un almacén: 6 factores básicos: <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/diseno-y-layout-de-un-almacen-6-factores-basicos>
- Mecalux. (18 de Octubre de 2019). Obtenido de Las ventajas del método ABC para la clasificación de inventarios en el almacén: <https://www.mecalux.es/blog/metodo-abc-clasificacion-almacen>

Mecalux. (7 de Agosto de 2020). Obtenido de El inventario cíclico o conteo cíclico de inventario, ¿cómo implementarlo?: <https://www.mecalux.es/blog/inventario-ciclico-conteo>

Quickbooks. (2023). *Blog de Quickbooks*. Obtenido de https://quickbooks.intuit.com/global/resources/es/inventario/rotacion-de-inventarios/?utm_source=chatgpt.com

Rootstack. (s.f.). Obtenido de Automatización portuaria en Panamá: <https://rootstack.com/es/blog/automatizacion-portuaria-en-panama>

Rosales, J. (9 de Febrero de 2024). Obtenido de Análisis ABC para control del inventario: <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/que-es-el-analisis-abc-del-inventario>