

**Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)**

**ESIT**

**Máster Universitario en Industria 4.0**

Propuesta de  
Transformación  
Digital en empresa de  
comercio industrial  
“Motorex S.A.”

**Trabajo Fin de Máster**

**Presentado por:** Najarro Orihuela, Hector

**Director/a:** Peralta Martín-Palomino, Arturo

## Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster propone un entorno de trabajo basado en Design Thinking y Open Innovation, con el cual se busca impulsar a la Transformación Digital de la empresa peruana Motorex S.A.; se toma como punto de partida al Departamento de Logística, donde se encuentra su actual principal problema: el Control de Stocks. Para resolverlo se propone una solución basada en una Arquitectura IIoT que se integre al ERP de la empresa, y que cuente con tecnologías y habilitadores de la Industria 4.0 como: RFID, IoT, Big Data Analytics, Computación en la Nube, e Integración de Sistemas. Finalmente, se espera que la aplicación de la metodología de trabajo sirva como punto de partida para la constante Innovación de la empresa.

El presente trabajo se desarrolla de manera abierta para servir como referencia a PYMES que deseen Transformarse Digitalmente, y más aún si tienen problemas de control de inventarios.

**Palabras clave:** Industria 4.0, SGA, IIoT, RFID, Big Data Analytics, Design Thinking

## Abstract

This Master's Thesis proposes a work environment based on Design Thinking and Open Innovation, with which it seeks to promote the Digital Transformation of the Peruvian company Motorex S.A.; The Logistics Department is taken as a starting point, where its current main problem is found: Stock Control. To solve it, a solution based on an IIoT Architecture is proposed that is integrated into the company's ERP, and that has Industry 4.0 technologies and enablers such as: RFID, IoT, Big Data Analytics, Cloud Computing, and System's Integration. Finally, it is expected that the application of the work methodology will serve as a starting point for the constant innovation of the company.

This work is developed in an open way to serve as a reference for *SMEs* that want to Transform Digitally, and even more so if they have inventory control problems.

**Keywords:** Industry 4.0, WMS, IIoT, RFID, Big Data Analytics, Design Thinking

## Índice de contenidos

1. Introducción .....	11
1.1. Motivación .....	12
1.2. Planteamiento del trabajo .....	13
1.3. Estructura de capítulos .....	13
1.3.1. Contexto y estado del arte .....	13
1.3.2. Descripción general de la contribución del TFM.....	14
1.3.3. Desarrollo específico de la contribución.....	14
1.3.4. Conclusiones y trabajos futuros .....	14
2. Contexto y estado del arte .....	15
2.1. Descripción general del contexto del proyecto.....	15
2.2. Proyectos relacionados con el tema del TFM .....	17
2.2.1. Consultora GS1 Perú y Empresa Logística Dinnet, Perú .....	17
2.2.2. Manhattan Active® Warehouse Management, EEUU .....	18
2.2.3. Intrasy Warehouse Management Systems.....	19
2.2.4. Oodles ERP.....	19
2.3. Tecnologías relacionadas con el tema del TFM.....	21
2.3.1. Tecnología RFID.....	21
2.3.2. Big Data Analytics.....	25
2.3.3. Visualización de Datos:.....	26
2.3.4. Internet de las Cosas Industrial.....	28
2.3.5. Integración de Sistemas .....	29
2.3.6. Computación en la Nube .....	30
2.4. Conclusiones sobre el estado del arte.....	33
3. Descripción general de la contribución del TFM.....	34
3.1. Objetivos .....	34
3.2. Metodología del trabajo .....	34
3.3. Descripción general de las partes o componentes de la propuesta .....	37
Propuesta de Transformación Digital en empresa de comercio industrial “Motorex S.A.”	4

4.	Desarrollo específico de la contribución.....	41
4.1.	Aplicación de la Metodología de Innovación.....	41
4.1.1.	Fase de Empatía .....	42
4.1.2.	Fase de Definición .....	43
4.1.3.	Fase de Ideación .....	45
4.1.4.	Fase de Prototipado .....	47
4.1.5.	Fase de <i>Open Innovation</i> .....	47
4.1.6.	Fase de Pruebas .....	47
4.2.	Proceso actual e identificación de requisitos .....	48
4.2.1.	Descripción del proceso actual .....	48
4.2.2.	Identificación de requisitos.....	51
4.3.	Solución propuesta.....	52
4.3.1.	Justificación y presentación de la solución.....	52
4.3.2.	Arquitectura de la solución.....	52
4.3.3.	Tecnología seleccionada para la solución .....	58
4.3.4.	Proceso Futuro de Ventas y Despacho.....	64
4.4.	Desarrollo del Prototipo .....	65
4.4.1.	Alcance y Limitaciones .....	65
4.4.2.	Tecnología Utilizada .....	65
4.4.3.	Análisis de la Base de Datos de Pruebas WWI.....	66
4.4.4.	Análisis y Certificación de los Datos .....	68
4.4.5.	Diseño de Datamart de Almacenes para Inteligencia de Negocios .....	71
4.4.6.	Carga de Datos en Power BI Desktop .....	74
4.4.7.	Prototipo I - Dashboards en Power BI.....	76
4.4.8.	Prototipo II - Control de Stocks Basados en IoT .....	83
4.5.	Estimaciones de Tiempo y Costos.....	89
4.5.1.	Tiempo y costos del Proyecto .....	89
4.5.2.	Estimación de Ahorros y Gastos.....	89

4.5.3.	Estimación de Retorno de Inversión .....	90
5.	Conclusiones y trabajos futuros .....	91
5.1.1.	Conclusiones .....	91
5.1.2.	Líneas de trabajo futuras .....	92
	Referencias bibliográficas .....	94
Anexo A.	Tablas de eficiencias en Almacén .....	97
Anexo B.	Imágenes adicionales para la creación de Prototipos .....	100
Anexo C.	Querys para la Carga de Datos del Datamart .....	102

## Índice de figuras

Figura 1. Línea de Artículos Ofrecidos por Motorex S.A. en su Tienda Virtual .....	11
Figura 2. Preparación de la Industria 4.0 de la empresa Motorex S.A.....	16
Figura 3. Control de ingresos y salidas de productos con RFID en almacenes .....	17
Figura 4. Almacén habilitado para RFID .....	19
Figura 5. Gestión de Almacén Habilitado con IoT .....	20
Figura 6. Etiquetas RFID de Baja Frecuencia .....	22
Figura 7. Etiquetas RFID de Alta Frecuencia .....	23
Figura 8. Etiquetas RFID de Ultra Alta Frecuencia.....	23
Figura 9. Arquitectura de un Sistema de Etiquetas RFID en Warehouse .....	25
Figura 10. Pasos para crear una historia a partir de los datos .....	27
Figura 11. IIoT vs IoT de Consumo.....	28
Figura 12. Nube Híbrida.....	31
Figura 13. Diferencia entre Contenedores y Máquinas Virtuales.....	32
Figura 14. Fases del Proceso de Design Thinking y Open Innovation .....	35
Figura 15. Pizarra del Beneficio y la Factibilidad.....	36
Figura 16. Flujo de inventario automatizado propuesto.....	39
Figura 17. Ideas seleccionadas en una iteración de la Fase de Empatía .....	43
Figura 18. Definición de las ideas y selección con el análisis Beneficio-Factibilidad .....	44
Figura 19. Soluciones planteadas para el Inventario Automatizado .....	45
Figura 20. Selección de Soluciones con base al análisis Beneficio-Factibilidad.....	47
Figura 21. Proceso Actual de Ventas y Despacho .....	50
Figura 22. Proceso Actual de Ejecución de Inventarios .....	51
Figura 23. Diagrama de Arquitectura Propuesto .....	57
Figura 24. Tecnologías aplicadas al Control de Almacenes.....	58
Figura 25. Lector RFID Zebra FX9600.....	59
Figura 26. Tabla de lectores RFID de la marca Zebra.....	59
Figura 27. Antena Zebra 520 .....	60
Propuesta de Transformación Digital en empresa de comercio industrial “Motorex S.A.”	7

Figura 28. Antena Zebra SR5502 .....	60
Figura 29. Tabla de antenas RFID de la marca Zebra .....	61
Figura 30. Escáner RFID Zebra MC3390xR .....	61
Figura 31. Etiqueta RFID Zebra ZBR2000 .....	62
Figura 32. Impresora RFID Zebra ZT400.....	62
Figura 33. Mini ordenador Raspberry Pi con disipador.....	63
Figura 34. Flujo en Node-RED en Raspberry Pi.....	63
Figura 35. Proceso Futuro de Ventas y Despacho.....	64
Figura 36. Diagrama de Base de Datos de WWI de Transacciones de Stock .....	67
Figura 37. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación I.....	69
Figura 38. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación II.....	69
Figura 39. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación III.....	70
Figura 40. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación IV .....	70
Figura 41. Creación de Nueva Tabla de Transacciones de Stock de Artículos .....	71
Figura 42. Diseño de Modelo Estrella Para Datamart de Control de Inventarios .....	72
Figura 43. Diseño de Modelo Estrella Para Datamart de Control de Inventarios .....	73
Figura 44. Contenido de la Base de Datos del Datamart .....	73
Figura 45. Modelo de Datos de Reporte Inventarios en Power BI.....	74
Figura 46. Tablas para Crear Reportes en Power BI .....	74
Figura 49. Objetos Visuales Personalizados Agregados a Power BI Desktop.....	75
Figura 48. Puerta de enlace configurada en Power BI Service .....	75
Figura 49. Dashboard de Historial de Artículos en Power BI Service .....	76
Figura 50. Dashboard con Layout de Almacén en Power BI .....	77
Figura 51. Operación de Búsqueda en Dashboard con Layout de Almacén en Power BI ....	78
Figura 52. Zona de Contenedores con artículos “usb” en Dashboard Power BI.....	78
Figura 53. Artículos (2) “usb” y su stock en Contenedor L-1 en Dashboard Power BI.....	79
Figura 54. Artículos (12) “usb” y su stock en Contenedor L-3 en Dashboard Power BI.....	79
Figura 55. Artículos “usb” y su Stock en Contenedores en versión Power BI Mobile .....	80
Propuesta de Transformación Digital en empresa de comercio industrial “Motorex S.A.”	8

Figura 56. Proyecciones de Ventas en Dashboard Power BI con Arima .....	81
Figura 57. Proyecciones de Compras en Dashboard Power BI con Arima.....	82
Figura 58. Proyecciones de Stock en Contenedores .....	82
Figura 59. Tablas y Relaciones de Base de Datos WWI_RFID_Scan.....	83
Figura 60. Selección de Artículo para tomar en Prueba Piloto .....	84
Figura 61. Identificadores Únicos asignados a las existencias del artículo piloto .....	84
Figura 62. Flujo en Node-RED en equipo Controller .....	85
Figura 63. Identificadores Únicos asignados a las existencias del piloto.....	85
Figura 64. Plataforma IBM IoT Recibiendo Datos del Controller .....	86
Figura 65. Flujo de Datos IoT en Node-RED en IBM Cloud .....	86
Figura 66. Dashboard de Monitoreo con Layout de Almacén en Power BI.....	87
Figura 67. Artículos y Estado en Almacén en Contenedor K-1 en Power BI .....	88
Figura 68. Artículos y Estado en Almacén en Contenedor CH-1 en Power BI.....	88

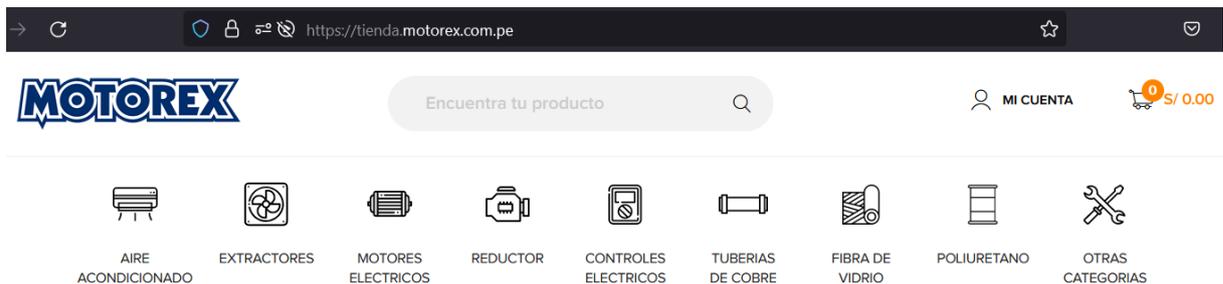
## Índice de tablas

Tabla 1. Diferencia entre <i>RFID</i> y <i>Códigos de Barras</i> en uso en Almacenes.....	24
Tabla 2. Tareas y roles desde el punto de vista del uso.....	54
Tabla 3. Tablas Relevantes de la Base de Datos WWI .....	67
Tabla 4. Tablas y Datos Relevantes para Construir Tabla de Transacciones de Stock.....	71
Tabla 5. Tablas para Datamart de Inventarios .....	72
Tabla 6. Íconos de Identificación en el Control de Stocks .....	87
Tabla 7. Actividades, hitos y costos estimados del proyecto .....	89
Tabla 8. Ahorros estimados .....	89
Tabla 9. Gastos estimados para el mantenimiento de la solución .....	90
Tabla 10. Estimación de Retorno de Inversión.....	90

## 1. Introducción

*Motorex S.A.*, es una empresa peruana ubicada en Lima, cuenta con 70 empleados, su facturación anual promedia los 14 millones de dólares. En 1882 inició operaciones dedicándose al rubro de venta de artículos y servicios industriales en Perú. *Motorex* creció con una cultura de calidad e innovación, la misma que está avalada por su certificación ISO 9001-2015. Según el Ranking de empresas peruanas de la organización *Datos Perú*, *Motorex* se le cataloga en el puesto 1276 (Datos Perú, 2022).

**Figura 1. Línea de Artículos Ofrecidos por Motorex S.A. en su Tienda Virtual**



Fuente: <https://tienda.motorex.com.pe>

Motorex S.A. gestiona el 80% sus operaciones en el *ERP* (Sistema de Planificación de Recursos Empresariales) *Exactus*, y las complementa con aplicaciones desarrolladas en casa, incluida la tienda virtual. La constante agilidad que busca la empresa hace que las actividades de mejoras y mantenimientos en el Departamento de Sistemas con relación al *ERP* y desarrollos a medida sean elevadas.

El Departamento de Sistemas, tiene un alto volumen de pedidos de mejora pendientes de los demás Departamentos usuarios, al no existir una metodología sobre la gestión y priorización de los pedidos, se genera un ambiente de insatisfacción por parte de los usuarios. Inclusive se ha llegado al escenario de evaluar de un *ERP* alternativo que cubra el software empresarial.

Para resolver los inconvenientes, se propone a la empresa un *Framework Ágil de Innovación y Transformación Digital* basado en *Design Thinking* y *Open Innovation*; con los cuales se determinen los problemas principales y el método de solución con la participación de los usuarios expertos de la empresa. Para corroborar la efectividad del *Framework Ágil*, se acuerda con la empresa implementarla como una prueba piloto en el Departamento de Logística, el *Framework Ágil* recibe el nombre "CreciendoJuntos".

Al poner en ejecución a *CreciendoJuntos* en el Departamento de Logística, en una primera iteración se encuentra necesario resolver su principal problema actual: el Control de Stocks.

La agilidad que busca Motorex en el despacho (entrega en pocas horas) y la gran variedad de productos que comercializa, genera intensos movimientos en sus almacenes, produciendo descontrol de los artículos que se evidencian al realizar las ventas (artículo existe en *ERP*, pero no en físico) y en los procesos de inventarios semestrales, que implican altos costes.

Para resolver el problema de Control de Stocks, se propone el diseño de una arquitectura de un *WMS* (Sistema de Gestión de Almacenes) con base a habilitadores de la *Industria 4.0*: *RFID* (Identificación por Radio Frecuencia), *IIoT* (Internet de las Cosas Industrial), *Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, e Integración de Sistemas. A esta arquitectura propuesta se denomina "*WMS-IIoT*"; el cual, de implementarse, debería operar integrado al *ERP Exactus* y demás software de la empresa.

Con los resultados obtenidos, se espera que se replique a *CreciendoJuntos* en toda la organización.

## 1.1. Motivación

Esta propuesta, de implementarse, se espera que impulse a la *Transformación Digital* de la empresa *Motorex S.A.*, con el que mejore sus niveles de modernización comenzando con la operación del Departamento de Logística, y luego se replique a los demás departamentos; se espera también que la metodología propuesta empodere a sus empleados a ser partícipes del proceso, estar alineados a las priorizaciones de la empresa, y permitiéndoles crecer profesionalmente, mejorando su calidad de trabajo, y afianzarse dentro de la organización.

El diseño propuesto de arquitectura de la solución *WMS-IIoT*, que inicia con la recolección de datos, contiene componentes basados en habilitadores de la *Industria 4.0*, que permiten gestionar los datos para transformarlos en conocimiento, base para la toma de decisiones estratégicas alineadas a las políticas organizacionales, operativas y comerciales de *Motorex*.

Se resume el objetivo del trabajo, como: "El impulso a la *Transformación Digital* constante de la empresa *Motorex S.A.*, mediante un *Framework Ágil* de *Innovación* e implementación de tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0*, con los que se espera logre mejorar sus niveles de digitalización, obtenga optimizaciones operativas y beneficios económicos, inclusive".

Es importante mencionar, que la solución se plantea con una arquitectura clara y flexible con el fin de ser adoptada para cuando *Motorex S.A.* decida cambiar de *ERP*; y, por ende, para ser tomado como modelo de referencia por empresas de características similares, y que se encuentre en búsqueda de opciones de modernización económicas y flexibles.

## 1.2. Planteamiento del trabajo

Las *iniciativas de mejora* son oportunidades que se manifiestan para incrementar el desempeño de los procesos y lograr los resultados esperados (Nueva ISO 9001:2015, 2020). Partiendo de este concepto, se propone un *Framework Ágil* que permita encontrar iniciativas que surjan de los empleados y clientes, la misma que se basa en *Design Thinking* y *Open Innovation*, a la cual la empresa le asigna el nombre *CreciendoJuntos* para su familiarización por el personal, y se espera que revolucione al Departamento de Logística al implementarse como prueba piloto. Resultado de la primera iteración considerada viable, se propone un Diseño de Arquitectura basada en los habilitadores de la *Industria 4.0*.

Para poder mejorar la productividad de los procesos y reducir costes en el Área de Almacenes de una empresa, se hace vital conocer en las existencias en su interior y los procesos que generan el movimiento del stock (Mecalux, 2022); Para ello, se requiere conocer el estado del almacén en tiempo real y contar con capacidad de analítica descriptiva y predictiva.

La Arquitectura de la solución propuesta *WMS-IIoT*, se espera que logre monitorear en tiempo real el estado de los almacenes y los artículos que contiene, así como tener capacidades de analítica para hacer predicciones de su estado en base a su stock actual y las operaciones de traslado, compra y venta. Para diseñar la arquitectura de la solución *WMS-IIoT*, se eligen las tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0*: *RFID*, *IIoT*, *Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, e Integración de Sistemas.

Para demostrar la funcionalidad de la Arquitectura propuesta, se desarrollan prototipos que permitirán ver cómo sería la solución en caso de implementarse.

## 1.3. Estructura de capítulos

A continuación, se describe brevemente los temas a abordar en los siguientes capítulos:

### 1.3.1. Contexto y estado del arte

En este capítulo da a conocer a la empresa peruana *Motorex S.A.* y se hace enfoque en el proceso de las labores relacionadas con sus almacenes. Para conocer su nivel de digitalización, se realiza una evaluación de la empresa, lo que hace visible los requerimientos para llegar a ser líder del sector en la *Industria 4.0*. Luego de ello, se hace mención en cómo la tecnología *RFID* podría contribuir con resolver los problemas de inventario.

Posteriormente, se hace un análisis de los proyectos relacionados a la gestión de almacenes en la *Industria 4.0* en Perú y el mundo, con los mismos que se tomarán como referencia.

Luego, se describen los conceptos relacionados al trabajo, tales como las tecnologías habilitadoras de la *Industria 4.0* y marcos de trabajo relacionadas con el trabajo.

Finalmente, se hace una conclusión sobre el estado del arte, las oportunidades encontradas, y las recomendaciones finales para el desarrollo del trabajo.

### **1.3.2. Descripción general de la contribución del TFM**

En este capítulo se describen los puntos concretos a abordar en este TFM, planteando el objetivo general y los objetivos específicos, los cuales se orientan para resolverse con el *Framework Ágil* diseñado y habilitadores tecnológicos de la *Industria 4.0*.

Luego se describe y justifica la metodología de trabajo con la que se desarrollará el trabajo, la misma que está basada en una conjunción de *Design Thinking* y *Open Innovation*.

Finalmente, se hace una descripción general de las partes o componentes de la propuesta, las mismas que están basadas en tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0*.

### **1.3.3. Desarrollo específico de la contribución**

En este capítulo se describen los procesos actuales relacionados al Departamento de Logística de la empresa *Motorex S.A.* y se identifican los requisitos a resolver; luego, se propone y justifica la solución mediante el Diseño de una Arquitectura basada en el marco de referencia de la *IIRA*, la misma que se detalla cómo deberá implementarse; finalmente, se detallan los tiempos y costos requeridos para la ejecución de la solución propuesta.

### **1.3.4. Conclusiones y trabajos futuros**

En este último capítulo, se describe de manera concisa a los principales aportes de la solución planteada para cumplir con los objetivos definidos.

Acto seguido, se sustenta la conclusión de los objetivos propuestos que se alcanzarían con la implementación de la solución planteada en este Trabajo Fin de Máster.

Finalmente, se plantean recomendaciones y alternativas adicionales a tomar en cuenta por la empresa *Motorex S.A.* antes, durante y después de la implementación de la solución, y las mejoras a tomarse en otras áreas para obtener mejores niveles de digitalización.

## 2. Contexto y estado del arte

En este capítulo se describe el escenario actual de la empresa *Motorex S.A.* en la Industria Peruana, sus procesos internos, luego se describe las tecnologías asociadas para dar solución a la problemática encontrada, y finalmente, se resume las conclusiones del capítulo.

### 2.1. Descripción general del contexto del proyecto

La empresa *Motorex S.A.* comercializa artículos y servicios por medio de sus asesores de ventas y también por tienda virtual. Los asesores ofrecen los artículos y servicios de manera presencial, conferencia virtual, teléfono y correo electrónico; los asesores constantemente brindan asesoría personalizada a sus clientes con el fin de mantener relaciones comerciales a largo plazo; estas ventas son gestionadas en el *ERP Exactus*. La tienda virtual, programada a medida a partir de software *Open Source*, realiza ventas directas a sus clientes, y cuenta con un asistente virtual que ofrece soporte a los clientes o los deriva con un asesor de ventas en caso de ser necesario.

A la fecha, *Motorex S.A.* viene haciendo grandes esfuerzos para no requerir alquilar más almacenes y trata de concentrar la mayor cantidad de operaciones en el almacén “M30”, el mismo que es de su propiedad y cuenta con un amplio espacio.

*Motorex S.A.*, en la gestión del último año, logró sincerar el stock físico con la información del *ERP*, lo que lo convierte en un hito histórico en la empresa; hasta esa fecha, no se tenía fiabilidad de las existencias; cabe mencionar, que se ejecutaban inventarios dos veces al año con el soporte de consultoras externas, cuyos procesos finalizaban con la ejecución de ajustes de inventarios y contables. Para no perder el objetivo logrado, *Motorex S.A.* invierte esfuerzos con controles e inventarios periódicos.

Es importante reconocer que la *Industria 4.0* no es solo para operaciones de fabricación y producción, se puede aplicar a diferentes áreas de una organización como las operaciones de almacén, que se denomina Almacén 4.0. El Almacén 4.0 puede ayudar a las organizaciones a lograr objetivos de mejora y satisfacer las altas demandas de clientes (García, 2021). El Almacén 4.0 (*Warehouse 4.0*) representa a nueva era de soluciones de almacén centradas en la tecnología aportando eficiencia, precisión y escalabilidad, colocando la cadena de suministro en el corazón de la *Industria 4.0* (García, 2021).

La consultora alemana “Impuls Foundation”, indica que es necesario evaluar seis aspectos de una empresa para conocer su nivel de preparación en la *Industria 4.0*: Organización y estrategia, fábrica inteligente, operaciones inteligentes, productos inteligentes, servicios basados en datos, y empleados (Impuls Foundation, 2022).

Realizando el auto diagnóstico de Impuls “Evaluation of Industry 4.0 Readiness Check” (Impuls Foundation, 2022), el cual evalúa seis puntos con calificación de nivel 0 (*Outsider*) a nivel 5 (*Top performer*), y encuentra a *Motorex S.A.* en nivel 1 (*Beginner*):

**Figura 2. Preparación de la Industria 4.0 de la empresa Motorex S.A.**

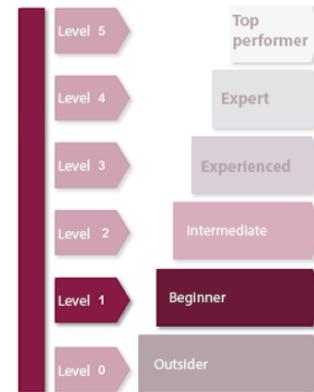
### Overall evaluation

Your company is ranked at level 1 in the overall evaluation.

Your readiness scores in the six dimensions of Industry 4.0 are as follows:

- Strategy and organization: Level 0
- Smart factory: Level 0
- Smart operations: Level 3
- Smart products: Level 1
- Datadriven services: Level 0
- Employees: Level 2

Overall (weighted): 0.849 in keeping with level 1



*Fuente: Elaboración basada en <https://www.industrie40-readiness.de/index.php>*

Para construir un sistema robusto de automatización de almacenes, se puede utilizar las tecnologías habilitadoras de la *Industria 4.0*: *Big Data Analytics*, Realidad Aumentada, Dispositivos Portátiles, visión por computadora, Inteligencia Artificial (IA), sensores de bajo costo, *Cobots* (Robots Colaborativos) y la Computación de Alto Nivel. Como resultado, los almacenes y los centros de distribución se vuelven "inteligentes", con lo que se convierte en un componente vital en la cadena de suministro integrada (Steinberg G., 2020).

Para automatizar el proceso de inventario en la organización, se selecciona a la tecnología *RFID*. Sobre el estado de la adopción de *RFID* en las empresas en el mundo, se encuentra estadísticas alentadoras, durante 2020 la tecnología *RFID* fue una industria global de \$ 22.5 mil millones, y se prevé que para el 2023 ascienda a \$ 32 mil millones. Para ello es necesario que el costo de las etiquetas *RFID* deba reducirse a un precio menor a un centavo de dólar. Con los precios actuales, la tecnología *RFID* proporciona un retorno de la inversión (ROI) positivo para artículos de alto costo, lo cual no se da para artículos de bajo coste-margen donde el precio de etiqueta no lo justifica. Debido a la constante reducción de precios de las etiquetas, las empresas deberían de empezar a incorporar esta tecnología en sus procesos, haciendo un completo análisis e identificación (ZELBST, P. y Sower, V., 2021).

Como se indicó líneas arriba, el uso de la tecnología *RFID*, por su bajo costo, parece una excelente opción para las empresas. Sin embargo, hay que hacer un buen análisis previo; por ejemplo, su uso en artículos de bajo margen de ganancia no podría ser ideal. Se tiene la

experiencia de WalMart, que en 2003 implementó tecnología *RFID* en varias de sus tiendas, y obtuvo diferentes beneficios en determinados artículos (Sullivan, 2005); sin embargo, su afán de controlar todo con *RFID*, incluyendo artículos de bajo margen de utilidad, casi lo lleva a su fin (Malone, 2012).

Como se tratará en el siguiente apartado, existen múltiples proyectos y soluciones para el control de almacenes con *IoT* y *RFID*, de las cuales se obtiene las mejores prácticas para hacer la “Propuesta de Transformación Digital en la empresa Motorex S.A.”.

## 2.2. Proyectos relacionados con el tema del TFM

En este capítulo, se destacan proyectos desarrollados en Perú y en el mundo, así como tecnologías habilitadoras de la *Industria 4.0* relevantes con el trabajo.

### 2.2.1. Consultora GS1 Perú y Empresa Logística Dinet, Perú

La consultora “GS1 Perú” afirma haber desarrollado como caso de éxito para la empresa “Logística Dinet”, representante de LG Perú, un sistema basado en antenas y etiquetas (tags) *RFID*, utilizando arquitectura de intercambio de información mediante herramientas como EPC, GTIN y EDI (GS1, 2021). Como resultado, GS1 indica que:

- Cuenta con una completa visión de la cadena de distribución.
- Optimiza sus procesos con una rápida lectura de las etiquetas que incluyen: control de calidad del despacho de artículos, verificación de carga del transportista, control de stock.
- Mejorar la distribución y aprovechamiento de su espacio en almacén (GS1, 2021).

En el siguiente gráfico, se observa a un operador de almacén transportando un palé con equipos LG con etiquetas *RFID*, en la puerta del almacén, se observa al portal *RFID* con lectores y antenas *RFID* leen todas las etiquetas de los artículos que circulan por su radio de alcance.

**Figura 3. Control de ingresos y salidas de productos con *RFID* en almacenes**



Fuente: <https://gs1pe.org/content/casos-de-exito-epc-rfid>

### **2.2.2. Manhattan Active® Warehouse Management, EEUU**

La empresa “Manhattan Associates®” con oficinas centrales ubicadas en Atlanta, Estados Unidos de Norteamérica, cuenta con soluciones de gestión de almacenes (*WMS*), puntos de venta, gestión de órdenes, logística, entre otros.

En junio de 2021, por 13va vez consecutiva es nombrado líder en el cuadrante mágico de Gartner para *WMS*. Gartner considera que estos sistemas explotan de forma nativa los dispositivos móviles junto con el código de barras y dispositivos *RFID* para formar la base transaccional de un *WMS*. Con ello se logra la eficiencia de la actividad laboral dirigida y la entrega de información precisa casi en tiempo real.

Gartner, en esta evaluación considera dieciocho puntos, de los cuales, se resalta cinco relevantes para el presente trabajo (Gartner, 2021):

- a) La comprensión del mercado del proveedor y su visión para los *WMS* de próxima generación y la ejecución de la cadena de suministro (SCE).
- b) La arquitectura técnica del *WMS* con respaldo para adaptabilidad y la extensibilidad.
- c) Integración con otras aplicaciones y soporte para la orquestación de procesos multifuncionales.
- d) La apertura y el apoyo del proveedor a un ecosistema de socios.
- e) Estrategia de convergencia de SCE (una plataforma de orquestación de SCE perfectamente integrada)

Dentro de las características del *WMS* de Manhattan, se lista cinco principales características (Manhattan Associates, 2021):

- a. Agilizar los procesos de recepción de stock.
- b. Eliminar costos en recuentos físicos de inventario.
- c. Aplicar estrategias con IA al suministro de pedidos con técnicas de aprendizaje automático para permitir la planificación y optimización.
- d. Aumentar la visibilidad, la seguridad y el rendimiento.
- e. Mejorar la distribución de los artículos y el rendimiento de los empleados.

Para conseguir las características mencionadas, la solución de Manhattan Active® hace uso de tecnologías avanzadas como *RFID*, *IoT*, integración a Sistemas *IBM i*, Inteligencia Artificial, *Digital Twins*, y muchos más.

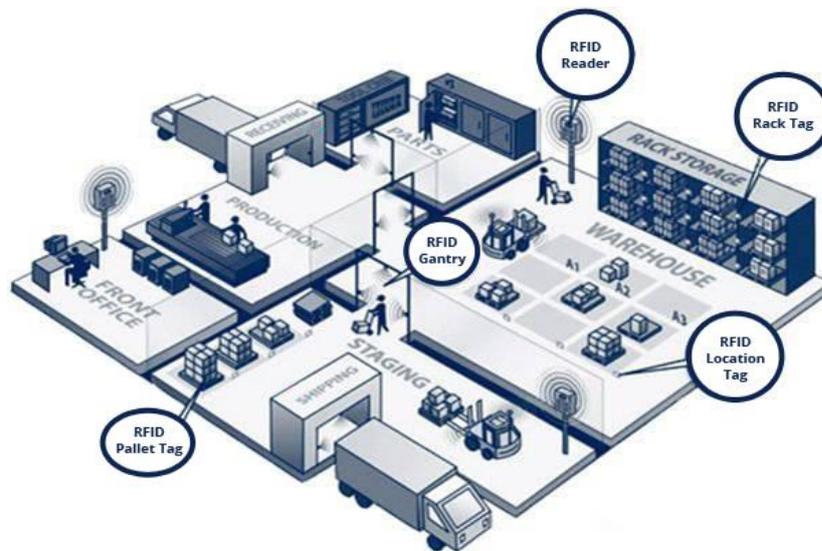
Finalmente, Gartner, dentro de los beneficios de la solución de Manhattan, la considera como una empresa sólida e innovadora. Sin embargo, dentro de los puntos negativos, destaca a su alto costo en implementación y mantenimiento, lo cual no lo hace accesible para las PYMES.

### 2.2.3. Intrasys Warehouse Management Systems

*Intrasys*, empresa nacida en 2007 en Singapur, es pionera en soluciones de automatización y productividad *RFID* en Singapur y Asia Pacífico; *Intrasys* se especializa en soluciones *RFID* para sistema de gestión de inventario, sistemas de gestión de activos y sistemas de seguimiento de ubicación en tiempo real. *Intrasys* también ofrece una amplia gama de productos *RFID*, como hardware *RFID*, dispositivos *Bluetooth* e *IoT* (*Intrasys*, 2021).

La solución de “Warehouse Management Systems” de *Intrasys*, ofrece reducir el tiempo que lleva identificar y rastrear el inventario. A través de la tecnología *RFID*, puede identificar rápidamente el inventario en todos sus procesos de almacenamiento, manipulación y distribución. Independiente de la necesidad o del tamaño de la empresa, *Intrasys* asegura tener la tecnología y los productos de software para ayudar a sus clientes a crear un sistema de administración de inventario sólido, con características de obtener precisión y visibilidad al control de inventario (*Intrasys*, 2021).

**Figura 4. Almacén habilitado para RFID**



Fuente: *Intrasys*, 2021

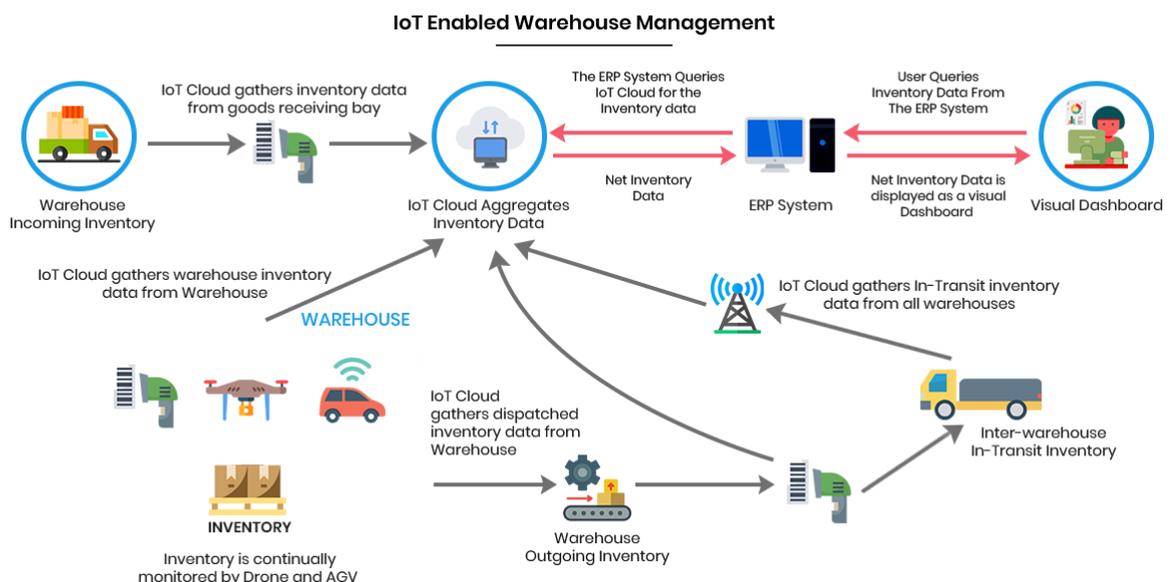
### 2.2.4. Oodles ERP

La compañía de origen en India y con sedes en varios países en el mundo, desarrolla aplicaciones de software de gestión de almacenes para la optimización de procesos, control de operaciones y trazabilidad de mercancías. Proporciona un control completo sobre todos los procesos de envío y entrega. Tiene capacidad de dirigir en tiempo real al personal de almacén a las ubicaciones correctas mediante alertas y notificaciones (Dutt, 2021).

Se resume los beneficios que *Oodles* brinda con el uso de *IoT* en almacenes (Dutt, 2021):

- **Seguimiento de artículos en tiempo real:** Contar con datos en tiempo real sobre ubicaciones de artículos, detalles de transporte, empaque y enrutamiento. Se asegura que no se pierda inventario durante el transporte y los proveedores de la cadena de suministro gestionen las entregas de forma responsable.
- **Visibilidad mejorada:** La tecnología *RFID* permite realizar un seguimiento de las mercancías que ingresan y salen del almacén en tiempo real, obteniendo un mayor control de inventario con la capacidad de modificar dinámicamente los pedidos. Los dispositivos de *IoT* permiten recopilar datos de la cadena de suministro y del almacén en tiempo real y compartirse con los clientes.
- **Gestión de inventario mejorada:** Los “contenedores de envío inteligentes” y los “estantes de artículos conectados” facilitan la ubicación y administración del inventario en almacén. Estos sistemas generan alertas automáticas si el artículo está agotado o las condiciones de temperatura están afectando la calidad de los artículos.
- **Reducción de riesgos:** El uso de dispositivos de *IoT* en los almacenes permite detectar riesgos y evitar accidentes que pueden crear interrupciones en la cadena de suministro. Los sensores de *IoT* en los almacenes pueden monitorear las condiciones de temperatura. Además, los datos recopilados de vehículos, medios de transporte y productos se pueden combinar para reducir la falsificación, el robo y el deterioro.
- **Mantenimiento predictivo:** Detecta los primeros signos de mal funcionamiento de los equipos, lo que evitar el tiempo de inactividad y prever maquinaria de repuesto.

**Figura 5. Gestión de Almacén Habilitado con IoT**



Fuente: Dutt, 2021

## 2.3. Tecnologías relacionadas con el tema del TFM

El presente Trabajo Fin de Máster hace uso de las siguientes y tecnologías habilitadoras de la *Industria 4.0*:

### 2.3.1. Tecnología RFID

La tecnología *RFID* es un sistema de almacenamiento (guardado) y recuperación (lectura) de datos remotos mediante dispositivos denominados etiquetas (tags), tarjetas o transpondedores *RFID* (CEUPE, s.f.). Los datos en las etiquetas *RFID* se almacenan en un chip, los cuales se emiten mediante una energía interna o externa (Jones, C. y Chung C., 2016). El objetivo de la tecnología *RFID* es transmitir la identidad de un objeto mediante un número identificador único por medio de ondas de radio (CEUPE, s.f.).

A diferencia del código de barras tradicional, donde se tiene a un código de barras común que se asigna a un tipo de artículo específico, con *RFID* se le debe brindar un código único para cada artículo en almacén, con lo que tendrá una propia identidad, se podrá conocer su historia y otros datos relevantes, haciendo más eficiente la gestión de almacén. (Jones, C. y Chung C., 2016). Por ejemplo, con *RFID* se puede tener mejor control de los artículos gestionándolos con el sistema FIFO, lo cual requiere de mucho esfuerzo para hacerse de manera manual o con lectores de código de barras.

La tecnología *RFID* se aprovecha transmitiendo información codificada en una etiqueta *RFID* a través de ondas de radio a un lector y luego a una base de datos, con estos datos se genera información para tomar decisiones oportunas e incluso automatizadas (CEUPE, s.f.).

Las etiquetas *RFID* se clasifican principalmente por su fuente de alimentación de energía y frecuencia de onda:

#### 2.3.1.1. Tipo de Etiqueta por Función de Alimentación

- i) **Etiquetas Activas:** Emplean baterías y transmiten una señal constante de forma activa, con lo que se consigue un mayor rango de lectura. Algunos fabricantes aseguran que sus etiquetas se pueden leer hasta un rango de 100m. El coste de la batería y transmisor hacen que las etiquetas activas tengan un precio elevado.
- ii) **Etiquetas Pasivas:** No cuentan con una fuente de alimentación. Cuando se hace una operación de lectura o escritura, el chip de la etiqueta se activa por la energía proveniente de la onda exterior creada por la antena y el lector *RFID*. Al momento de considerar esta tecnología será ideal considerar el rango de lectura de la antena y el lector *RFID*, así como la calidad de la etiqueta. El rango de lectura puede ser de 6m a 12m. El costo de las etiquetas puede ser menor a un dólar americano, por lo que se puede considerar como económico e ideal para la mayor variedad de artículos que comercializa *Motorex S.A.*

**iii) Etiquetas Semi-activas:** A diferencia de las etiquetas activas, no cuentan con un transmisor activo; pero, incluyen una batería para que el chip pueda operar. Con ello, se logra mayores rangos de lectura que una etiqueta pasiva. La batería eleva el precio de la etiqueta y reduce su tiempo de vida.

#### 2.3.1.2. Tipo de Etiqueta por Frecuencia de Onda

##### **i) Baja Frecuencia (LF):**

Frecuencia: De 30 KHz a 300 KHz.

Rango de lectura: Corto, de hasta 10 cm.

Cuenta con amplia capacidad para traspasar materiales y se puede utilizar en diferentes ambientes con componentes metálicos y líquidos, por ello es de amplio uso en entornos industriales donde no se requiere mucha distancia. Su velocidad de lectura es baja.

##### **Figura 6. Etiquetas RFID de Baja Frecuencia**



Fuente: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/1546/2247/files/low\\_frequency.jpg?v=1568754098](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1546/2247/files/low_frequency.jpg?v=1568754098)

##### **ii) Alta Frecuencia (HF):**

Frecuencia: De 3 a 30 MHz.

Rango de Lectura: Mediana, de 10 cm a 1 metro.

La señal puede atravesar un gran número de materiales, se pueden leer varias etiquetas simultáneamente. Se utiliza en sistemas de control de acceso, aplicaciones de pago, bibliotecas, almacenes, lavanderías, entre otros. Los tags más populares son los de tipo etiqueta, tarjeta y encapsulados.

**Figura 7. Etiquetas RFID de Alta Frecuencia**



Fuente: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/1546/2247/files/tags\\_rfid.png?v=1568754204](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1546/2247/files/tags_rfid.png?v=1568754204)

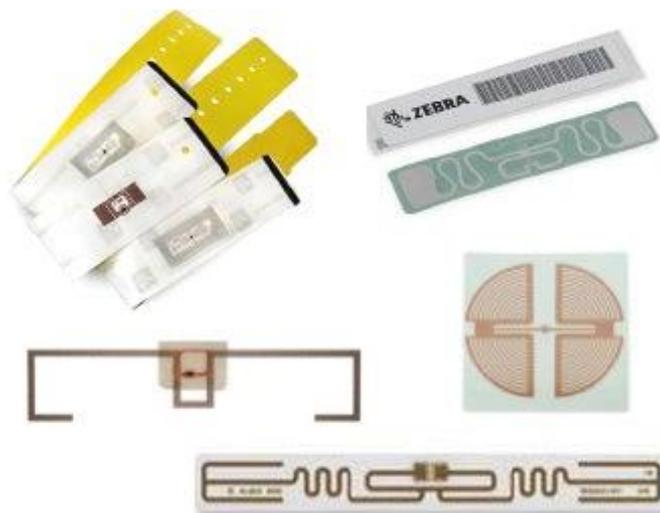
**iii) Ultra Alta Frecuencia (UHF)**

Frecuencia: De 300 MHz a 3 GHz.

Rango de Lectura: Amplia, hasta 12 metros.

Esta frecuencia es de mayor alcance y tiene un variado uso, sus límites se regulan en cada país. Se utiliza mayormente en el sector logístico. La frecuencia de 433 MHz es de uso regular en aplicaciones con etiquetas activas, identificación de vehículos a larga distancia, control de personas u objetos y aplicaciones de seguridad. Las etiquetas UHF pasivas tienen la desventaja de no poder utilizarse directamente para la identificación de elementos metálicos ni productos líquidos.

**Figura 8. Etiquetas RFID de Ultra Alta Frecuencia**



Fuente: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/1546/2247/files/UHF.jpg?v=1568754681>

### 2.3.1.3. Beneficios de utilizar RFID en Almacenes

Para el control de almacenes, es común contar con soluciones basadas en códigos de barras, ya que brindan mucha ayuda al reducir los trabajos de digitación, son compatibles con sistemas, y son de fácil adopción.

Sin embargo, esta tecnología presenta limitaciones si se compara con soluciones *RFID*. Por lo que muchas empresas utilizan la combinación de ambas tecnologías.

En el sector de *retail* y comercio al por menor, donde los márgenes de los artículos son bajos y la rotación muy alta, se utiliza *RFID* para evitar pérdidas, y código de barras para la identificación.

En la siguiente tabla se resume las diferencias del código de barras con *RFID*:

**Tabla 1.** Diferencia entre *RFID* y *Códigos de Barras* en uso en Almacenes

Característica	RFID	Código de Barras
Rango de Lectura	De centímetros a Km, dependiendo de la tecnología	Menor a medio metro
Tasa de Lectura	Múltiples etiquetas a la vez	Una sola etiqueta a la vez
Identificación	Puede identificar de manera individual a cada ítem etiquetado	La mayoría sólo identifican el tipo de ítem, pero no identifican al ítem de manera individual
Lectura / Escritura	Se puede leer y escribir	Son solamente de lectura
Automatización	Debido a que no requiere de visión directa a los artículos, se puede utilizar para programar escaneos con mayor facilidad en una diversidad de sistemas.	Se puede utilizar en aplicaciones que requieren visión directa y corta distancia de lectura, tales como puntos de venta.

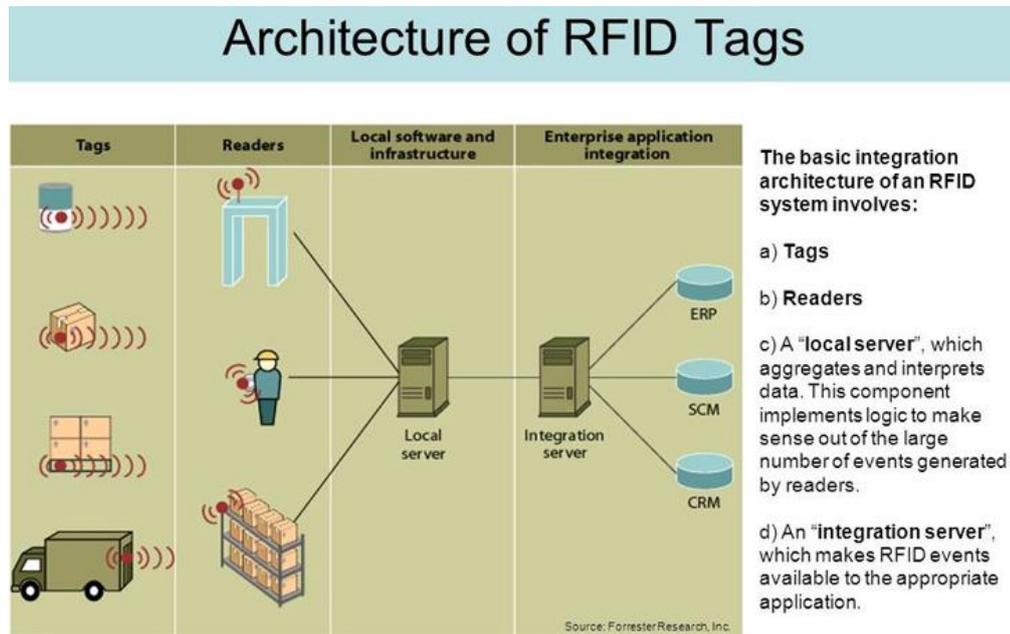
Para el presente trabajo, se elige a equipos *RFID* compatibles con las frecuencias UHF de 915Mhz a 928 Mhz, rango aprobado para libre uso por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno Peruano.

### 2.3.1.1. Arquitectura de RFID en almacenes

El no contar con un control de stock automatizado no es muy eficiente porque puede generar altos costos en capacitación de empleados, estar propenso a fallos por errores humanos, falta de seguridad, operación lenta y costos ocultos (Mansuri, 2018). Para ello, Mansuri propone una arquitectura para utilizarse la tecnología en *RFID* en Gestión de Almacenes que compone de: etiquetas *RFID*, lectores *RFID*, servidor local, y servidor de integración.

La arquitectura propuesta la describen en la siguiente imagen:

**Figura 9. Arquitectura de un Sistema de Etiquetas RFID en Warehouse**



Fuente: Mansuri, 2018

### 2.3.2. Big Data Analytics

Big Data se dedica al análisis, procesamiento y almacenamiento de grandes conjuntos de datos, normalmente son originadas de diferentes fuentes de datos heterogéneas (Erl, 2016). Esta heterogeneidad puede provenir de datos estructurados (base de datos SQL y archivos Excel), datos no estructurados (archivos de audio, video, bases de datos no SQL) y datos semi estructurados (archivos CSV, JSON, XML).

Actualmente, múltiples autores mencionan que los sistemas Big Data se caracterizan porque buscan resolver problemas asociados con las 7V: Volumen, Velocidad, Variedad de los datos, Veracidad de los datos, Viabilidad, Visualización de los datos, Valor de los datos.

Los sistemas *Big Data Analytics* se puede aplicar y aprovechar de sus beneficios en los sectores manufactura, comercio minorista (*retail*), salud, gas y petróleo, telecomunicaciones, y financieros (Oracle, 2020).

Los sistemas *Big Data* al aplicarse en logística se puede obtener beneficios como la predicción de demanda en la gestión de almacenes, mejoras en los procesos y en la gestión logística.

Una vez recolectados los datos, el siguiente paso será el análisis de estos, esto se conoce como "Análítica de Datos" o "Data Analytics". Existen diferentes tipos de analítica que se detallan a continuación:

#### 2.3.2.1. Analítica Descriptiva

Describe un momento determinado y responde a preguntas como ¿Qué está sucediendo? Esta analítica toma datos en tiempo real y datos históricos. Busca descubrir las razones que llevaron a producir una condición (éxito o fracaso) en un determinado momento de la empresa o proceso en análisis.

#### 2.3.2.2. Analítica Predictiva

Describe lo que podría ocurrir en el futuro y responde a preguntas como ¿Qué podría suceder en el futuro en función de las tendencias y patrones del pasado? Esta analítica con base a patrones y tendencias de datos del pasado puede generar datos con precisión sobre lo que podría suceder en el futuro, con ello una empresa puede ayudar a establecer objetivos claros, una planificación eficaz y con expectativas más reales de la empresa o proceso en análisis.

#### 2.3.2.3. Analítica Prescriptiva

Describe lo que debería hacerse para obtenerse mejores resultados y responde a preguntas como ¿Qué debería de hacer? Esta analítica aporta a la analítica predictiva la capacidad de brindar la receta que resultará en acciones que podrían ayudar a maximizar las métricas clave buscadas.

#### 2.3.2.4. Analítica de Diagnóstico

Describe las razones por la que se llegaron a obtener los resultados en un momento determinado y responde a preguntas como ¿Por qué sucedió? Esta analítica se utiliza para obtener una visión profunda de un problema dado, y para ello se requiere que se cuente con datos suficientes que ayuden con la determinación de la solución.

### **2.3.3. Visualización de Datos:**

Para poder aprovechar las capacidades de analítica, es importante presentarlos con técnicas de visualización. La visualización de datos es el proceso de transformar los datos en gráficos resumidos. Una técnica de visualización de datos es el “Data Storytelling”, con

la que se construye una narrativa con el conjunto de datos, su objetivo es comunicar los “insights” encontrados de una manera fácil y contundente.

En la siguiente imagen, explica las diferentes fases de la construcción de la creación de una historia a partir de los datos:

**Figura 10. Pasos para crear una historia a partir de los datos**



Fuente: Anónimo

Los productos de visualización de datos empresariales más conocidos son *Microsoft Power BI*, *Tableau*, *IBM Cognos*, entre otros. Para el actual trabajo, se estará utilizando *Microsoft Power BI*, agregando componentes visuales adicionales, principalmente:

- **Forecasting With Arima:** Es un objeto visual personalizado con tecnología R que implementa el *Modelado de Promedio Móvil Integrado Autorregresivo (ARIMA)* para hacer pronósticos (Efrati y Vilesov, 2018). Para su uso se requerirá habilitar las *extensiones de R en Power BI Desktop*. Esta visualización es más precisa que el *Forecasting* nativo de *Power BI*, y por el algoritmo utilizado, puede llegar a consumir un elevado consumo de CPU para altos volúmenes de datos.
- **Synoptic Panel:** Permite crear visualizaciones de tipo “mapa”. Para diseñar un “layout” o mapa para la visualización “Synoptic Panel”, será necesario construirlo desde la Web de *OKViz Corp*: <https://synoptic.design/> (OKViz Corp, 2018).

Para preparar un *layout*, se hace necesario crear un diseño - para el presente trabajo, diseño de un almacén - en un editor de imágenes (de extensión .jpg). Luego, en la web de Diseño de *Synoptic* (<https://synoptic.design/>) se procede a marcar y etiquetar las zonas que serán los contenedores de almacén. El archivo resultante (de extensión .svg) se

importa al *Dashboard* de *Power BI Desktop*, donde se enlaza a los campos, para el caso del presente trabajo sería el nombre de contenedor y número de artículos.

### 2.3.4. Internet de las Cosas Industrial

El Internet de las Cosas (*IoT*) por su aplicación, se ha dividido en dos tipos:

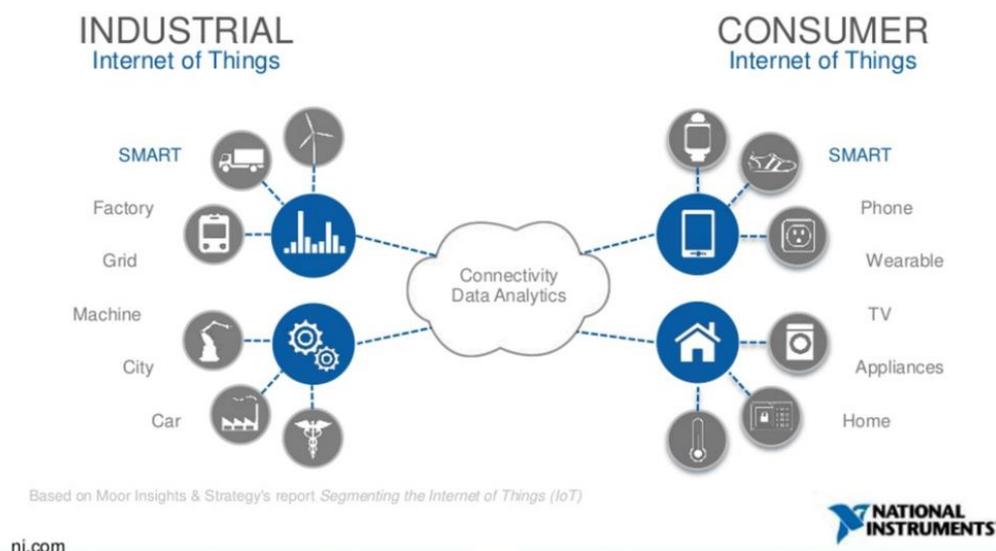
- *IoT* de Consumo, o simplemente *IoT*.
- *IoT* Industrial, o *IIoT*.

El *IoT* de Consumo, se centra en aplicaciones generales, transforma los objetos cotidianos (relojes, juguetes, luces del hogar, entre otros) en dispositivos digitales utilizando sensores y actuadores, con los cuales tienen capacidad de control remoto y toma de decisión autónoma e inteligente.

El Internet de las Cosas Industrial (*IIoT*), se centra en aplicaciones industriales, se refiere a millones de dispositivos industriales conectados a redes inalámbricas y que recopilan y comparten datos, los cuales hacen posible la fábrica inteligente y a los sistemas ciber físicos (CFS), componentes importantes de la *Industria 4.0*.

El *IIoT* tiene una amplia expansión por el bajo coste de sensores pequeños, actuadores y dispositivos inteligentes, sumados a las redes inalámbricas de gran ancho de banda, permite crear soluciones con un nivel de inteligencia digital que permitan monitorearse, compartir datos de contexto, comunicarse con otros dispositivos, y realizar cambios automáticos. Los datos generados se pueden recopilar y analizar para hacer que los procesos comerciales sean más eficientes.

**Figura 11. IIoT vs IoT de Consumo**



Fuente: *ni.com*

Dependiendo del tipo de industria, las necesidades de una *Arquitectura IIoT* variarán; por ejemplo, una fábrica que emplea robots requerirá comunicación en tiempo real y baja latencia, a diferencia de la industria del agro donde se podría gestionar los datos cada hora sin inconvenientes.

Para el diseño de una *Arquitectura IIoT* será recomendable guiarse de un marco de referencia. Se lista las más relevantes:

- *IIRA*, creada por la Industrial Internet Consortium (IIC).
- OpenFog Consortium (inspirada en ISO/IEC 42010).
- Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0).
- FIWARE.
- Industrie du Futur
- Piano Industria 4.0
- International Data Space

La IIC (Lin et al., 2017) define cuatro puntos de vista de la arquitectura *IIRA*, los cuales ayudan a tener una vista de 360 grados de la solución a implementar:

- Punto de vista de negocio.
- Punto de vista de uso.
- Punto de vista funcional.
- Punto de vista de implementación

**Importante:** En el presente documento cuando se hace referencia a *IoT* se debe tomar en cuenta que se refiere al “IoT Industrial”, más no a “IoT de Consumo”, debido a que el término *IIoT* aún no se ha adoptado completamente en el mercado. Esto se puede notar en las soluciones *WMS*, Plataformas *IoT* y otros, que fueron detallados en el contexto del arte.

### 2.3.5. Integración de Sistemas

La integración de sistemas es el proceso de conectar diferentes sistemas o subsistemas en un único gran sistema que opere si fuera único.

La principal razón para que las empresas realicen la integración de sus sistemas es para mejorar la productividad y la calidad de sus operaciones. Con la integración de los sistemas, se busca acelerar los flujos de información y reducir los costos operativos para la organización. La integración de sistemas puede incluir la integración con proveedores, entidades gubernamentales, y otros terceros relacionados con la empresa.

La integración de los sistemas frecuentemente se logra mediante:

#### 2.3.5.1. La exposición de APIs:

Las *APIs* (Application Programming Interface) son un conjunto de funciones y procesos que permiten el acceso al bac-kend de un software para aprovechar las funciones ya creadas (Viewnext, 2019). Se acceden por Internet o redes privadas virtuales. Normalmente cuentan con capas de seguridad para la protección de los datos. Es el método más seguro y eficaz para la integración de sistemas.

#### 2.3.5.2. Automatización con RPA

Se define al *RPA* (Automatización Robótica de Procesos) como la tecnología de software que permite crear, implementar y administrar a robots de software. Los *RPA* simulan actividades humanas como tareas de digitación, clics de mouse y toma de decisiones de acuerdo con reglas (UIPath, 2022).

Por lo general se utilizan para automatizar tareas en sistemas cerrados o antiguos (*legacy*) a los cuales se hace imposible el acceso a su capa de programación o base de datos, y también para desarrollar tareas repetitivas como completar grandes cantidades de formularios.

En cuanto a la integración de sistemas, este método debe utilizarse únicamente cuando la exposición de *APIs* y Acceso directo a la Base de Datos no son opciones viables.

#### 2.3.5.3. Acceso directo a Base de Datos.

Regularmente se utilizan en empresas con desarrollos pequeños, en ambientes de pruebas y desarrollo de prototipos.

Para la integración de sistemas donde no se cuente con *APIs*, pero sí se cuente acceso directo a la base de datos, será recomendable construir *APIs* que faciliten y controlen el acceso a las bases de datos mediante esta vía.

**Importante:** El presente trabajo diseñará una arquitectura con la integración de sistemas basadas en *APIs*; pero, para el desarrollo del prototipo se utilizará el acceso directo a base de datos.

### 2.3.6. Computación en la Nube

La computación en la nube – *Cloud Computing* en inglés – es el nombre que se le da a una red de servidores conectados entre sí, cuyo objetivo es la entrega de productos, servicios y soluciones comerciales a personas o empresas en diferentes regiones a través de una red de

comunicaciones como Internet. Actualmente, la computación en la nube es una de las principales opciones que toman las empresas, aprovechando sus características de rapidez y flexibilidad al momento de adquirir recursos, rentabilidad y seguridad (IBM, 2022).

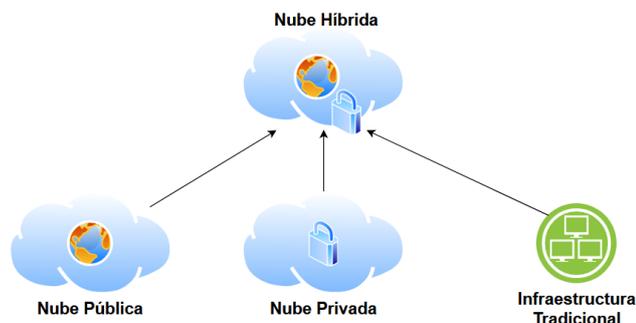
Los proveedores y sus servicios más populares de computación en la nube se encuentran Microsoft - Azure, Amazon - AWS, IBM - Red Hat, Google – Google Cloud, entre otros. Cada una de ellas ofrece diferentes servicios y opciones de pago. El acceso a los recursos lo brindan mediante su plataforma, línea de comandos, *APIs*, entre otras. De acuerdo con estas características, las empresas deciden qué proveedor(es) de nube se le acomoda(n) mejor.

#### 2.3.6.1. Clasificación de Nube por su Tipo de Implementación

La computación en la nube se clasifica por tres principales tipos:

- **Nube Pública:** Se entrega a través de Internet y se comparte entre organizaciones, con lo que se abarata costos. Al ser la infraestructura compartida, se le conoce por ser una opción menos segura; sin embargo, los proveedores de nube pública invierten altos montos económicos en asegurar su plataforma.
- **Nube Privada:** Está dedicada exclusivamente a una organización. Ofrece un mayor nivel de seguridad, sin embargo, el costo suele ser alto en comparación con una nube pública.
- **Nube Híbrida:** Es cualquier entorno que utiliza nubes públicas, privadas, e infraestructura local (tradicional) inclusive.

**Figura 12. Nube Híbrida**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 2.3.6.2. Modelos de Entrega de Nube - Como servicio:

En general, el término "como servicio" ("As A Service" en inglés) hace referencia a un servicio de nube que presta un tercero, de modo que las personas o empresas se dediquen a su negocio u objetivo. Hay tres tipos principales de opciones de nube "como servicio": Infraestructura como servicio (IaaS), Plataforma como servicio (PaaS) y el Software como servicio (SaaS). Cada uno cubre cierto grado de gestión (Red Hat, 2020).

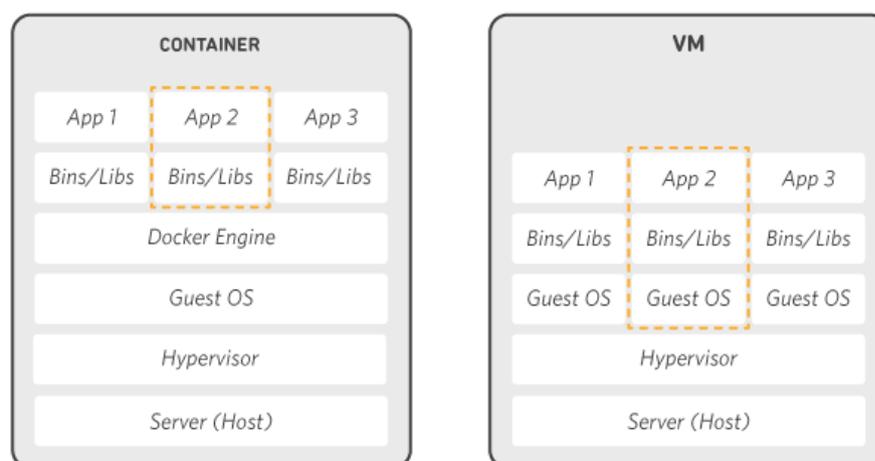
### 2.3.6.3. Virtualización y Contenedores:

En la actualidad, la nube viene generando una revolución de desarrollo de aplicaciones y administración de sistemas de TI. La infraestructura rápida, ágil, económica y altamente escalable, ofrecida en autoservicio y con facturación de pago por uso, viene mejorando la eficiencia operativa y permitiendo una obtención de valor más rápida a las empresas. La aparición de contenedores, con su inicio rápido, empaque de aplicaciones estandarizadas y modelo de aislamiento, contribuye aún más a la eficiencia y la agilidad (Russinovich, 2016).

**Docker**, es una plataforma de software que facilita la creación, prueba e implementación de aplicaciones; todo ello con mayor velocidad a una implementación tradicional. *Docker* empaqueta software en unidades estandarizadas que reciben el nombre de contenedores, proporcionando una manera estándar para ejecutar código. Los contenedores incluyen todo lo necesario para que el software se ejecute: bibliotecas, herramientas de sistema, código y tiempo de ejecución. Con *Docker* se puede implementar y ajustar la escalabilidad de las aplicaciones en cualquier entorno, asegurando que el código en el contenedor se ejecute. (AWS, 2022).

*Docker* es un sistema operativo para contenedores, de manera similar a una máquina virtual elimina la necesidad de administrar directamente el hardware del servidor, los contenedores virtualizan el sistema operativo de un servidor. *Docker* se puede instalar en una gran variedad de Sistemas Operativos, Hardware (inclusive *Raspberry*) y Plataformas de Nube. *Docker* para su gestión proporciona comandos sencillos que puede utilizar para crear, iniciar, detener y eliminar contenedores.

**Figura 13. Diferencia entre Contenedores y Máquinas Virtuales**



Fuente: [https://d1.awsstatic.com/Developer%20Marketing/containers/monolith\\_2-VM-vs-Containers.78f841efba175556d82f64d1779eb8b725de398d.png](https://d1.awsstatic.com/Developer%20Marketing/containers/monolith_2-VM-vs-Containers.78f841efba175556d82f64d1779eb8b725de398d.png)

**Importante:** El presente trabajo, estará basado en Infraestructura de *Nube Híbrida*, integrando el *Data Center* de *Motorex S.A.* con la plataforma *Cloud pública* (IBM Cloud y Microsoft *Power BI*), y a su vez tendrá base en *Docker* para la implementación de los prototipos y su posterior implementación en producción.

## 2.4. Conclusiones sobre el estado del arte

Actualmente, *Motorex S.A.*, al igual que la mayoría de las *PYMES*, tiene procesos de digitalización bajos y procesos manuales que requieren esfuerzos económicos para su solución. El aplicarse un *Framework Ágil* servirá para descubrir oportunidades de mejora en la empresa que se resolverían con la incorporación de tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0*. Para el caso de la empresa *Motorex S.A.*, se encuentra como viable la oportunidad de poder controlar eficientemente sus stocks en sus almacenes, teniendo visibilidad en tiempo real.

Realizando estudios tecnológicos y de productos del mercado, se encuentra que diversas compañías han diseñado soluciones completas y complejas basadas en *RFID* y otros habilitadores de la *Industria 4.0*; sin embargo, el costo de su implementación y mantenimiento es aún alto, lo que hace su difícil acceso a empresas medianas. Por estas dificultades, muchas compañías dejaron de verlas como opción viable.

Por otro lado, la aparición de más proveedores de tecnología *RFID* están haciendo que los costes bajen, por lo que diseñar una solución específica con base en *RFID* y apoyada con habilitadores de la *Industria 4.0*, podrían hacer que se encuentren diferentes oportunidades que a la fecha no eran conocidas por las empresas; con lo cual, su implementación podría tener un retorno de inversión visible en un corto o mediano plazo.

## 3. Descripción general de la contribución del TFM

En el presente capítulo se describen los objetivos, la metodología de trabajo, y la descripción general de las partes y componentes de la propuesta.

### 3.1. Objetivos

#### Objetivo general

Diseñar un *Framework Ágil de Innovación y Transformación Digital* para la empresa peruana *Motorex S.A.*, con el que, en una iteración de cuatro semanas, se encuentre una oportunidad de mejora, y para ella se Diseñe una Arquitectura basada en habilitadores de la *Industria 4.0*.

#### Objetivos específicos

- Diseñar un *Framework Ágil de Innovación y Transformación Digital*.
- Ejecutar una prueba piloto del *Framework Ágil* y encontrar una oportunidad de mejora.
- Diseñar una *Arquitectura IIoT* para automatizar el Inventario en Almacenes.
- Diseñar dos Prototipos que cubran parte de la *Arquitectura IIoT* propuesta.

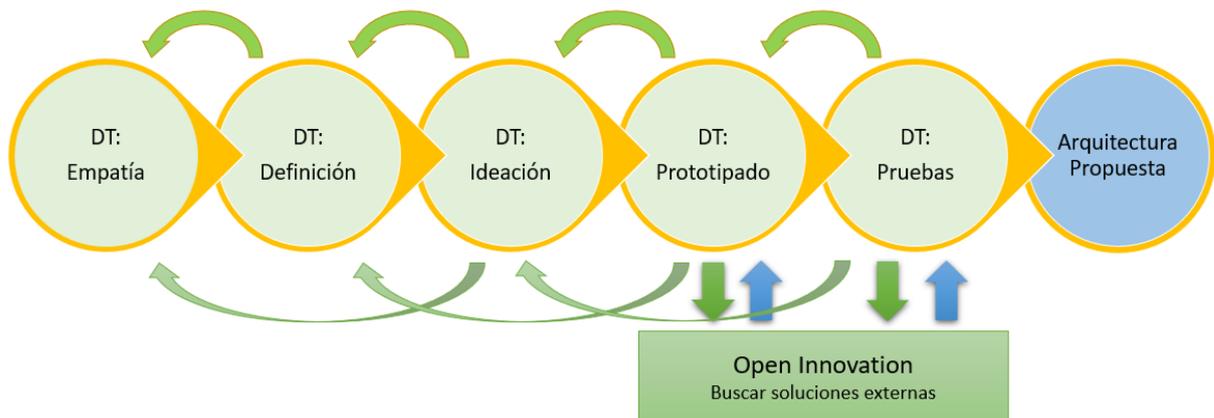
### 3.2. Metodología del trabajo

Para dar inicio al proceso de *Innovación y Transformación Digital*, se define una metodología de trabajo basado en *Design Thinking* y *Open Innovation*, bautizada con el nombre *CreciendoJuntos*, de acuerdo con los directivos de la empresa se decide hacer una prueba piloto en el Departamento de Logística. Se define la estrategia con la que se abordará el piloto para encontrar la oportunidad de mejorar y proceder con el Diseño de la Arquitectura propuesta. La arquitectura estará basada en el marco de referencia de la *IIRA*, y de la cual se realizarán diversos prototipos para demostrar su factibilidad.

La metodología *Design Thinking* consta de cinco etapas iterativas entre ellas, las mismas que pueden saltarse entre los pasos en casos de ser necesario (Dinngo, 2022); el *Open Innovation* extiende las oportunidades de innovación haciendo partícipes a proveedores y clientes de la organización.

A continuación, se describe los flujos de *Design Thinking* y *Open Innovation*, que en su conjunción resultan el *Framework Ágil* propuesto:

**Figura 14. Fases del Proceso de Design Thinking y Open Innovation**



*Fuente: Elaboración Propia*

Además, el proceso propuesto propone una “Pizarra del Beneficio y la Factibilidad”, el cual de manera gráfica permita identificar las propuestas clasificadas por el beneficio que brindarán y la factibilidad de su implementación, ambos en escalas de muy bajo a muy alto.

Para la mejor comprensión, se define a continuación las fases del *Framework Ágil* propuesto:

- **Fase de Empatía:**

Se da inicio con una amplia comprensión de las necesidades de los usuarios implicados –los expertos– en la solución a desarrollar, se motiva a que participen y propongan oportunidades de mejorar.

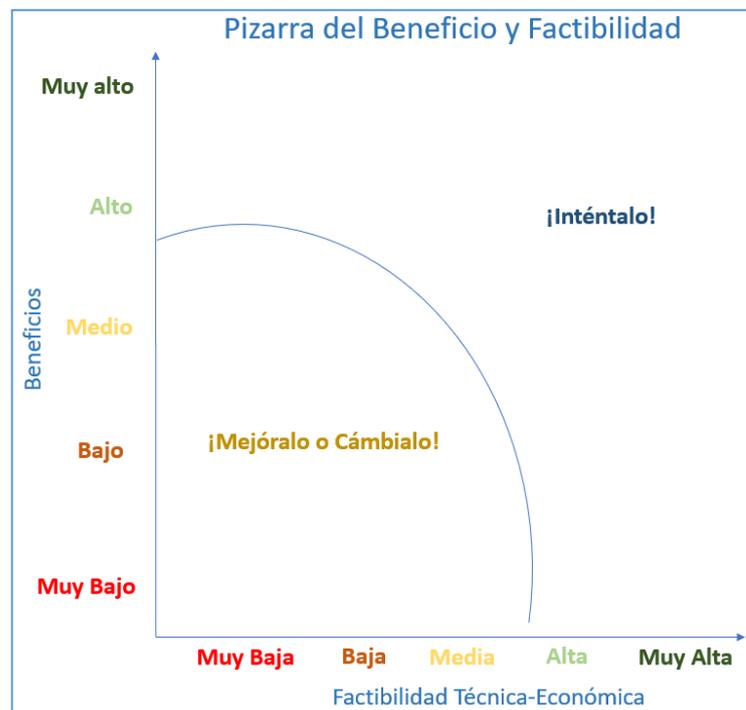
La meta de este paso es conseguir que se plasmen la mayor cantidad de ideas que podrían traer mejores beneficios al Departamento y a sus expertos participantes, de ellas se elegirá a las que pasen a la siguiente fase mediante un proceso de votación.

- **Fase de Definición:**

De las oportunidades encontradas en la fase previa, los expertos deben de argumentar las oportunidades de su desarrollo, destacando los beneficios que traería y analizando la viabilidad técnica y económica.

Luego se deben de ubicar las ideas en la “Pizarra del Beneficio y la Factibilidad”, las que se ubiquen en la zona “¡Inténtalo!” serán candidatas para continuar en la siguiente fase. El uso de la pizarra puede ayudar a redefinir los beneficios y factibilidad técnica-económica de las oportunidades propuestas antes de pasar a la siguiente fase.

**Figura 15. Pizarra del Beneficio y la Factibilidad**



*Fuente: Elaboración Propia*

- **Fase de Ideación:**

Se proponen alternativas de cómo sería la solución, se plantean ideas y componentes tecnológicos, que luego se argumentan y debaten los beneficios y la factibilidad técnica-económica de manera similar a la fase anterior con el uso de la "Pizarra del Beneficio y Factibilidad". Se debe de decidir si el Departamento de Sistemas cuenta con capacidad para el desarrollo, o si es necesario acudir a proveedores expertos para cubrir con todo o parte de la solución.

En caso de encontrarse ideas en la zona "¡Inténtalo!" se procederá a llevarlo a la siguiente fase, caso contrario, se podrá regresar a cualquiera de las fases anteriores que se consideren necesarios.

- **Fase de Open Innovation:**

Para el desarrollo de la solución o los componentes que son necesarios delegar a un proveedor experto, se deberá de evaluar si los actuales proveedores de la empresa pueden resolverlos, o buscar unos nuevos en caso de ser necesario. Se debe definir de continuar con este paso si se encuentran a los expertos externos y cuyo coste de asesoría la empresa esté dispuesto a invertir.

En caso de ser positivos los resultados de esta fase, se debe de continuar con las fases de prototipado y pruebas con el apoyo de los expertos externos, caso contrario, se debe retornar a las fases previas para encontrar otras alternativas.

- **Fase de Prototipado:**

Se busca hacer realidad a las soluciones planteadas con el desarrollo de prototipos que traten de abarcar la mayor parte de la solución planteada, o que al menos muestre cómo sería la solución final.

Esta fase permitirá aprender más del proceso y también definir y delimitar los nuevos alcances, así como pensar en nuevas alternativas.

- **Fase de Pruebas:**

Los usuarios deben de probar los prototipos en desarrollo, con los que se busca obtener una realimentación real para encontrar oportunidades de mejoras que den valor, fallos a corregir, diferentes carencias, opciones de aprendizaje, etc. Una vez que se tenga un prototipo funcional con la aceptación de todos los usuarios, recién se podría llevar a su construcción final.

En caso de no conseguirlo, será necesario seguir iterando en las fases anteriores. Para el caso de la cobertura del presente TFM, por cuestiones de tiempo, no se llega a cubrir esta fase.

### 3.3. Descripción general de las partes o componentes de la propuesta

En este apartado se describe los componentes de la propuesta como el alcance, las limitaciones, el listado de participantes, las tecnologías implicadas, la solución planteada, los resultados esperados y la planificación general.

#### **Alcance y limitaciones**

El alcance del presente TFM plantea una metodología de *Innovación y Transformación Digital* que consta de una iteración en la cual se encuentra una oportunidad de mejora en el Área de Almacenes, para la cual se propone un Diseño de Arquitectura basado en *IIRA*, y un prototipo que muestre cómo será la solución, todo ello con la finalidad de cubrir con los objetivos descritos en el presente TFM. Debido al tiempo limitado para el desarrollo del trabajo, no se incluyen labores de pruebas ni cotizaciones con proveedores, ni tampoco pruebas físicas con dispositivos *RFID*.

## Listado de participantes

Dentro de los participantes, se cuentan:

### a. Autor de TFM:

- Hector Najarro – Autor del TFM y Arquitecto de la solución.

### b. Colaboradores de Motorex S.A.:

- **Gerente General:** Patrocinador del Proyecto.
- **Gerente de Operaciones:** Responsable de las Operaciones en la empresa. Brinda los lineamientos y metas del Departamento de Operaciones.
- **Gerente de Contabilidad y Finanzas:** Responsable de las finanzas en la empresa. Evalúa y aprueba los presupuestos para su ejecución en caso de encontrarse factibilidad económica.
- **Coordinador de Calidad:** Responsable de la mejora continua en la empresa.
- **Jefe de Sistemas:** Responsable de infraestructura, desarrollo y comunicaciones de TI de la empresa. Brinda información y facilidades relacionada al departamento, participa activamente en el diseño de la solución.
- **Jefe de Almacén y Logística:** Responsable del control, recepción, despacho y transporte de los artículos que comercializa la empresa. Brinda información del manejo de almacén y sus objetivos.
- **Administrador de Almacén M30:** Responsable del control, recepción y despacho de los artículos en el almacén M30. Brinda información del manejo del almacén, prueba la solución y brinda retroalimentación de esta.
- **Operador de Almacén M30:** Encargado de control, recepción, despacho y correcto almacenaje de los artículos en el almacén M30. Brinda información del manejo del almacén, prueba la solución y brinda retroalimentación de esta.

## Tecnologías y Habilitadores de la Industria 4.0 implicados:

Para el diseño de la arquitectura basado en la *IIIRA*, se considera:

### - Tecnología RFID:

Servirá para la identificación manual o automática de los artículos en almacén.

### - Dispositivos IoT:

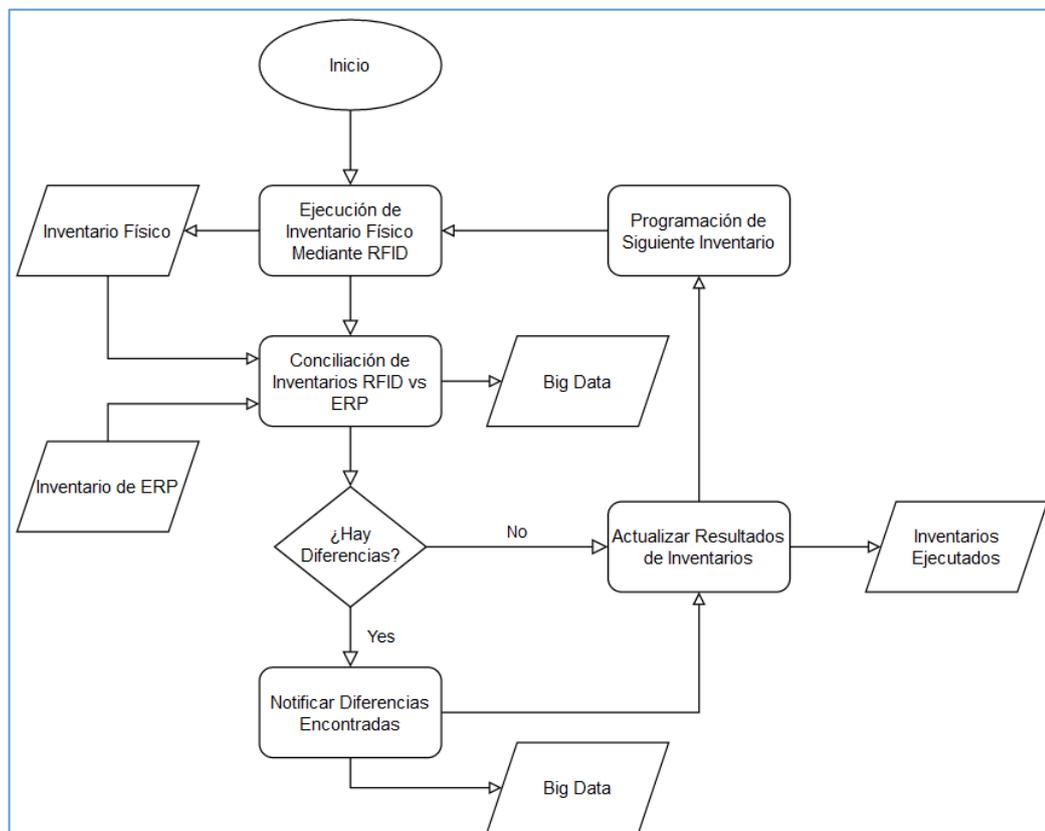
Servirán para desencadenar acciones como inventario, notificaciones, y a su vez se comunica con la Plataforma *IoT*.

- **Plataforma IoT:**  
Servirán para el procesamiento de los eventos de *IoT* y la virtualización de los almacenes, con los mismos que se podrá visualizar en un tiempo cercano al real su estado mediante indicadores definidos.
- **Big Data Analytics:**  
Servirá para recopilar datos de las diferentes fuentes y relacionarlas. Mediante tableros visuales permitirá conocer el estado de los almacenes, así como hacer predicciones.
- **Integración de Sistemas:**  
Permitirá integrar al *ERP* existente con solución propuesta de manera que el sistema se vea como un sistema único.

### Solución planteada

Como se indicó líneas arriba, artículos de la iteración basada en la metodología propuesta, se determina que se debe de desarrollar una solución para el control de inventarios. Para ello, se propone una arquitectura basada en *IIRA*, que mediante el siguiente flujo deberá de ejecutarse de manera automática periódica en intervalos determinados:

**Figura 16. Flujo de inventario automatizado propuesto**



Fuente: Elaboración Propia

## Resultados esperados

Se espera que el piloto del *Framework Ágil* propuesto tenga éxito en el Departamento de Logística, para luego adaptarse de manera permanente en toda la organización.

Se espera también, que los prototipos muestren con claridad de cómo sería el funcionamiento de la solución propuesta *WMS-IIoT*, para que puedan ser aceptado por la empresa *Motorex S.A.* y se de inicio con su implementación, con lo que pueda contribuir con su proceso de *Innovación y Transformación Digital*, y que le lleve a obtener beneficios en sus procesos y traiga consigo resultados económicos a partir del tercer año de inversión.

## Presupuesto y retorno esperado de la inversión

Se estima que la implementación tenga un costo de aproximadamente € 25.000, en el primer año se generen gastos de € 31.300, los mismos que se incrementarían a € 33,800 en el segundo año y años posteriores. Los ahorros se verán a partir del año 3, luego de haber terminado las pruebas y optimizaciones, que producirían un ahorro de € 63.200 anuales, con lo que se espera tener un retorno de inversión a partir del año 3. El sustento de este punto se detalla en el apartado “4.5 Estimaciones de Tiempo y Costos”.

## Planificación general

La planificación se da en las siguientes fases:

1. Análisis de la empresa y su entorno, tal como se describe en el entorno del arte.
2. Determinación del área a aplicar el proceso de *Innovación y Transformación Digital* propuesto.
3. Ejecución del proceso de *Innovación* y determinación de solución a desarrollar.
4. Definición de los requerimientos y las tecnologías involucradas de la solución.
5. Investigación de soluciones existentes en el mercado y proveedores que puedan ser partícipe del proceso.
6. Estudio y selección de los componentes tecnológicos y habilitadores de la *Industria 4.0* a implementar en la solución.
7. Diseño de la Arquitectura planteada como solución a la problemática descrita y que cubra los objetivos planteados
8. Elaboración de presupuesto de la Arquitectura y presentación a la empresa para su futura implementación.
9. Conclusiones y plan de trabajo futuros para la implementación de la solución y continuidad del proceso de *Innovación y Transformación Digital*.

## 4. Desarrollo específico de la contribución

En este capítulo se describe la aplicación de la metodología de Innovación, el proceso actual e identificación de requisitos, la solución propuesta, el desarrollo de la arquitectura y las estimaciones de tiempo y costos.

### 4.1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INNOVACIÓN

Para diseñar la una solución de *Innovación y Transformación Digital*, se hace necesario conocer a la empresa y contar con el apoyo de la Alta Dirección. Debido a que la empresa cuenta con una cultura de calidad, la propuesta se hace bienvenida sin mayor problema.

Conociendo la empresa y el contexto de esta, en una primera reunión de trabajo con la Alta Dirección, Calidad, y el Departamento de Sistemas, se determina que la metodología que mejor se puede adaptar a la empresa es la conjunción de *Design Thinking* y *Open Innovation*, a la que la empresa denomina “*CreciendoJuntos*”, el cual se ejecutará como una prueba piloto antes de involucrar a toda la organización.

Para comenzar con *CreciendoJuntos*, en esta primera reunión de trabajo, se determina que se tomará como piloto al Departamento de Logística, por considerarse un buen candidato a encontrar oportunidades de mejora para emplearse habilitadores de la *Industria 4.0*. Para ello, en una segunda reunión de trabajo, con el soporte de la Gerencia de Operaciones, se sustenta a los Líderes del Departamento de Logística sobre el plan piloto *CreciendoJuntos*, a los que se les explica que la misión es de ayudarlos a hacer mejor su trabajo. Se plantea entonces una tercera reunión para informar a los empleados. Durante esta reunión, se hace el anuncio oficial del piloto, se les explica los objetivos, se anuncia los nombres de los participantes en el proyecto, y las fechas en las cuales se les requerirá.

Para armar el equipo *CreciendoJuntos*, se determinan tres roles:

- **Facilitador:** Dirige las sesiones de trabajo y ayuda a los expertos a expresar sus ideas y liberar su creatividad. Está al servicio de los expertos.
- **Back-Up:** Brinda soporte al facilitador y lo representa en su ausencia.
- **Experto:** Participa activamente en el proceso brindando ideas y soluciones.

Se determina los participantes y roles del equipo *CreciendoJuntos*:

- Hector Najarro – Arquitecto de la Solución – Facilitador.
- Coordinador de Calidad – Back-up.
- Jefe de Sistemas – Experto.
- Gerente de Operaciones – Experto

- Jefe de Almacén y Logística – Experto
- Administrador de Almacén – Experto
- Operador de Almacén 1 – Experto
- Operador de Almacén 2 – Experto

Se definen entonces, desarrollar cuatro *mesas de trabajo*, las mismas que se llevarán a cabo de manera virtual los jueves de 4pm a 5pm, horario definido de poca carga laboral para los participantes del equipo. Para el trabajo se hace uso de la Pizarra Virtual “miro”, el cual cuenta con etiquetas “post-it” virtuales.

Se espera que, de estas cuatro reuniones, se pueda llegar a contar con la solución a desarrollar, así como sus alcances, funcionalidades y limitaciones de lo que cubrirá.

A continuación, se detalla la metodología aplicada en el piloto, y los pasos que conllevaron a brindar un resultado durante las cuatro sesiones de trabajo. Se detalla con ejemplos para un mejor entendimiento y sustento de este:

#### 4.1.1. Fase de Empatía

Los participantes brindaron diferentes ideas de problemáticas a abordar, la labor del Facilitador es determinante al mantener el orden de la reunión, apoyando a los expertos a que logren transmitir sus ideas y oportunidades de mejora; y, sobre todo, hacerlos sentir que son importantes para la empresa. Se resume las actividades de las sesiones realizadas en la pizarra virtual “miro”:

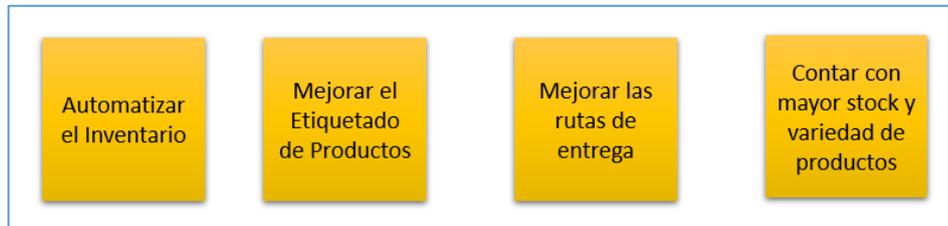
- **Definir propuestas:** Los usuarios a manera de lluvia de ideas, plasman sus propuestas en etiquetas en la pizarra virtual (10 minutos).
- **Justificar:** Los usuarios explican sus propuestas (15-30 minutos aprox. dependiendo de la cantidad de propuestas), en caso de encontrarse propuestas iguales o similares, se las acomoda como una sola.
- **Elecciones:** Se vota por las ideas (3 minutos).
- **Definir los seleccionados:** Se selecciona las 4 mejores ideas (si es que las hubiera) a la siguiente fase (Definición).

Se detallan las ideas seleccionadas y su respectivo sustento:

- **Automatizar el inventario:** Lleva mucho tiempo realizar los inventarios manuales, especialmente cuando se hace inventario a una determinada línea de alta rotación.
- **Mejorar el etiquetado de artículos:** El proceso actual de etiquetado no resulta muy eficiente para los artículos de poca rotación, lo cual dificulta la búsqueda en ciertos casos.

- **Mejorar las rutas de entrega:** La empresa cuenta con sistema de determinación de rutas de entrega; pero el tráfico impredecible de la ciudad a veces genera incumplimientos.
- **Contar con mayor stock y variedad de artículos:** En algunas ocasiones se escuchan quejas de clientes por falta de stock y la poca variedad de determinadas líneas.

**Figura 17. Ideas seleccionadas en una iteración de la Fase de Empatía**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.1.2. Fase de Definición

De las ideas propuestas se procede a seleccionar una o dos ideas a llevar a la fase de ideación, justificándose con posibles resultados estimados que se obtendrían y la dificultad de la implementación. No se hace necesario que se conozcan a detalle los números estimados, lo más importante es que se emitan las ideas con sustento.

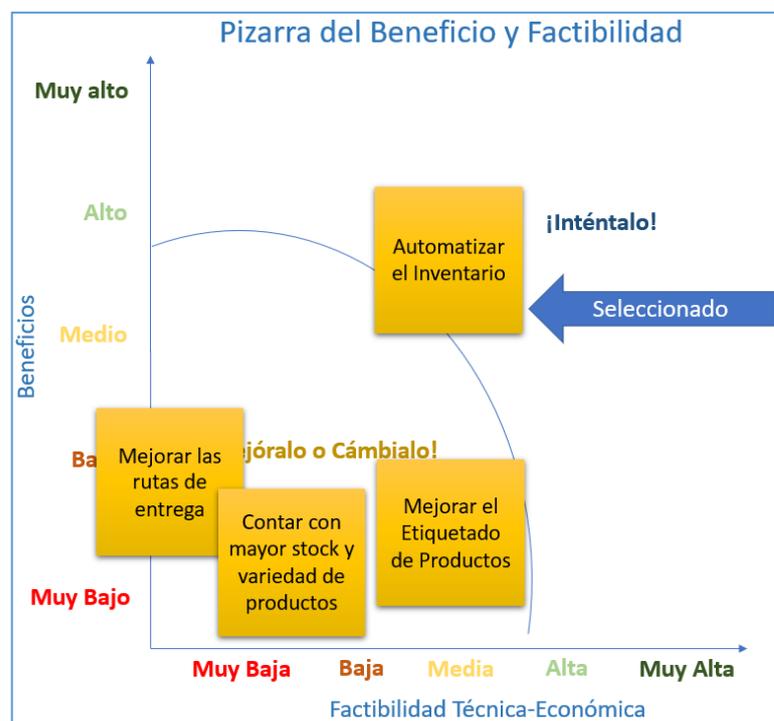
- **Automatizar el inventario:**
  - o **Beneficios:** *Alto*, se podrá reducir de tiempos en su ejecución, reducción de errores manuales.
  - o **Factibilidad Técnica-Económica:** *Medía*, se requiere de sensores, cámaras de reconocimiento visual, *RFID*, u otros cuyos costes que se desconocen, o se tiene experiencia de otras empresas cuyos resultados fueron insatisfactorios.
- **Mejorar el etiquetado de artículos:**
  - o **Beneficios:** *Bajo*, actualmente el etiquetado de los artículos se encuentra optimizado, y los casos ocurridos fueron puntuales en artículos antiguos.
  - o **Factibilidad Técnica-Económica:** *Medía*, se podría tener plantillas en el sistema que permita imprimir las etiquetas adhesivas de los artículos. Se requerirá modificar el sistema y adquirir impresoras de etiquetas adhesivas. Se requiere capacitación.
- **Mejorar las rutas de entrega:**
  - o **Beneficios:** *Bajo*, las rutas de entrega se encuentran automatizados, y los casos ocurridos fueron puntuales por casos inesperados en la ciudad, tales como cierre de calles por trabajos de las municipalidades o accidentes vehiculares.

- **Factibilidad Técnica-Económica:** *Baja*, se requiere de un sistema de inteligencia artificial más avanzado y costoso al actual. De manera alternativa se requiere mayor tiempo del personal monitoreando las alertas de tráfico de la ciudad.
- **Contar con mayor stock y variedad de artículos:**
  - **Beneficios:** *Bajo*, las ocurrencias de desabastecimiento se han dado en pocas oportunidades, y los artículos que no cuenta la empresa ya en diferentes veces se ha analizado, donde estos artículos son de bajo margen de utilidad.
  - **Factibilidad Técnica-Económica:** *Baja*, requiere mayor inversión para la compra de más artículos sin conocer el mercado, elevaría los costes de gestión en almacén.

De las ideas seleccionadas, en la “Pizarra del Beneficio y Factibilidad”, se ordenan a las ideas de acuerdo con las evaluaciones realizadas.

En las iteraciones de esta fase, no se encontró la solución ideal que brinde beneficios y factibilidad muy altos. Sin embargo, se encontró que “Automatizar el inventario” encajó en la zona “¡inténtalo”, por lo que se procede llevar a la siguiente fase. Adicionalmente, se concuerda que la opción de “Mejorar el Etiquetado de Artículos”, podría estar resuelta dentro la solución de “Automatizar el Inventario”.

**Figura 18. Definición de las ideas y selección con el análisis Beneficio-Factibilidad**



Fuente: Elaboración Propia

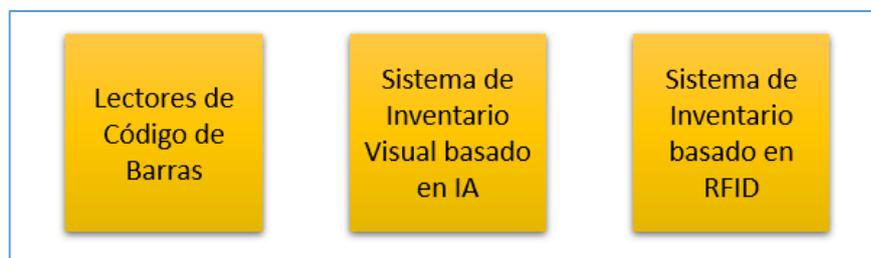
### 4.1.3. Fase de Ideación

Una vez seleccionada la idea a solucionar “automatizar el inventario”, se espera las ideas que planteen de cómo se resolverían; para lo cual, en una reunión de trabajo similar a la fase de empatía, se definen las alternativas en la Pizarra del Beneficio y Factibilidad:

- **Definir propuestas:** Los usuarios escriben sus propuestas en etiquetas (5 minutos).
- **Justificar:** Los usuarios justifican sus propuestas (15-30 minutos aprox.). Será de mucha utilidad que se presenten diagramas de flujo para su mejor entendimiento. Es importante la retroalimentación y conocimiento del Departamento de Sistemas y Arquitectura para no generar falsas expectativas. También se pueden replantear o mejorar las propuestas de ser necesarias. Similar al paso anterior, se deben mencionar los beneficios y la factibilidad técnica y económica de implementar la solución.
- **Definir la solución:** Se define la propuesta seleccionada (si es que las hubiera) a la siguiente fase (Prototipado), o como se indica en la metodología, regresar a las fases anteriores en caso de requerirse.

Para el ejemplo, se plantean tres alternativas:

**Figura 19. Soluciones planteadas para el Inventario Automatizado**



*Fuente: Elaboración Propia*

De las soluciones planteadas, se procede con la argumentación y debate de cada una de ellas en cuanto a sus beneficios y dificultad de implementación:

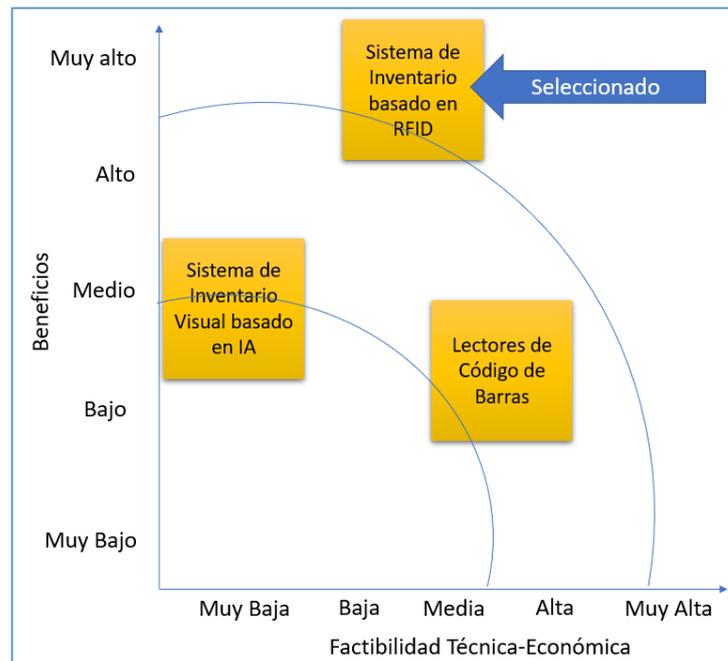
- **Implementar Lectores de Código de Barras:**
  - o **Beneficios:** *Medio-Bajo*, se agilizará la búsqueda de artículos utilizando este medio; pero, los inventarios siguen siendo manuales.
  - o **Factibilidad Técnica-Económica:** *Media-Alta*, se requiere adquirir lectores de código de barras, asegurar que en el *ERP* todos los artículos tengan establecido el correcto código de barras físico, asignar un código de barras único para los artículos con codificación no estándar (que generan duplicados que hagan conflicto con otros artículos) o inexistentes, se requiere capacitar al personal para su correcto uso.

- **Implementar Sistema de Inventario Visual basado en Inteligencia Artificial:**
  - **Beneficios:** *Medio*, con base en tecnologías de reconocimiento visual basados en inteligencia artificial y aprendizaje de máquina, se podría saber qué artículo exactamente falta, hacer conteos inmediatos, detectar artículos que empiezan a deteriorarse, artículos golpeados, apertura de cajas, etc.
  - **Factibilidad Técnica-Económica:** *Muy baja*, se requiere realizar permanente trabajo de entrenamiento visual por cada artículo que cuente la empresa y las características esperadas como beneficio. Contar con un prototipo funcional será muy difícil teniendo en cuenta factores que puedan interferir con la solución, como la intensidad de luz en el ambiente, obstaculización de la visión por personas y objetos en circulación, entre otros. Por el lado económico, implementar cámaras de alta resolución y almacenamiento de imágenes, así como toda su gestión, será costosa.
  
- **Implementar Sistema de Inventario con RFID:**
  - **Beneficios:** *Muy alto*, *RFID* es compatible con la mayoría de los artículos que comercializa la empresa, se podría conocer toda la historia del artículo que ingresa y sale del almacén, determinar si está cerca de su fecha de caducidad, entre otros. Al no requerir vista directa del lector o antena *RFID* con el artículo se puede conocer los inventarios en tiempo real, y tener una menor tasa de errores humanos.
  - **Factibilidad Técnica-Económica:** *Media*, en la empresa no se cuenta con personal especializado en *RFID* por lo que se tendrá que apelar por acudir a proveedores externos (*fase Open Innovation*), para que den su opinión y hagan sus propuestas en el tema; además, se deberá implementar la infraestructura *RFID* en los almacenes. En cuanto al software, se requerirá crear una solución con una base de datos que almacene la historia de cada artículo ya que los códigos de *RFID* de cada artículo deben ser únicos, el software deberá controlar bien esa base de datos e interactuar con el *ERP* para no generar inconsistencias, entre otras consideraciones técnicas.

Similar a la fase de definición, se procede a ubicar en el cuadro de beneficios vs factibilidad técnica-económica, donde se presenta la elección de “Sistema de Inventario basado en *RFID*”.

De la fase de Ideación, como resultante se opta por la solución “Sistema de Inventario basado en *RFID*”, si bien su factibilidad se considera “Media-Alta”, se debe determinar este costo en cuanto tiempo podría recuperar (ROI), y ello se lleva a cabo en las siguientes fases.

**Figura 20. Selección de Soluciones con base al análisis Beneficio-Factibilidad**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.1.4. Fase de Prototipado**

Una vez seleccionada la propuesta de solución a desarrollar, se propone a diseñar una arquitectura que cumpla con los requerimientos, en la misma que se determina el alcance, limitaciones y las responsabilidades entre los usuarios, el Departamento de Sistemas, Arquitectura, y los proveedores (fase *Open Innovation*).

#### **4.1.5. Fase de *Open Innovation***

Se requiere buscar y seleccionar a Proveedores que cuenten con áreas expertas en implementación de identificación de artículos mediante *RFID*, éstas podrían contemplar los requerimientos del problema a resolver: “Automatizar los inventarios con *RFID*”, que podrían incluir análisis de la infraestructura de los almacenes, tipos de artículos que comercializa *Motorex S.A.*, entre otros, los mismos que están definidos en la sección “3.3. Descripción general de las partes o componentes de la propuesta” del presente TFM.

#### **4.1.6. Fase de Pruebas**

En esta fase, se debe determinar si los prototipos obtenidos de desarrollo local o de los proveedores, son adecuados y cumplirán las expectativas de las gerencias y los usuarios de

almacén. En base a ello, la Gerencia tomará la decisión de invertir en la solución planteada, o si es necesario hacer ajustes a los alcances de la solución antes de aprobar el presupuesto, o rechazarse completamente.

Cabe agregar que, en caso de no optarse por la implementación de la solución propuesta, debe de regresarse a iterar en el proceso *CreciendoJuntos* para buscar otra alternativa que ofrezca importantes beneficios y sea técnica y económicamente factible de implementar.

## 4.2. PROCESO ACTUAL E IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS

En este apartado se describe el proceso actual del Departamento de Logística con respecto al requerimiento de “Automatización de Inventarios” y la identificación de los requisitos para el desarrollo de la arquitectura.

### 4.2.1. Descripción del proceso actual

Se describe el estado del arte de los procesos actuales relacionados con los inventarios y control de stock:

#### 4.2.1.1. Distribución de los Almacenes

*Motorex S.A.* cuenta con 04 almacenes en la ciudad de Lima, Perú:

- **Almacén M01:** Se encuentra anexo a la Oficinal principal de la empresa. Gestiona la línea de tuberías de cobre.
- **Almacén M03:** Es el almacén principal, se ubica a un kilómetro de distancia de las oficinas de la empresa. Es el almacén principal que abastece a las demás. Gestiona todas las líneas con excepción de insumos químicos.
- **Almacén M30:** Es el almacén de despacho directo a clientes. Se ubica a 50 metros de la oficina principal. Se encarga de los artículos de más alta rotación y la línea de insumos químicos.
- **Almacén M20:** Almacén de motores eléctricos y aire acondicionado. Comparte espacio con otras actividades de la empresa.

En resumen, las operaciones se encuentran principalmente en los almacenes M03 y el almacén M30, los cuales se determinan factibles para brindar la solución con *RFID*. Los almacenes M01 y M02 gestionan artículos de baja rotación y de poca factibilidad de uso con *RFID* (tuberías de cobre e insumos químicos), por lo que no se incluirán en el desarrollo de la arquitectura en el presente trabajo.

#### 4.2.1.2. Proceso de compras y abastecimiento

La empresa actualmente se abastece basándose en los siguientes criterios:

- Pedidos de los vendedores, los cuales pueden ser por artículos nuevos o que observen falta de stock en el *ERP*.
- Informes y proyecciones de ventas según Stock en almacén.
- Informes de almacén sobre artículos de alta rotación.

Luego de realizadas las compras, se coordina con el personal de almacén para gestionar los ingresos, los cuales emiten una nota de entrada a almacén con la cual harán efectiva la recepción del artículo en almacén y en el *ERP*, involucrando los módulos de Control de Inventarios, Pagos a Proveedores, y Contabilidad.

Como se indicó líneas arriba, se realizan traslados entre almacenes según las necesidades de demanda y estrategias propuestas por las áreas de Operaciones y Ventas.

#### 4.2.1.3. Proceso de Ventas

Se realizan de dos maneras:

- **Ventas personalizadas:** Asistidas por un asesor de ventas especializado, se dan de diferentes maneras que pueden ser presenciales en las instalaciones de la empresa, vía comunicación directa mediante teléfono o correo electrónico.
- **Ventas por la página web:** Las mismas que cuenta con un carrito de compras y asistente virtual, en el caso de complejidad, el asistente virtual redirige la consulta a un asesor.

Para ambos casos, los clientes pueden elegir recojo en tienda o delivery. El primer caso es preferido por los clientes que hacen compras al por menor; y el segundo, para los clientes que hacen recurrentes que hacen compras al por mayor, para los cuales *Motorex S.A.* planifica las entregas de acuerdo con las fechas de compromiso y capacidad de transporte.

Cabe recordar que, *Motorex S.A.* es proveedor de empresas de comercio al por mayor y menor, principalmente de los rubros de ferretería, fabricación, construcción y minería.

#### 4.2.1.4. Proceso de Despacho

Los responsables de almacén reciben las órdenes de compra del *ERP*, luego se encargan de buscar los artículos, empaquetarlos según sea el caso, y entregarlos a los clientes.

- **Para el caso del almacén M30:**  
Los clientes pudieron haber comprado directamente en oficina y dirigirse al mencionado almacén, para el cual se aproximan con su comprobante de compra (Factura),

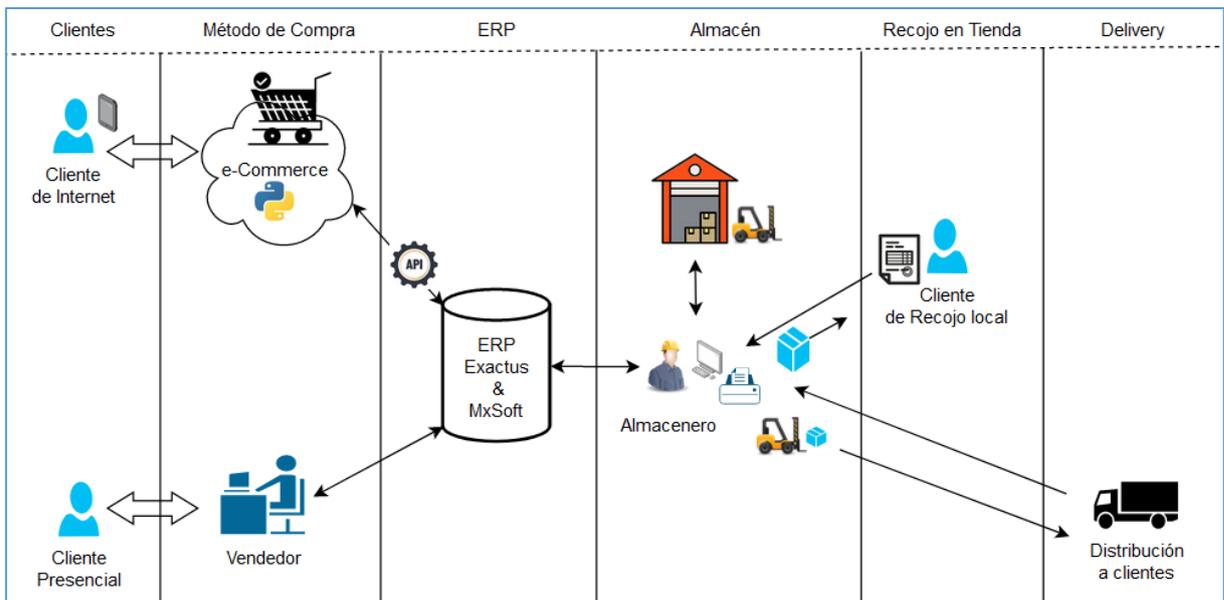
dependiendo de la concurrencia de clientes, pueden hacer fila de espera para que se le haga entrega de los artículos. En este caso, hacen entrega de su comprobante al encargado de almacén, quien verifica el documento, y genera una Guía de Remisión con el cual se evidencia la entrega de los artículos y la salida del almacén en el *ERP*.

- **Para el caso de las compras con despacho a domicilio (delivery):**

Los encargados de almacén hacen dos cortes en el día: 7am y 12m. Con estos cortes hacen los despachos de la mañana y de la tarde. Todos los pedidos posteriores a 12m serán entregados al día siguiente. Similar al paso anterior, al finalizar el corte, los encargados de almacén se encargan de buscar y de embalar los artículos de manera manual, y luego programar la ruta que tomarán los camiones de la empresa para realizar el *delivery*. A los clientes se les envía una notificación de la salida de los artículos de los almacenes y cuando están a un kilómetro de distancia del punto de entrega acordado.

La siguiente imagen describe gráficamente el actual proceso de ventas y despacho:

**Figura 21. Proceso Actual de Ventas y Despacho**



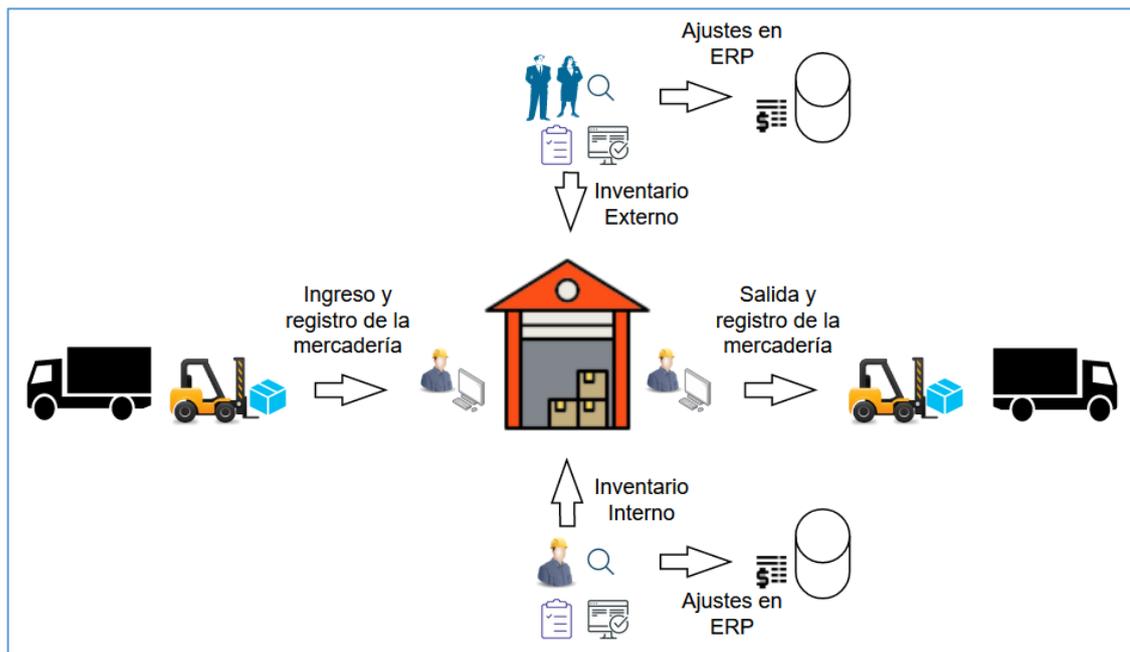
*Fuente: Elaboración Propia*

4.2.1.5. Proceso de Inventarios

Cabe precisar que, de los procesos descritos en el presente apartado, el proceso de inventarios es el más relevante para el desarrollo del presente TFM.

El Departamento de Logística cuenta con un empleado que se encarga de hacer los inventarios con una planificación estratégica y ejecución manual entre los almacenes. Cuando se encuentran diferencias, los encargados de almacén tienen que hacer sus descargos, los cuales pueden incurrir en sanciones económicas de acuerdo con la gravedad del caso. Luego se realizan los ajustes en el *ERP* en los inventarios y en contabilidad. Adicionalmente, *Motorex S.A.*, dos veces al año realiza procesos de inventarios generales que cubren a todas las líneas y almacenes, para lo cual recurre el apoyo de empresas externas de consultoría, que se encargan de realizar los inventarios a medida de auditoría; debido a la cantidad de existencias y almacenes, las consultoras cuentan con un equipo de trabajo de hasta 12 personas, lo cual hace que este servicio tenga un costo considerable. Estas empresas consultoras normalmente hallan diferencias, las que se traducen en operaciones de reválida, y finalmente en ajustes de físicos de almacén y ajustes económicos. La siguiente imagen representa el flujo de mercadería y los procesos de inventarios que se realizan en la empresa:

**Figura 22. Proceso Actual de Ejecución de Inventarios**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.2.2. Identificación de requisitos

Partiendo del análisis detallado en el apartado 4.2.1. "Descripción del proceso actual" y alineado a los objetivos del TFM, se procede a resumir de manera general las necesidades de los componentes que deberá tener el diseño de la arquitectura para resolver los siguientes puntos:

- Implementación de tecnología que permita identificar a los artículos de manera individual.
- Ejecución de inventarios en tiempo real mediante la tecnología implementada.
- Identificación en tiempo real de los desvíos producidos en los inventarios de almacén, para proceder con su inmediata corrección.

Para poder cubrir los requisitos identificados y el contexto de los almacenes de la empresa, se determina que se hace necesario hacer uso de las tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0: RFID, IIoT, Big Data Analytics, Cloud Computing*, e Integración de Sistemas. Los requisitos técnicos para el diseño de la arquitectura se definen en el siguiente apartado.

## 4.3. SOLUCIÓN PROPUESTA

En este apartado se aborda el diseño de arquitectura propuesto para la solución de “automatización de almacenes”. La arquitectura se basa en el marco de referencia de la *IIRA*.

### 4.3.1. Justificación y presentación de la solución

Se selecciona a la metodología *IIRA* por su flexibilidad y porque está diseñada para adaptarse a diferentes sectores, entre ellos el sector logístico. La metodología *IIRA* permite definir los actores, las actividades y los objetivos que la propuesta debe cumplir para garantizar y satisfacer las necesidades planteadas.

Al tomar en cuenta los cuatro puntos de vista propuestos por *IIRA* (negocio, uso, funcional e implementación) se consigue definir todos los requerimientos de la solución.

Adicionalmente, al contar con cuatro puntos de vista, se consigue una visión de 360 grados del proceso a mejorar, con los cuales se encuentran oportunidades de mejora en los puntos de vista ya analizados, y de esta manera asegurar contar con una arquitectura sólida. Por ejemplo, si en la vista de negocio no se contempló la alimentación de energía a los equipos *RFID*, estos pueden ser encontrados en el punto de vista funcional. Como respuesta de esta observación, se hace más sólida a la arquitectura propuesta, con la que se tendrá un menor número de imprevistos durante la implementación.

### 4.3.2. Arquitectura de la solución

La solución *WMS-IIoT* será una solución completa punto a punto (end-to-end) que combinará una red de sensores basados en etiquetas *RFID* y comunicación en tiempo real con una plataforma web potente e intuitiva. *WMS-IIoT* brindará a sus usuarios (empleados de logística, almacén, compras y ventas) la cantidad exacta de artículos, su ubicación, costes de almacenaje, artículos a despachar, sugerencias de reubicación de artículos, entre otros. Esta

solución además permite a las áreas tácticas administrar y analizar eventos e información, identificando tendencias e interpretando datos.

A continuación, se detalla los cuatro puntos de vista de la arquitectura *IIRA*.

#### 4.3.2.1. Punto de vista del negocio

##### **a) Actores relevantes:**

- Operador de almacén.
- Integrador de sistemas.
- Operador de la red de TI.
- Usuarios de Logística.
- Usuarios de Ventas
- Usuarios de Contabilidad y Auditoría de almacén.

##### **b) Visión:**

Lograr un alto nivel de autosuficiencia y autocontrol en la gestión de almacenamiento de artículos, que sea fiable, económico y respetuoso con el medio ambiente.

##### **c) Valores:**

- Aumentar la eficiencia, minimizar las operaciones de almacenaje.
- Reducir los costes, generar ahorros costos por tareas de inventarios.
- Aprovechar al máximo los espacios en almacén.

##### **d) Objetivos clave:**

- Reducir los errores humanos de inventarios a menos de 1%.
- Reducir los costes por inventarios en un 50%.
- Reducir espacios de almacenaje en un 10%.

##### **e) Capacidades fundamentales:**

- Realización de inventarios en tiempo real.
- Predicción de la disponibilidad de espacio en almacén para ingresos por compras o traslados de acuerdo con las ventas.
- Predicción de la necesidad de salida de artículos por caducidad o alto tiempo de almacenaje.

#### 4.3.2.2. Punto de vista de uso

- Al ingresar artículos nuevos a almacén (y que cumplan con las características descritas en el alcance), se les brindará un código único en el *ERP* con el que se imprimirá a una etiqueta *RFID*, la cual se pegará en el artículo en la zona determinada.
- Las antenas *RFID* se encargarán de monitorizar la presencia de los artículos por medio de lecturas a las etiquetas pasivas.
- *WMS-IIoT* se encargará de 3 procesos, el primero es de recibir los datos del punto anterior. El segundo es de monitorizar los artículos y su ubicación, donde se podrían encontrar oportunidades de mejora o incidentes no previstos. El tercer proceso será la publicación de (i) la ubicación de los artículos disponibles para la venta y despacho, y (ii) las ubicaciones disponibles para el ingreso de los artículos.
- Se realizan la sincronización de *WMS-IIoT* con el *ERP* mediante un flujo (Flow) en *Node-RED*.

**Tabla 2. Tareas y roles desde el punto de vista del uso**

Tarea	Rol
Registrar los nuevos ingresos e imprimir las etiquetas <i>RFID</i> con su identificador único (ID)	Operador/Administrador
Pegar las etiquetas <i>RFID</i> en los artículos	Operador
Buscar los equipos a despachar para embalarlos y asociarlos a una Guía de Remisión	Operador
Escanear los artículos embalados para despacho y asegurar que se esté enviando los ítems correctos	Operador
Monitorear el espacio disponible en almacén y las proyecciones según las compras y ventas	Administrador
Monitorear los artículos de poca rotación o cuya fecha de caducidad está cerca	Administrador
Realizar inventarios a demanda	Operador
Monitorear las desviaciones encontradas en los inventarios automáticos	Administrador/Operador
Ejecutar un proceso de prueba en todos artículos fueron etiquetados correctamente	Responsable de calidad

#### 4.3.2.3. Punto de vista funcional

##### a. Dominio de control:

Se tendrá control de la ubicación de los artículos y los espacios de los almacenes. Se definen los umbrales de monitoreo de capacidades de los almacenes, frecuencia de escaneo, tiempo máximo de almacenamiento de los artículos, entre otros.

**b. Dominio de operaciones:**

Se tendrá un control de la operación y salud de las etiquetas y demás equipamiento físico, asegurando el óptimo funcionamiento y consumo de energía. Por ejemplo, si una etiqueta *RFID* fue dañada, debería generarse una alerta de la no existencia de un artículo sin una orden de salida del *ERP*, con el cual se corrobore si el artículo realmente se encuentra en la ubicación, o fue movido sin autorización.

**c. Dominio de información:**

Se recoge los datos de uso de los espacios recolectados por (i) las antenas, y (ii) los pedidos, las compras, y horarios desde el *ERP*; con los datos se realizan análisis para la optimización de ubicaciones, consumo de energía, estado de salud de los equipos, entre otros. Por ejemplo, recomendar la operación del almacén conforme las horas del día, las compras y las ventas, optimizando los espacios de almacenamiento y operación manual.

**d. Dominio de aplicación:**

El usuario de almacén podrá visualizar la ubicación de los artículos para despachar y los espacios disponibles para alojar los artículos. Los administradores podrán visualizar el uso de los almacenes, artículos por caducar, artículos sin movimiento, así como hacer predicciones del estado de este en los siguientes días.

**e. Dominio de negocio:**

Se tendrá las operaciones de extremo a extremo, permitiendo al área táctica obtener datos de la operación, así como establecer estrategias de compras y ventas.

4.3.2.4. Punto de vista de implementación

El punto de vista de implementación se alinea al punto de vista de negocio, su finalidad es crear una arquitectura viable desde el punto de vista del retorno de la inversión (ROI) y cuyo costo pueda ser asumido por la empresa y de menor coste al servicio actual (sin *IIoT*). Debe permitir los diferentes aspectos descritos en el punto de vista del negocio como visión, objetivos, valores y capacidades, los cuales son fundamentales para la solución buscada.

**a) Nivel de borde:**

Este nivel dispone de diferentes dispositivos cuya implementación se realiza en la parte física de la solución. Entre los principales componentes destacan:

- **Impresoras de Etiquetas RFID:**

Permitirán almacenar los datos de una etiqueta *RFID* en coordinación con el *ERP*.

- **Etiquetas Pasivas RFID:**  
Permitirán identificar a los artículos registrados en almacén.
- **Lectores y antenas RFID:**  
Permitirán inventariar a demanda y en tiempo real los artículos en almacén.
- **Dispositivo Edge:**  
Se encarga de la lectura de los datos de los lectores y antenas *RFID*. Se opta por equipos *Raspberry Pi* para comunicación con la pasarela. Se contará con *Node-RED* y Flujos para disponer de capacidad de gestión de los datos de los lectores *RFID* en caso de fallo en las comunicaciones.
- **Pasarela:**  
Será un servicio *Node-RED* y se encontrará en el Datacenter de *Motorex S.A.*, contará con reglas para definir los datos que se enviarán a la plataforma *IoT* y a la plataforma de Integración de Sistemas.

#### **b) Nivel de Plataforma:**

- **Plataforma IoT:**  
Se considera a *IBM IoT* por su bajo costo de uso y ser una solución ideal para *Warehouse Management*. Por el volumen de datos se utilizará la versión gratuita.
- **Procesamiento datos:**  
*Node-RED* en *IBM Cloud*, por su facilidad de uso y programación, y amplia compatibilidad de componentes y servicios. Por el volumen de datos se utilizará la versión gratuita.
- **Base de Datos:**  
Se utilizará *IBM Cloudant* por ser ligera y no relacional. Ofrece compatibilidad natural para su integración (posterior) con *IBM Watson* y aprovechar características de Inteligencia Artificial. Por el volumen de datos se utilizará la versión gratuita.

#### **c) Nivel de Empresa:**

- **Biz Systems:**  
Se desarrollará la aplicación *WMS-IIoT* en lenguaje Open Source (*Python*) aprovechando su amplia compatibilidad y el conocimiento del personal de *TI* de *Motorex S.A.* La base de datos será *Microsoft SQL Server*, aprovechando el licenciamiento de la empresa.
- **Biz Analytics:**  
Se desarrollará *Dashboards* para monitorear en el estado de los almacenes, así como tener analítica descriptiva y predictiva para el Departamento de Logística. Se aprovechará el uso de la licencia de *Power BI* para su uso.

- **Integración de Sistemas:**

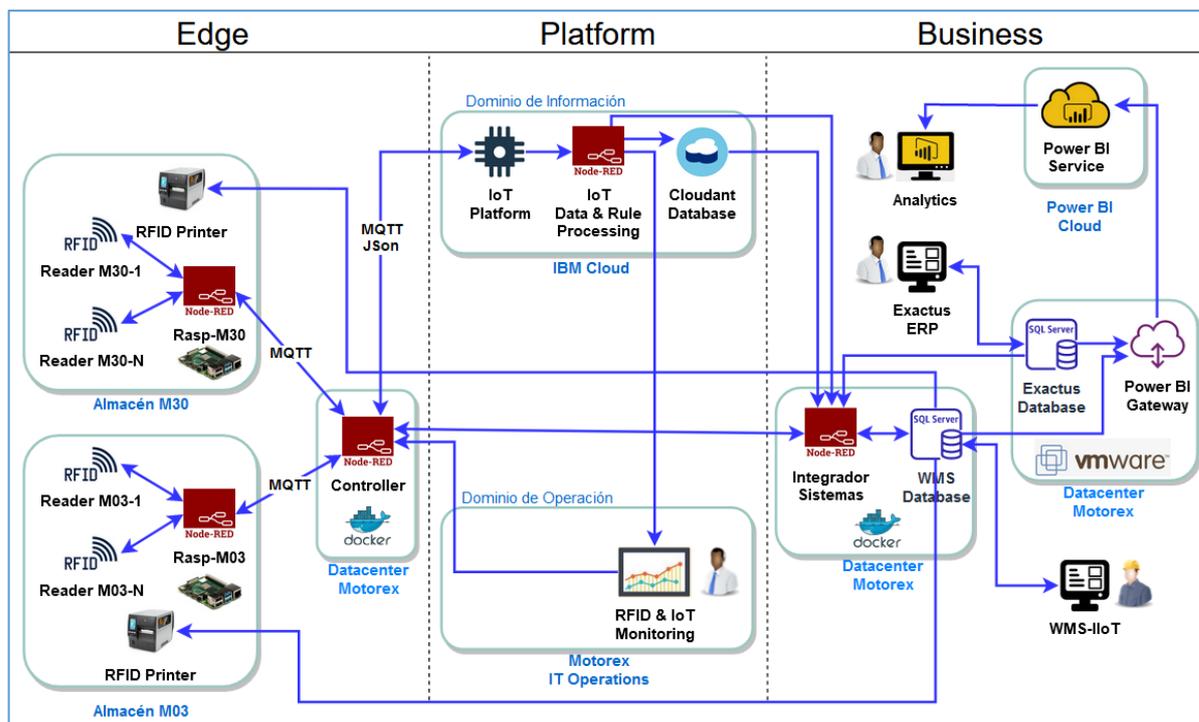
Se utilizará *Node-RED* para definir las reglas de flujos de datos entre la base de datos de *WMS-IIoT* y las *APIs* de *Exactus*, además de definir reglas de negocio, entre otros.

Consideraciones en el diseño:

- Tomando en cuenta que no existen restricciones para el consumo de energía, se dispone de línea de alimentación eléctrica en el Datacenter y Almacenes para poder alimentar a los dispositivos *RFID*, *Edge*, y Comunicaciones.
- Con el fin de disminuir los costes en las comunicaciones con la Plataforma *IoT*, se utilizará el protocolo ligero *MQTT* con la carga útil en formato *JSON*.
- Se estarán desplegando los componentes sobre las diferentes plataformas que contiene la empresa y las nubes. Siendo la tecnología de contenedores la preferida para los diseños de las nuevas soluciones.
- *Motorex S.A.* cuenta con su infraestructura de TI basada en máquinas virtuales en *VMware*, las mismas que no se estarán modificando en el presente trabajo.

La siguiente imagen presenta la arquitectura de tres capas desde el punto de vista de implementación, la misma que viene a ser el diagrama de arquitectura de la solución.

**Figura 23. Diagrama de Arquitectura Propuesto**

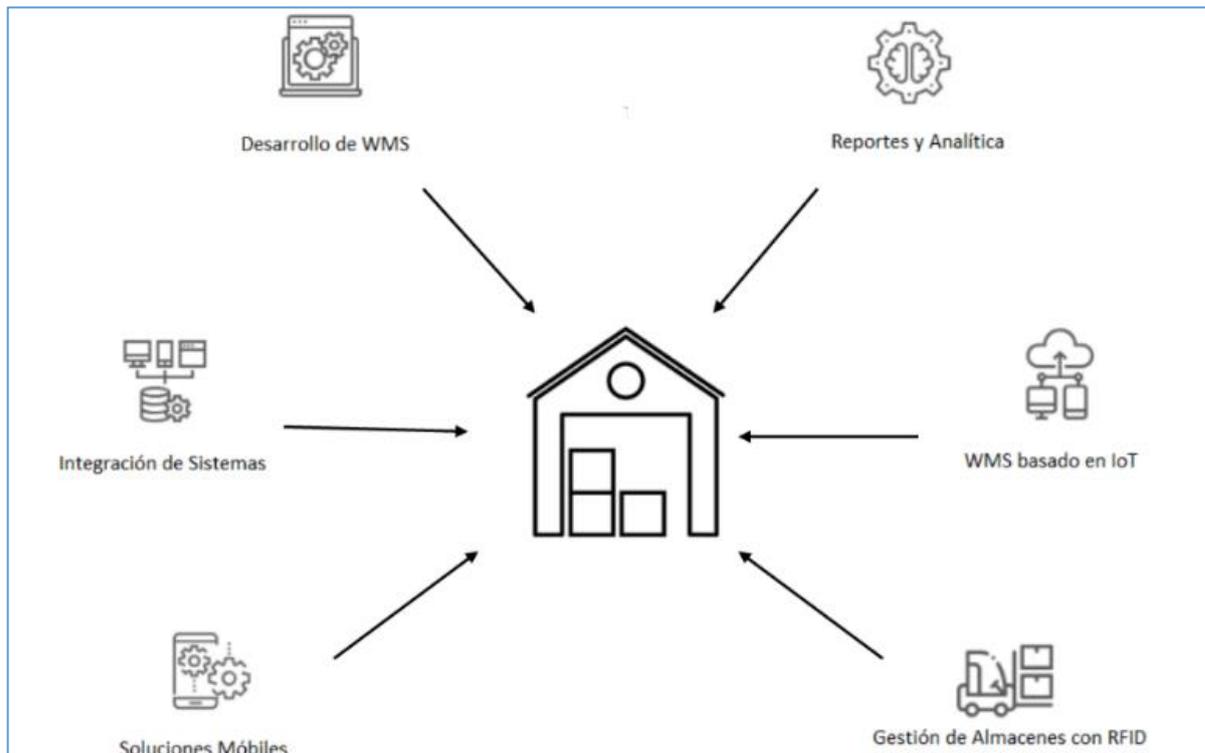


Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.3. Tecnología seleccionada para la solución

Con la arquitectura descrita, los requisitos, limitaciones y alcances de la solución, se espera que la solución *WMS-IIoT* presentada cubra alrededor de la gestión de almacenes:

**Figura 24. Tecnologías aplicadas al Control de Almacenes.**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.3.1. Tecnología y componentes

Recopilando los componentes tecnológicos descritos en el apartado “4.2.2 Arquitectura de la solución”, se describe y justifica las tecnologías descritas:

##### a) Tecnología RFID:

Utilizar etiquetas, lectores y antenas UHF, impresoras y escáneres (hand helds). Se propone la marca Zebra, líder en el rubro y que cuenta con diversos proveedores y soporte local. Se lista y justifican las tecnologías propuestas:

##### • Lector RFID:

Se selecciona al modelo FX9600 al acomodarse a las necesidades de la empresa (*retail, warehouse*, transporte y logística). Este lector de uso industrial asegura amplia visibilidad y eficiencia en entornos difíciles, con los que se puede controlar con mucha frecuencia altos volúmenes y gran variedad de palés, cajas y artículos (Zebra, 2022).

**Figura 25. Lector RFID Zebra FX9600**



Fuente: <https://www.zebra.com/>

La siguiente tabla presenta los lectores *RFID* disponibles de la marca Zebra y su aplicación:

**Figura 26. Tabla de lectores RFID de la marca Zebra**

	Fixed RFID Readers			
	ATR7000	FX9600	FX7500	ST5500
Manufacturing	•	•		•
T&L	•	•		
Retail		•	•	•
Healthcare		•	•	
Warehouse	•	•		
Hospitality			•	

Fuente: <https://www.zebra.com/>

- **Antena RFID Zebra AN520:**

Se instalará en los estantes para realizar el escaneo periódico.

La antena *RFID* Zebra AN520 es de uso industrial y ha sido diseñada para uso en entornos al aire libre y aplicaciones de puertas de muelle. Cuenta con clasificación IP68 lo que la hace adecuada para su uso en una variedad de entornos interiores y exteriores que requieren un factor de forma pequeño. El montaje empotrado versátil se adapta a cualquier ubicación. Está diseñado para empresas de venta minorista, gestión de almacenes, fabricación, cadena de frío, aviación, empresa. (Zebra, 2022).

Se puede ubicar en zona de puntos de venta, bajo el mostrador/dentro de la estantería, en bastidores de servidores, dentro de los gabinetes médicos, seguimiento de equipaje, control de acceso, línea de fabricación (Zebra, 2022).

**Figura 27. Antena Zebra 520**



Fuente: <https://www.zebra.com/>

- **Antena RFID Zebra SR5502:**

Se instalará en las puertas de los almacenes para controlar el ingreso y salida de los artículos.

La antena Zebra SR5502 tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes de etiquetas con mayor precisión y tasas de lectura.

Para instalarlo, es necesario montar el soporte suministrado e inserte el sensor Backroom SmartLens. Se alimenta de una fuente Power-over-Ethernet (PoE), ideal para entornos típicos de trastienda complejos. Está diseñado para las industrias: Venta minorista, gestión de almacenes, fabricación. Se suele instalar en pasillos de almacén, aplicaciones de montaje empotrado en techo o pared, áreas de recepción y preparación, operaciones al aire libre (Zebra, 2022).

**Figura 28. Antena Zebra SR5502**



Fuente: [https://www.zebra.com](https://www.zebra.com/)

La siguiente tabla presenta las antenas disponibles de la marca Zebra y su aplicación:

**Figura 29. Tabla de antenas RFID de la marca Zebra**

	RFID Antennas										
	AN440	AN480	AN510	AN520	AN610	AN620	AN650	AN720	SN5605	SP5504	SR5502
Manufacturing	•	•	•	•	•	•		•		•	•
T&L	•	•	•					•			
Retail			•	•	•	•	•	•	•	•	•
Warehouse	•	•	•	•	•	•		•		•	•
Field Mobility	•	•	•								
Hospitality							•				
Healthcare							•				

Fuente: <https://www.zebra.com/>

- **Escáner RFID Zebra MC3390xR:**

Servirá para inventarios manuales, verificación de equipos a entregar o recibir.

Este equipo de uso industrial cuenta con alta capacidad y precisión de lectura *RFID* y de códigos de barras de largo alcance. Cuenta con arquitectura Android actualizado, procesador de alta velocidad, lector NFC integrado, sellado IP54 contra polvo y una batería de larga duración. Se utiliza en las Industrias: Transporte, gestión de almacenes, fabricación (Zebra, 2022).

**Figura 30. Escáner RFID Zebra MC3390xR**



Fuente: <https://www.zebra.com>

- **Etiqueta RFID Zebra ZRB2000:**

Etiqueta de uso general, cuenta con alta sensibilidad con un rango de lectura de hasta 17 metros en espacio libre, con el que se asegura un alto rendimiento y eficiente operación de la solución (Zebra, 2022).

**Figura 31. Etiqueta RFID Zebra ZBR2000**



Fuente: <https://www.zebra.com>

**Importante:** Se podría utilizar marcas genéricas de etiquetas, pero no se asegura que cuenten con un buen desempeño de lectura, ya que normalmente cubren hasta 6 metros.

- **Impresora RFID Zebra ZT400:**

Esta impresora cuenta con opciones de conectividad y características avanzadas, de manera eficiente y precisa produce etiquetas para soluciones de seguimiento de artículos. Cuenta con un amplio catálogo de aplicaciones que permiten la integración de sistemas para la impresión automatizada, tales como Zebra Designer for Developers (Zebra, 2022).

**Figura 32. Impresora RFID Zebra ZT400**



Fuente: <https://www.zebra.com>

- **Raspberry Pi:**

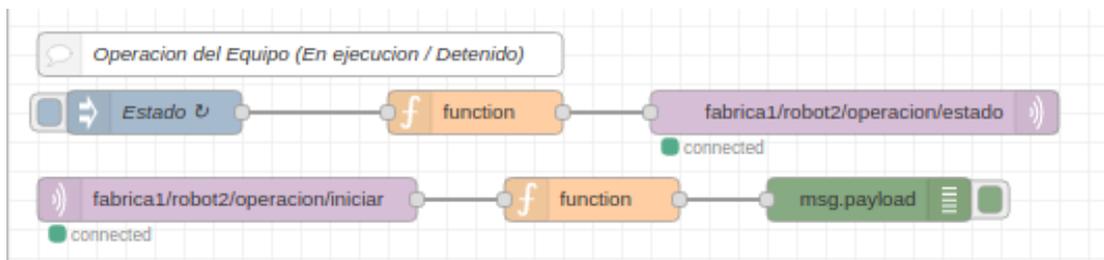
Será el equipo que hará las funciones de *Controller* y *Actuador*, enviando los datos de los sensores de presencia a la Plataforma *IoT*, y también se encargará de enviar ejecutar los inventarios mediante los lectores *RFID*. La comunicación con los sensores PIR y la Plataforma *IoT* se realizará mediante *WiFi* y el protocolo *MQTT*, la automatización se realizará mediante la herramienta de flujos *Node-RED*.

**Figura 33. Mini ordenador Raspberry Pi con disipador.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 34. Flujo en Node-RED en Raspberry Pi.**



Fuente: Elaboración Propia

**b) Plataforma IoT:**

*IBM IoT.* La Plataforma IBM provee servicios gratuitos o de bajo coste que pueden ser aprovechados para utilizarse en la arquitectura propuesta. Por ejemplo, la plataforma *Node-RED* se encuentra disponible de manera nativa.

**c) Integración de Sistemas:**

*Node-RED:* Se elaborarán flujos para ejecutarse de manera recurrente, dentro de los cuales se consideran las siguientes tareas:

- Inventario Lógico: Acceso y extracción de datos de a la Base de Datos *SQL Server* mediante las *APIs* del *ERP Exactus* para extraer datos de operaciones en proceso de: Órdenes de compra, Ventas, Transferencias, y Stocks actual en los artículos en almacenes. Los datos extraídos se almacenarán en la Base de Datos del *WMS*.
- Inventario Físico: Acceso y extracción de datos de la Base de Datos del *WMS-IIoT*. Los datos extraídos se almacenarán en la Base de Datos del *WMS*.
- Comparar lo con lo que se hará la comparación del estado actual de los inventarios, encontrar diferencias entre ellas, y permitir relacionar las salidas e ingresos detectados con los documentos de *Exactus* (Orden de Compra, Guía de Remisión, entre otros).

- Realizar el comparativo de los datos del inventario físico y lógico, y enviando los resultados a la Plataforma *IoT* para el monitoreo, y al *WMS* para que los usuarios tomen acción en caso de ser necesario.

d) **Biz Analytics:**

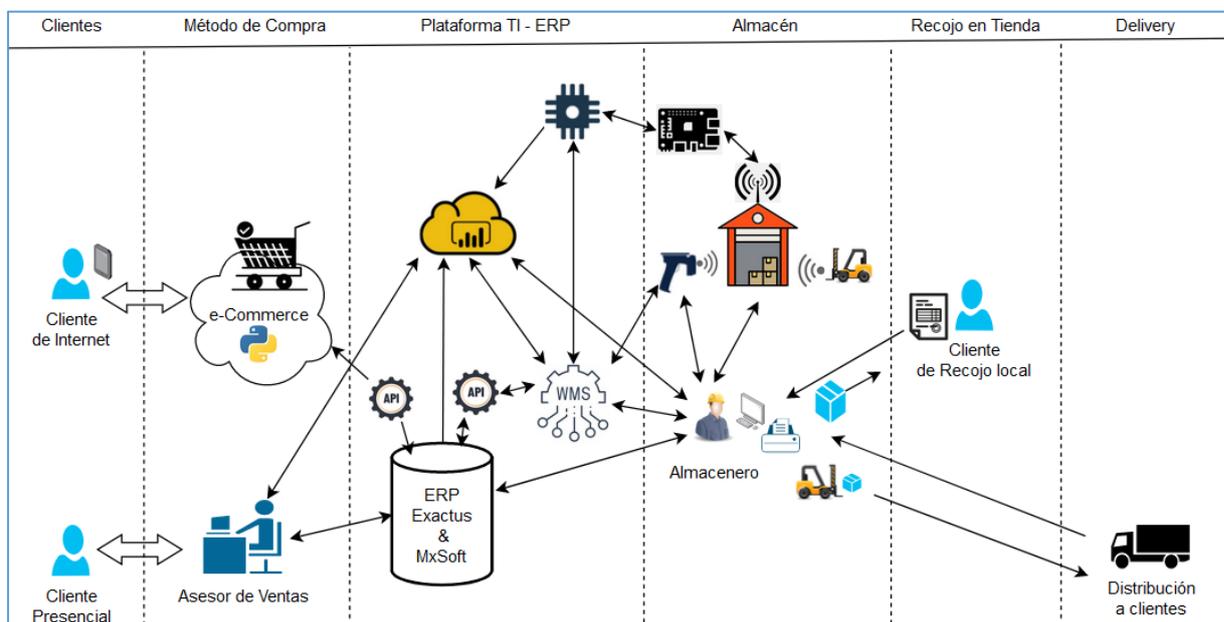
Microsoft *Power BI*: Como se indicó líneas arriba, *Motorex S.A.*, ya cuenta con esta herramienta implementada, y cuya versión PRO de *Power BI Service* se encuentra habilitada para la plana directiva y gerencial.

Con el soporte de esta herramienta, se podrá determinar el estado actual de los artículos y de los almacenes, así como poder visualizar los indicadores relevantes del Departamento de Logística.

#### 4.3.4. Proceso Futuro de Ventas y Despacho

De acuerdo con el desarrollo del diseño de la arquitectura basada en *IIRA*, y de implementarse, el proceso de ventas y despacho en un futuro cambiaría de acuerdo con el diagrama propuesto:

**Figura 35. Proceso Futuro de Ventas y Despacho**



Fuente: Elaboración Propia

## 4.4. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En este apartado se describe la construcción de un prototipo que permita visualizar a los auspiciadores de la organización lo que sería una parte de la solución.

### 4.4.1. Alcance y Limitaciones

El prototipo implementado cubre parcialmente la solución de *Arquitectura IIoT* propuesta, debido a la complejidad de la solución, se divide en dos partes:

- *Dashboards* de control de almacenes, basado en una base de datos pública para pruebas.
- Prototipo de Control de Stock con *IoT*, en el cual se simula los datos recibidos por *RFID*, ya que no se cuenta con esta tecnología a disposición.

Debido a la confidencialidad de la base de datos de la empresa, se estará utilizando la base de datos de prueba de Microsoft de la empresa ficticia “Wide World Importers” – *WWI*.

*WMI* que es un importador mayorista y distribuidor de artículos novedosos. Esta base de datos compatible con *SQL Server 2016* se diseñó para fines de Analítica. Contiene datos de transacciones de compras y ventas en periodos de 2013 al 2016 (de Bruijin, 2016).

Con lo mencionado anteriormente, los datos de la Base de Datos de *WWI* se consideran de volumen similar a empresas medianas, las cuales son suficientes para poder diseñar prototipos y reportes con capacidades de analítica. La distribución de esta base de datos se da como archivo de *Backup*, el cual se descarga y restaura en el motor de Base de Datos preparada para el prototipo.

### 4.4.2. Tecnología Utilizada

Para el prototipo se utilizará las siguientes tecnologías en una PC con las características:

- **Sistema Operativo:** *Windows 11 Pro versión 21H2*  
Esta versión de Sistema operativo permite utilizar la plataforma de virtualización *Docker*, las herramientas *SQL Server management Studio* y *Power BI Desktop*
- **Gestor de Comandos Linux:** *Ubuntu 20.04.3 LTS*  
Permite crear una interfaz de sistemas de archivos Linux sobre Windows. Es requisito para la instalación y administración de *Docker Desktop*.
- **Plataforma de Contenedores:** *Docker Desktop 4.4.4*  
Sobre esta plataforma se instalarán los componentes de los prototipos que se requieran realizar, para el caso actual, se utilizará un contenedor de *SQL Server*, para posteriores prototipos, se puede establecer contenedores otros microservicios como *Grafana*, Bases

de Datos, etc. La ventaja de tenerlos en contenedores para la realización de prototipos se dará con iniciar los microservicios a demanda, gestionarlos (agregar o retirar), y no tener impacto en la PC donde se diseña el prototipo.

- **Motor de Base de Datos:** *Microsoft SQL Server 2019 (RTM-CU14) (KB5007182)*  
Se utiliza como microservicio instalado en *Docker*, el cual se inicia y detiene en caso de ser requerido para los efectos de construcción del prototipo y pruebas.
- **Administración de Base de Datos:** *SQL Server management Studio v18.10*  
Permitirá visualizar y gestionar de manera gráfica el contenido de la Base de Datos.
- **Visualización y Análisis de Datos:** *Power BI Desktop Versión: 2.100.1401.0*  
Herramienta con la cual se diseñará los paneles visuales, que de manera intuitiva permita visualizar el estado actual y futuro de los almacenes y artículos, representar gráficamente como si fuera un almacén físico y sus contenedores. La versión PRO permite acceso desde un dispositivo móvil, permitiendo la flexibilidad del producto y maximizando su uso.

La tecnología cloud utilizada para el prototipo es:

- **IBM Cloud:** Se utilizarán los servicios *IBM IoT*, *Node-RED*, y base de datos *Cloudant* para el prototipo *IoT*.
- **Microsoft Power BI Service:** Se utilizará una versión de evaluación, con el cual se tenga acceso a los *Dashboards* creados vía un navegador web o vía un dispositivo móvil.

#### 4.4.3. Análisis de la Base de Datos de Pruebas WWI

Antes de desarrollar el prototipo, será muy relevante conocer perfectamente a la base de datos *WWI*. Durante el análisis se encuentra que esta cuenta con 48 tablas divididos en los siguientes 4 esquemas:

- **Application:**  
Tablas de datos relacionados al negocio.
- **Purchasing:**  
Tablas de datos relacionados con compras e ingresos a almacén.
- **Sales:**  
Tablas de datos relacionados con las ventas y salidas de almacén.
- **Warehouse:**  
Tablas de datos relacionados con los artículos y transacciones en los almacenes.

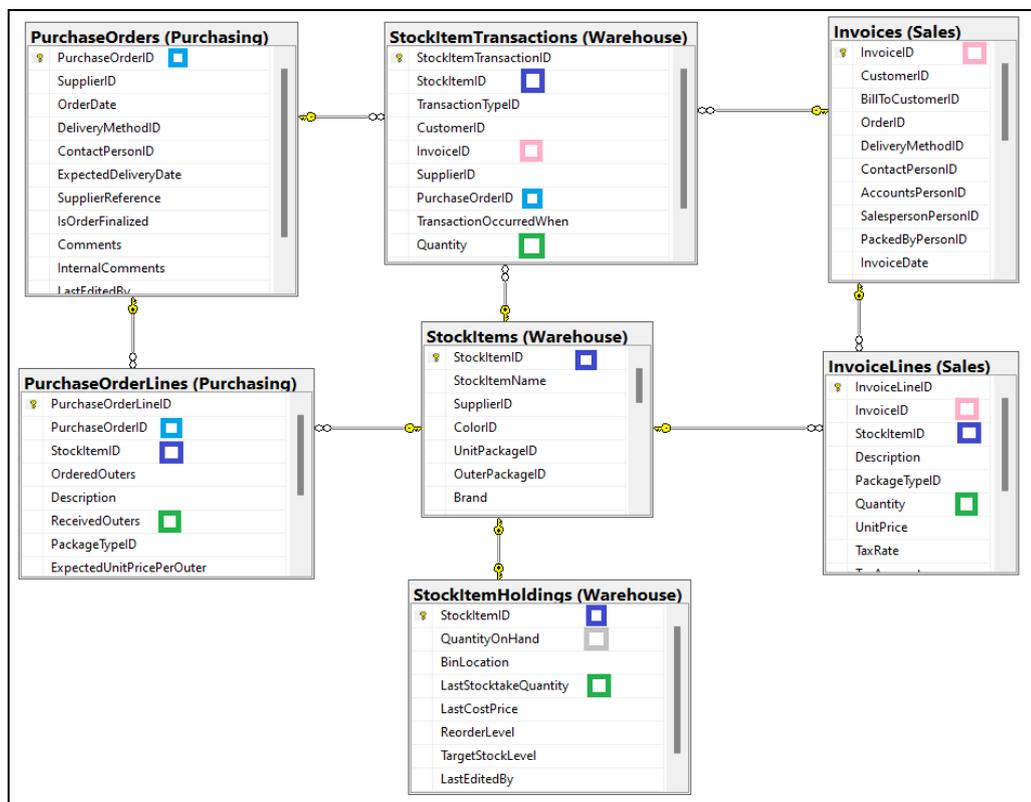
Navegando en las tablas de datos, se encuentra 11 tablas relevantes para el prototipo:

**Tabla 3.** Tablas Relevantes de la Base de Datos WWI

Nombre Tabla	Descripción
Purchasing.PurchaseOrders Purchasing.PurchaseOrderLines	Ingresos de artículos a almacén por motivos de compra.
Sales.Orders Sales.OrderLines	Órdenes de pedido de artículos hechas por los clientes.
Sales.Invoices Sales.InvoiceLines	Facturación y confirmación de entrega de los artículos derivados de las órdenes. Existen entregas parciales.
Warehouse.StockItemHoldings	Contiene las ubicaciones de los contenedores, capacidad, y artículos y su stock actual (calculado y real).
Warehouse.StockItems	Contiene los datos relevantes a los artículos como código, nombre, precio unitario, tamaño, entre otros.
Warehouse.StockItemTransactions	Contiene los datos de las transacciones de los artículos de almacén (ingresos y egresos).
Sales.Customers	Contiene los datos relevantes de los clientes.
Puchasing.Suppliers	Contiene los datos relevantes de los proveedores.

Abordando las tablas relacionadas a las transacciones de los stocks de artículos (tabla *Warehouse.StockItemTransactions*), se genera un diseño de base de datos con las tablas directamente relacionadas. Se agregó colores para mejorar la identificación de los campos:

**Figura 36.** Diagrama de Base de Datos de WWI de Transacciones de Stock



Fuente: Elaboración Propia basada en Base de Datos WWI

#### 4.4.4. Análisis y Certificación de los Datos

Como se observó en la sección previa, se tiene la impresión de contar con datos para poder hacer la analítica de las transacciones de los artículos en almacén. Sin embargo, será necesario que estos datos se comprueben, porque en caso de existir errores, estos se estarán heredando en todo el proceso. Para ello, se procede con los siguientes pasos:

##### 4.4.4.1. Análisis de Datos Inicial

En este paso se verifica la consistencia de los datos a utilizar. Se debería de contar con datos de *stock inicial*, *transacciones*, y *stock final*. La combinación de ellos debe ser coherente, en caso de no existir alguno de los datos, se deberá generarlos a partir de una fuente confiable. La base de datos WMI contiene datos del *Stock Actual* y transacciones de compras y ventas pasadas; por lo que, si se hace un cálculo sumando el stock actual con los ingresos y ajustes, y a ello restando las salidas, debería dar como resultado al stock inicial. Se observa que el campo de *Stock Inicial* no existe, por lo que se procederá a calcularlo y tomarlo como válido en caso de ser necesario.

Las fórmulas aritméticas para ejecutar serán:

$$Total\_Transacciones = Compras - Ventas + Ajustes$$

$$Stock\_Inicial = Total\_Transacciones - Stock\_Actual$$

Para validar los datos, se utilizará a *Power BI Desktop*, aprovechando sus funcionalidades que permiten diseñar informes con bastante facilidad. En la validación de los datos, estos informes visualmente deben de narrarnos “historias” de lo ocurrido en los almacenes, los cuales deben ser coherentes si los datos son correctos.

Como primer paso, en *Power BI Desktop* se crea un nuevo informe, importando los datos de las tablas *StockItemsTransactions* y *StockItemsHoldings*, se crean las relaciones entre ellas y se ejecutan los cálculos necesarios para obtener el *Stock Inicial*.

#### Observación I:

Se procede a ordenar el campo *Stock\_Inicial* de manera **ascendente**, se observa y analiza el resultado de las 18 primeras filas, donde las primeras 9 presentan un stock inicial negativo, con lo que se determina el hallazgo de la *incoherencia* en dos probables casos: (i) los datos o (ii) los procesos de *WMI* para estos artículos:

**Figura 37. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación I**

StockItemName	Ajuste	Ventas	Compras	Total_Transac	Stock_Actual	Stock_Inicial
Black and orange glass with care despatch tape 48mmx75m		-58,200	25,068,888	25,010,688	74	-25,010,614
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) 4XL	-3	-23,244	18,860,832	18,837,585	1	-18,837,584
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XS		-23,196	18,709,344	18,686,148	28	-18,686,120
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 5XL		-23,268	18,101,604	18,078,336	15	-18,078,321
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XXS		-23,328	17,361,552	17,338,224	15	-17,338,209
Tape dispenser (Red)	-4	-23,630	12,015,650	11,992,016	24	-11,991,992
Shipping carton (Brown) 305x305x305mm		-110,075	11,389,775	11,279,700	38	-11,279,662
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) XL		-46,500	9,247,260	9,200,760	12	-9,200,748
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) M		-47,100	8,637,912	8,590,812	8	-8,590,804
Superhero action jacket (Blue) XXL		-5,404	6	-5,398	6,763	12,161
Superhero action jacket (Blue) XL	3	-5,373	6	-5,364	6,865	12,229
Superhero action jacket (Blue) XXS		-6,039	6	-6,033	6,229	12,262
Alien officer hoodie (Black) XL		-5,728	6	-5,722	6,584	12,306
Bubblewrap dispenser (Black) 1.5m		-5,501	7	-5,494	8,702	14,196
Superhero action jacket (Blue) M		-6,014	7	-6,007	8,304	14,311
Alien officer hoodie (Black) 5XL		-5,549	8	-5,541	10,628	16,169
Superhero action jacket (Blue) 4XL		-5,546	8	-5,538	10,689	16,227
Superhero action jacket (Blue) 3XS		-5,698	8	-5,690	10,568	16,258

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

**Resultados de la Observación I:**

Los 9 primeros registros, tienen la característica común de tener compras de 8 a 25 **millones** de unidades, y las ventas de 23 a 110 **mil** unidades, y además de contar con un stock actual relativamente ínfimo comparado a las compras; lo cual, resulta no ser razonable.

**Observación II:**

Se procede a ordenar de manera **descendente** al Stock\_Inicial calculado:

**Figura 38. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación II**

StockItemName	Ajuste	Ventas	Compras	Total_Transac	Stock_Actual	Stock_Inicial
Express post box 5kg (White) 350x280x130mm		-149,825	575	-149,250	1,009,444	1,158,694
Black and orange fragile despatch tape 48mmx75m		-207,324	432	-206,892	668,962	875,854
Shipping carton (Brown) 356x356x279mm		-152,125	425	-151,700	706,837	858,537
Black and orange fragile despatch tape 48mmx100m		-193,680	396	-193,284	604,525	797,809
Black and orange handle with care despatch tape 48mmx100m		-137,880	384	-137,496	638,949	776,445
Furry animal socks (Pink) L		-68,328	312	-68,016	556,908	624,924
"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) 3XL		-69,252	288	-68,964	512,667	581,631
Furry animal socks (Pink) S		-69,876	276	-69,600	489,469	559,069
Shipping carton (Brown) 457x457x457mm		-144,950	275	-144,675	412,434	557,109
Large sized bubblewrap roll 50m		-54,030	240	-53,790	428,681	482,471

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

**Resultados de la Observación II:**

Observando los 10 primeros artículos ordenados de manera descendente dan la impresión de ser artículos que iniciaron con un alto stock, y por este volumen, la empresa no tendría

planificada el hacer compras considerables. Este comportamiento se podría considerar como regular y razonable.

#### 4.4.4.2. Comprobación de Integridad de Datos

Se procede a comparar las cantidades de los artículos de las tablas *Sales.InvoiceLines* y *Purchasing.PurchaseOrderLines* contra la tabla *Warehouse.StockItemTransactions* para los 9 artículos observados, donde se determina que las cantidades de salida son correctas; sin embargo, las cantidades de ingreso dan diferencias considerables:

**Figura 39. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación III**

StockItemID	StockItemName	Trans Ventas	Invoice Cantidad	Trans Compras	Purchase Cantidad
78	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XS	-23,196	23,196	18,709,344	1,559,112
98	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) 4XL	-23,244	23,244	18,860,832	1,571,736
86	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 5XL	-23,268	23,268	18,101,604	1,508,467
77	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XXS	-23,328	23,328	17,361,552	1,446,796
204	Tape dispenser (Red)	-23,630	23,630	12,015,650	1,201,565
95	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) XL	-46,500	46,500	9,247,260	770,605
80	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) M	-47,100	47,100	8,637,912	719,826
193	Black and orange glass with care despatch tape 48mmx75m	-58,200	58,200	25,068,888	1,044,537
184	Shipping carton (Brown) 305x305x305mm	-110,075	110,075	11,389,775	455,591
<b>Total</b>		<b>-378,541</b>	<b>378,541</b>	<b>139,392,817</b>	<b>10,278,235</b>

ok
no ok

Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

Como siguiente paso, se procede a calcular el *stock inicial* con los datos de las tablas *Sales.InvoiceLines* y *Purchasing.PurchaseOrderLines* para los 9 artículos en observación, de *Warehouse.StockItemTransactions* se tomarán únicamente las transacciones de tipo "ajuste". Realizando el cálculo se encuentra que los valores de *Stock Inicial* aún son negativos; pero, la diferencia es menor si se compara con los datos obtenidos en la primera observación:

**Figura 40. Verificación de los Datos Calculando el Stock Inicial – Observación IV**

StockItemID	StockItemName	Invoice Cantidad	Purchase Cantidad	Cantidad Ajuste	Stock Actual	Stock Inicial
98	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) 4XL	23,244	1,571,736	-3	1	-1,548,495
95	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (Black) XL	46,500	770,605		12	-724,105
86	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 5XL	23,268	1,508,467		15	-1,485,199
80	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) M	47,100	719,826		8	-672,726
78	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XS	23,196	1,559,112		28	-1,535,916
77	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XXS	23,328	1,446,796		15	-1,423,468
193	Black and orange glass with care despatch tape 48mmx75m	58,200	1,044,537		74	-986,337
184	Shipping carton (Brown) 305x305x305mm	110,075	455,591		38	-345,516
204	Tape dispenser (Red)	23,630	1,201,565	-4	24	-1,177,939
<b>Total</b>		<b>378,541</b>	<b>10,278,235</b>	<b>-7</b>	<b>215</b>	<b>-9,899,701</b>

Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

Con los resultados obtenidos, se determina que las cantidades de compras de la tabla *Warehouse.StockItemTransactions* no son confiables. Por lo que para considerar las transacciones de artículos se utilizará los datos de las tablas *Sales.InvoiceLines* y *Purchasing.PurchaseOrderLines*, ya que ellas contienen los datos originales y correctos.

#### 4.4.4.3. Determinando los Datos a utilizar

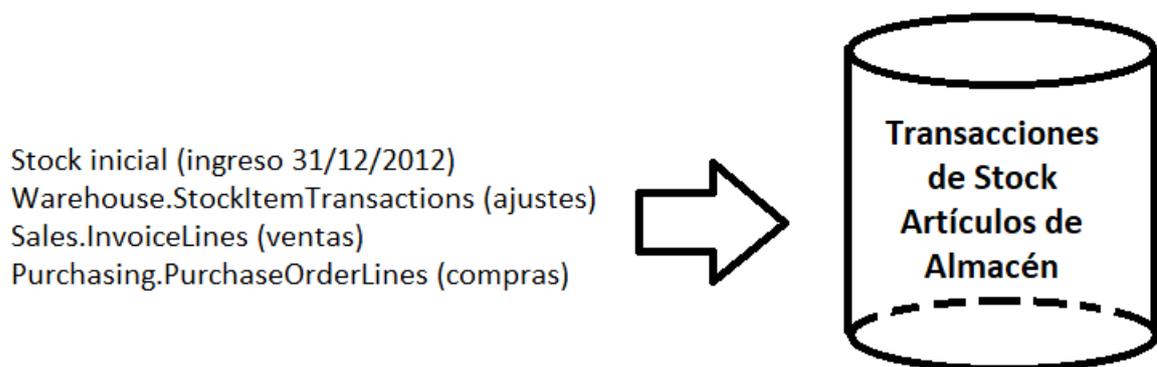
Se hace necesario crear una nueva tabla que contenga datos correctos de las transacciones de los artículos, los cuales debe se realizarán con los siguientes datos y tablas:

**Tabla 4.** Tablas y Datos Relevantes para Construir Tabla de Transacciones de Stock

Tabla	Descripción
Stock_Inicial	Resulta del cálculo obtenida en la cuarta observación, sin embargo, sólo se tomará en cuenta los artículos que tengan como saldo inicial a un valor positivo (se exceptúan los 9 artículos observados).
Sales.InvoiceLines	Salidas (ventas) de los artículos.
Purchasing.PurchaseOrderLines	Ingresos (compras) de los artículos.
Warehouse.StockItems	Datos de los artículos
Warehouse.StockItemHoldings	Datos de los almacenes y stock de los artículos.
Sales.Customer Purchasing.Suppliers	Datos de los clientes y proveedores.

La siguiente imagen describe los datos y tablas necesarios para la creación de la base de datos de transacciones de stocks de artículos de almacén:

**Figura 41.** Creación de Nueva Tabla de Transacciones de Stock de Artículos



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.5. Diseño de Datamart de Almacenes para Inteligencia de Negocios

Debido a la naturaleza del caso, se opta por crear un *Datamart* de modelo “Estrella”, el cual permite facilidad de comprensión para los usuarios al momento de hacer uso de ella.

#### 4.4.5.1. Determinación de las tablas

Para crear un *Datamart* de modelo “Estrella” se requiere crear una tabla de “Hechos” que contenga los datos a analizar, y tablas de “Dimensiones” que permitan realizar el análisis desde sus puntos de vista; para ello, se definen las siguientes tablas:

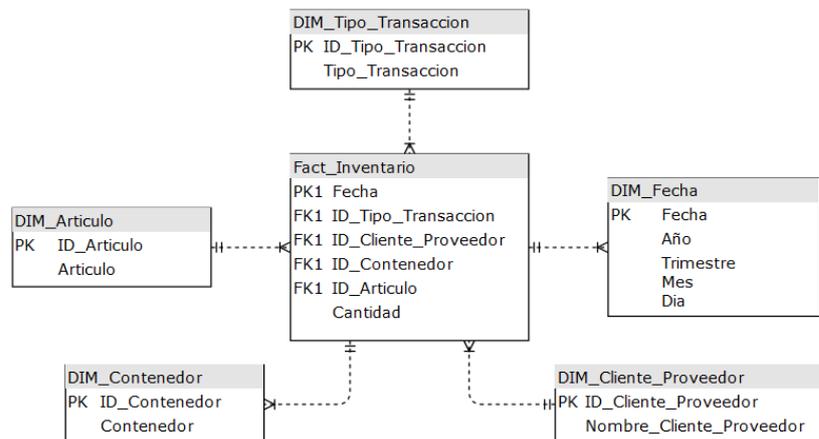
**Tabla 5.** Tablas para *Datamart* de Inventarios

Tipo	Nombre	Descripción
Hechos	FACT_Inventario	Transacciones de stocks de artículos, incluyendo stock inicial y stock en el momento de una operación
Dimensión	DIM_Tipo_Transaccion	Permitirá diferencia entre Stock Inicial, Ingreso, Salida, y Ajuste.
Dimensión	DIM_Articulo	Permitirá analizar entre diferentes Artículo
Dimensión	DIM_Contenedor	Permitirá analizar entre diferentes contenedores del almacén.
Dimensión	DIM_Cliente_Proveedor	Nombre del Proveedor o Cliente que realiza la operación. Se incluye a la propia empresa como proveedora del Stock inicial
Dimensión	DIM_Fecha	Permitirá determinar lo que ocurrió en determinada fecha

#### 4.4.5.2. Diseño Lógico del *Datamart*

Se procede a hacer un diseño del *Datamart* con los campos y relaciones necesarias siguiendo el esquema del modelo estrella.

**Figura 42.** Diseño de Modelo Estrella Para *Datamart* de Control de Inventarios

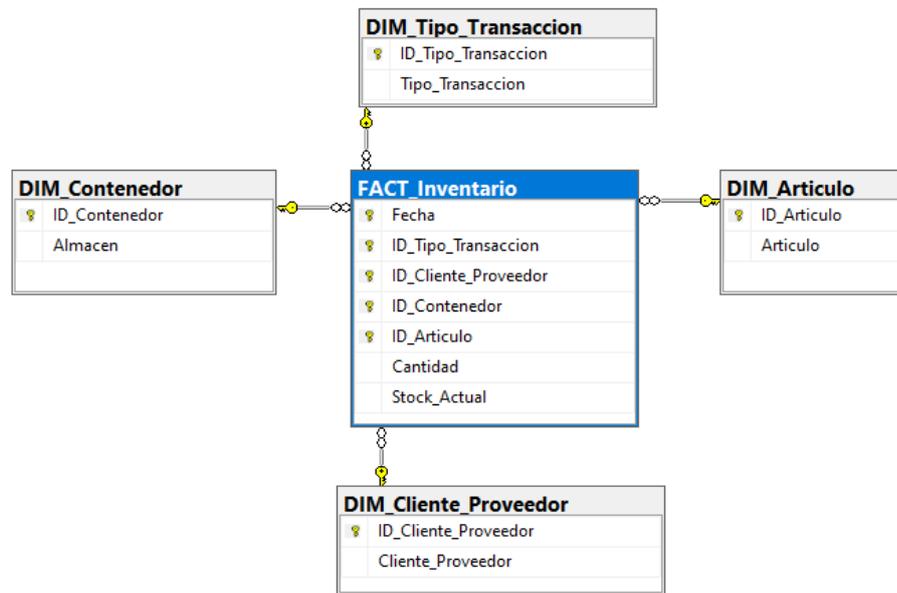


*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

#### 4.4.5.3. Diseño Físico del *Datamart*

Se procede a crear una Base de Datos de nombre *WWI\_Datamart*, y dentro de ella se construyen las tablas definidas en el diseño lógico. Vale agregar que la tabla de tiempo se creará dentro de *Power BI*, por lo que no será necesaria tenerlo en la presente base de datos:

**Figura 43. Diseño de Modelo Estrella Para Datamart de Control de Inventarios**

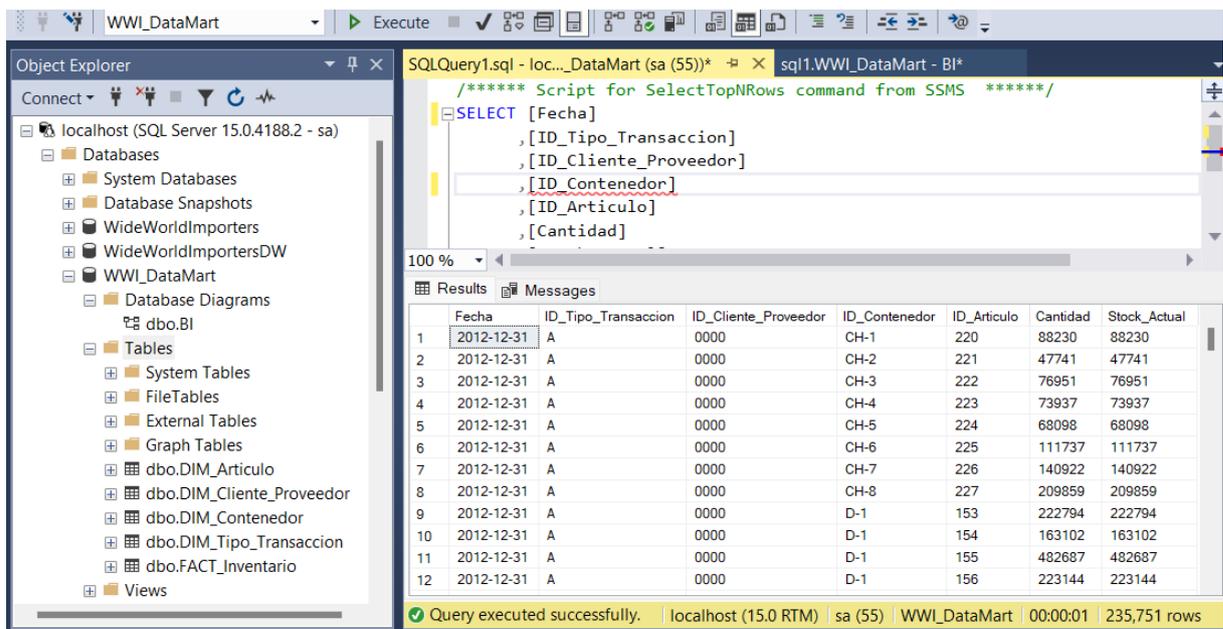


*Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio*

#### 4.4.5.4. Carga de Datos

Se realiza con los pasos indicados en la sección previa: “Análisis y selección de los datos”. Los comandos e instrucciones más relevantes para la mencionada carga se agregan en el “Anexo C. Querys de Carga de Datos”.

**Figura 44. Contenido de la Base de Datos del Datamart**



*Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio*

#### 4.4.6. Carga de Datos en Power BI Desktop

Se procederá con el desarrollo del *modelo de los datos* en *Power BI Desktop*, la creación de informes y su publicación en *Power BI Service*.

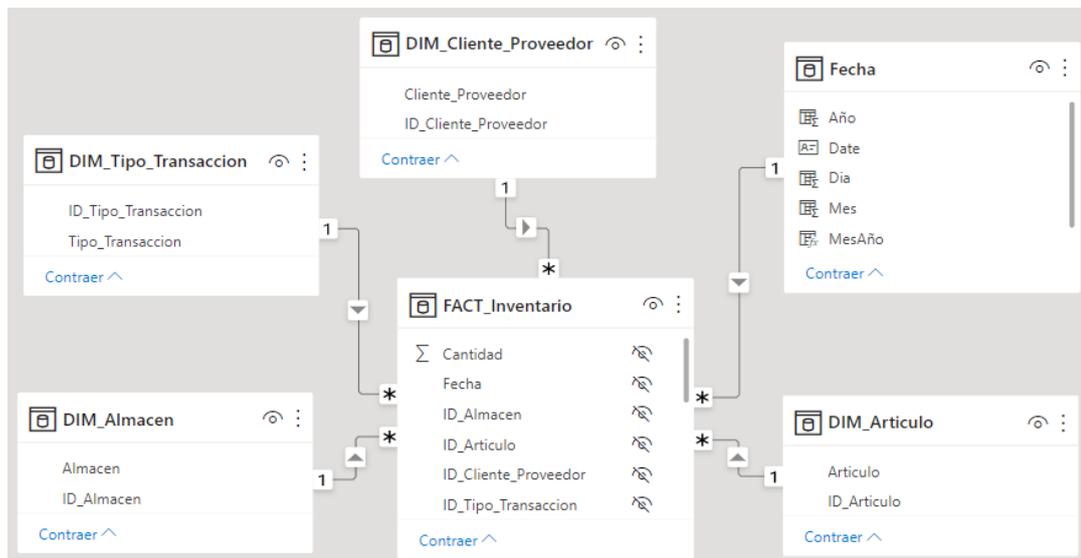
##### 4.4.6.1. Importación de Datos y Modelado de Datos

Sobre un nuevo informe en *Power BI*, se procede a importar los datos de la Base de Datos *WWI\_DataMart*, se crea la tabla de tiempo *DIM\_Tiempo* (marcada como *DataTable*) y se asegura que existan relaciones correctas entre las tablas.

Luego, se procede a crear las “Columnas” y “Medidas” calculadas de los ingresos, salidas, stock actual, entre otros, con los cuales se podrán.

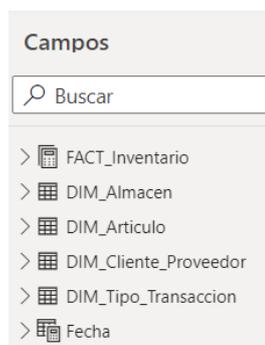
A continuación, se muestran las imágenes relacionadas al *modelo de datos* (modelo estrella) y las *tablas* en *Power BI*.

**Figura 45. Modelo de Datos de Reporte Inventarios en Power BI**



Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

**Figura 46. Tablas para Crear Reportes en Power BI**



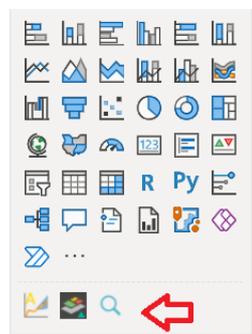
Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

#### 4.4.6.2. Determinación de Objetos Visuales

Para los *Dashboards* ideados a crear, se determina por conveniente agregar las siguientes visualizaciones personalizadas desde el *AppSource* de *Power BI*:

- **Text Filter:** Para hacer búsquedas sencillas y filtrar datos.
- **Synoptic Panel by OKViz:** Para crear un objeto visual con *layout* de almacén, que contenga los contenedores, y que se enlace a los datos de nombre de contenedor y número de artículos.
- **Forecasting with Arima:** Para hacer predicciones en procesos de ingreso, salida, y stock en los contenedores.

**Figura 47. Objetos Visuales Personalizados Agregados a Power BI Desktop**

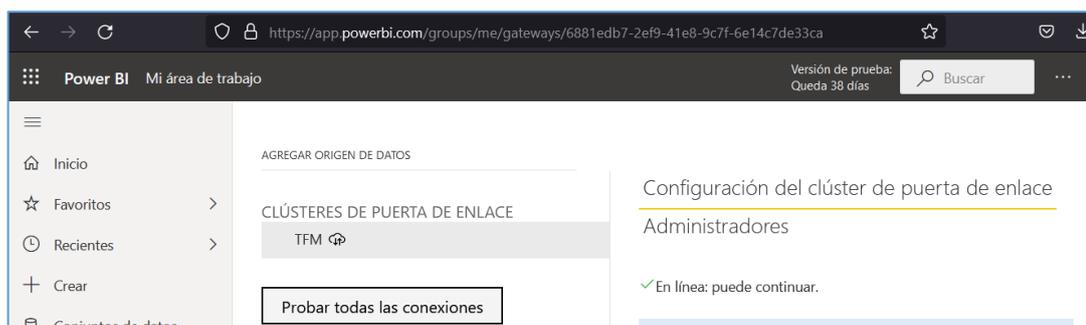


Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

#### 4.4.6.3. Plataforma Power BI Service Conectado a Base de Datos

Con el fin de publicar los informes y *dashboards* creados, se procede a crear una cuenta de *Power BI Service* de prueba. Para comunicar el servicio con la base de datos *SQL Server* instalada en *Docker Desktop*, se procede a instalar y configurar *Power BI Gateway* en el computador donde se ejecuta *Docker Desktop*. Luego, en *Power BI Service* se crea una puerta de enlace de nombre "TFM" y se configura como origen de datos a la base de datos *SQL Server*. En la imagen a continuación se muestra una prueba de la conectividad satisfactoria:

**Figura 48. Puerta de enlace configurada en Power BI Service**



Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI Service

#### 4.4.7. Prototipo I - Dashboards en Power BI

Con el objetivo de dar valor a los datos, mejorar la gestión, y facilitar a la toma de decisiones, se procede con el desarrollo de cinco *Dashboards*:

- *Dashboard* de Historial de Artículos
- *Dashboard* con Diseño de Almacén
- *Dashboard* de Búsqueda de Artículos en Almacén – Versión Móvil
- *Dashboard* con de Proyecciones de Ventas
- *Dashboard* con de Proyecciones de Compras

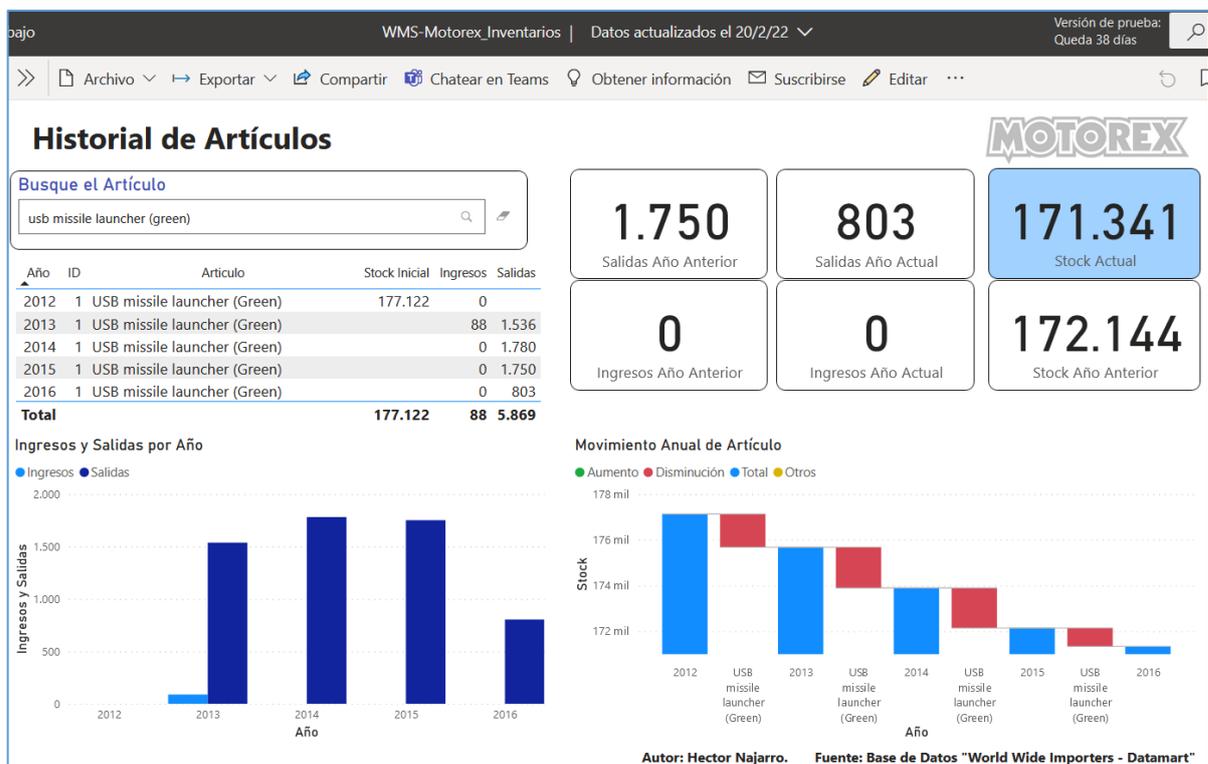
##### 4.4.7.1. Dashboard de Historial de Artículos

Tomando como Año Actual al “2016”, se procede a crear un *Dashboard* que brinde información de uno o varios artículos y cuente con características y datos de sus transacciones como:

- Buscador de artículos.
- Cantidad de Salidas e Ingresos del Año Actual y Año Anterior.
- Stock del Año Actual y Año Anterior.
- Tabla de Movimientos por Año, incluyendo al Stock Inicial.
- Histograma de ingresos y salidas de artículos.

En la siguiente imagen, se pone en práctica al *Dashboard* creado. Haciendo una búsqueda para el artículo “usb missile launcher (green)”, se muestran sus resultados:

**Figura 49. Dashboard de Historial de Artículos en Power BI Service**



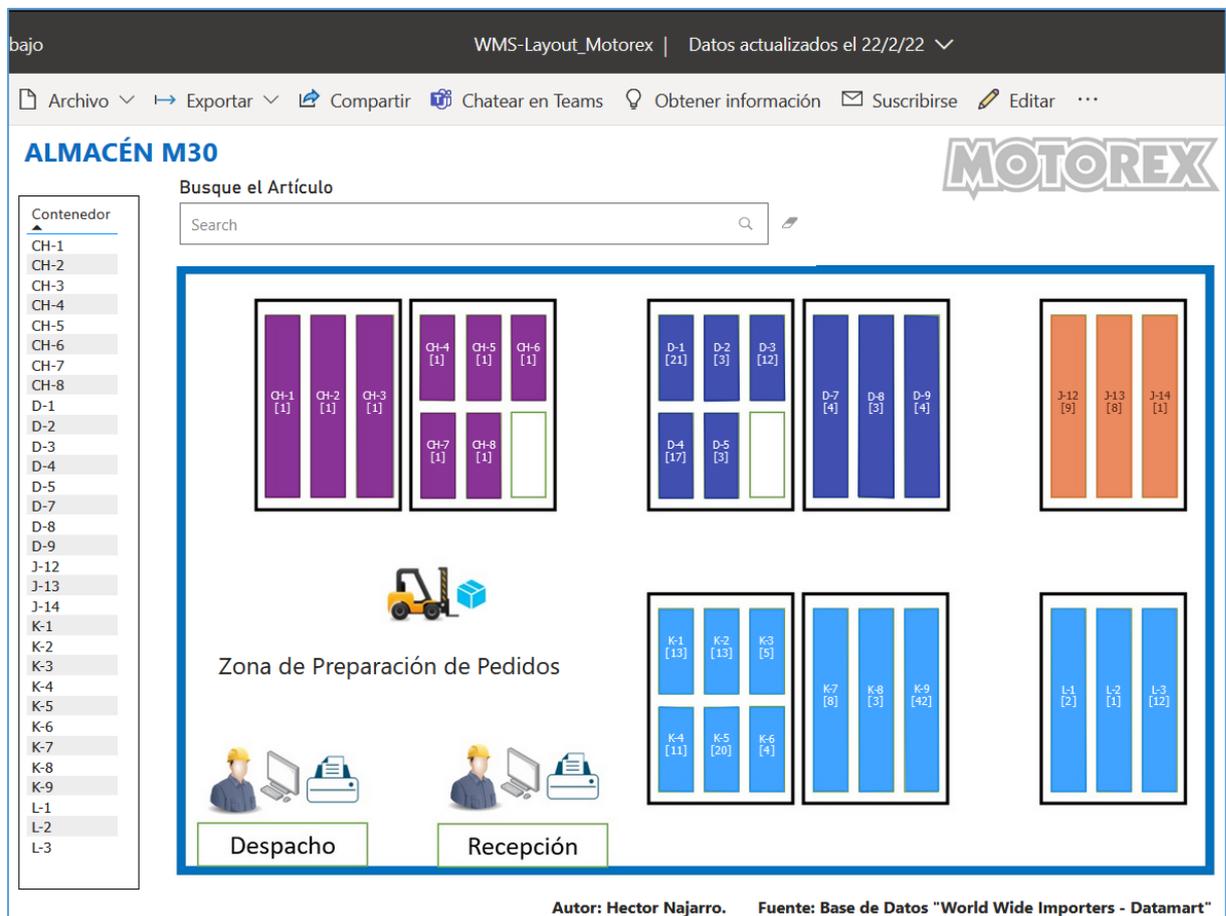
Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

#### 4.4.7.2. Dashboard con Diseño de Almacén

Se procede a crear un *Dashboard* que tome el diseño de la forma física de un Almacén, de manera que facilite la identificación de las ubicaciones de los contenedores y artículos, zona de preparación de pedidos, entre otros. Para el caso del ejemplo, se realizará:

- Diseñar un *Dashboard* con un diseño (*layout*) de almacén.
- Mostrar los contenedores en las ubicaciones físicas agrupadas por letra inicial.
- Mostrar en los contenedores su nombre y el número de los diferentes artículos que contiene este (no confundir con stock).
- Permita ubicar en qué contenedor se encuentra un artículo.
- Permita mostrar el contenido de un Almacén de manera rápida.

**Figura 50. Dashboard con Layout de Almacén en Power BI**



Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI y Synoptic Design

Poniendo en práctica el *Dashboard*, se realizan las siguientes pruebas:

- Buscar artículos que contengan la palabra “usb”:

Se encuentra en que los contenedores L1 y L3 existen artículos de nombre “usb”:

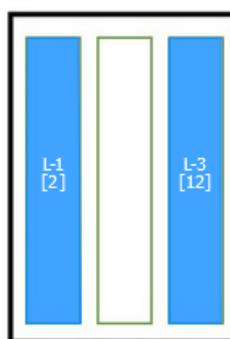
**Figura 51. Operación de Búsqueda en Dashboard con Layout de Almacén en Power BI**



*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI y Synoptic Design*

Ampliando visualmente (zoom) al área que contiene los contenedores L1 y L3, se observa que contienen 2 y 12 números de artículos respectivamente:

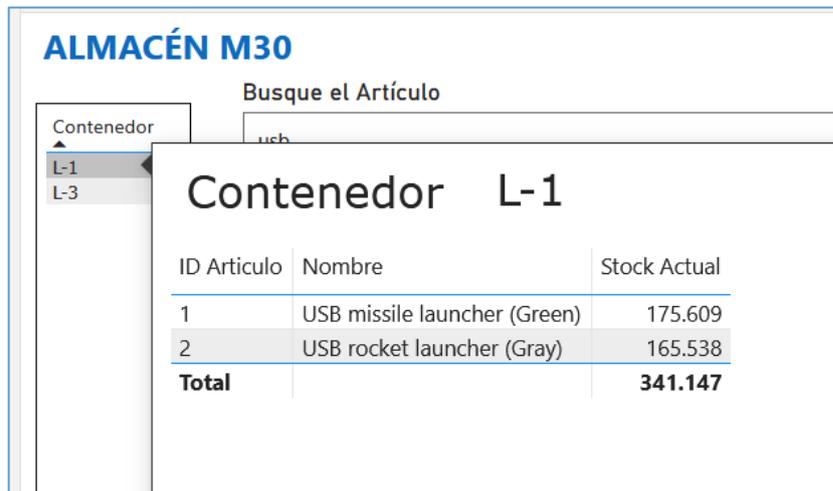
**Figura 52. Zona de Contenedores con artículos “usb” en Dashboard Power BI**



*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI y Synoptic Design*

Para conocer los artículos encontrados, se ubica el puntero del mouse en los campos L1 y L3 en la tabla “Contenedor” localizada en la parte izquierda del *Dashboard*. La característica “tooltip” presentará una ventana emergente con datos relevantes al ubicar el mouse:

**Figura 53. Artículos (2) “usb” y su stock en Contenedor L-1 en Dashboard Power BI**



ALMACÉN M30

Busque el Artículo

Contenedor

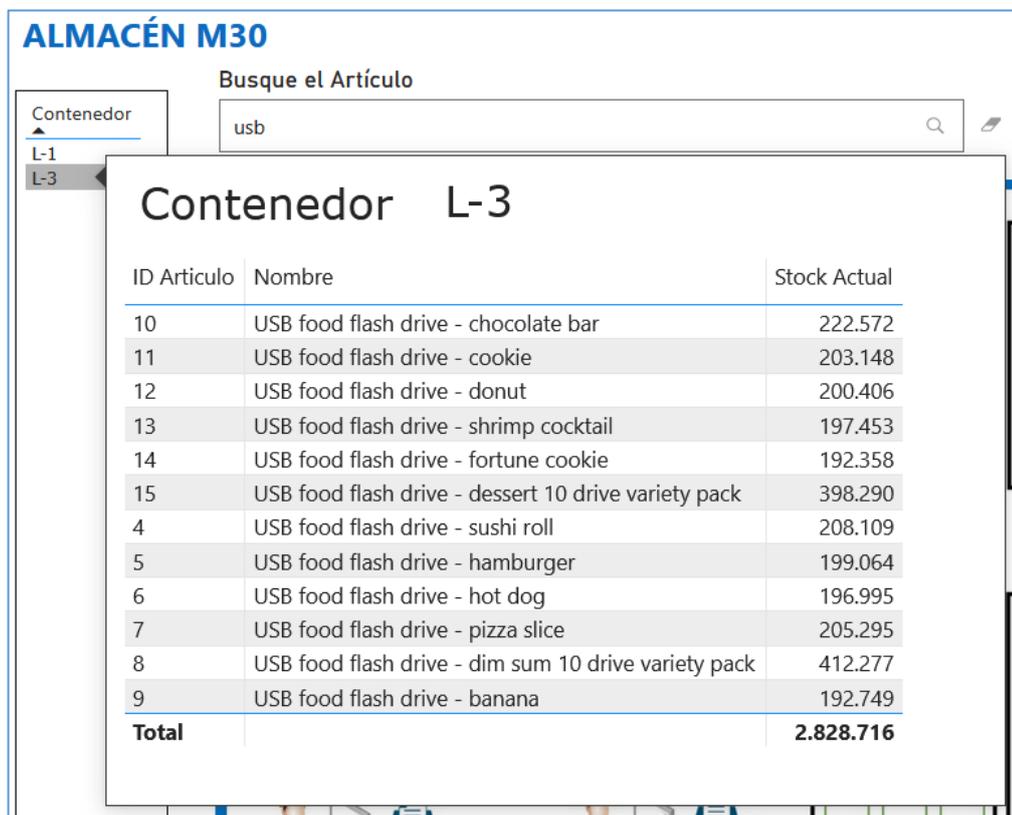
usb

Contenedor L-1

ID Artículo	Nombre	Stock Actual
1	USB missile launcher (Green)	175.609
2	USB rocket launcher (Gray)	165.538
<b>Total</b>		<b>341.147</b>

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

**Figura 54. Artículos (12) “usb” y su stock en Contenedor L-3 en Dashboard Power BI**



ALMACÉN M30

Busque el Artículo

Contenedor

usb

Contenedor L-3

ID Artículo	Nombre	Stock Actual
10	USB food flash drive - chocolate bar	222.572
11	USB food flash drive - cookie	203.148
12	USB food flash drive - donut	200.406
13	USB food flash drive - shrimp cocktail	197.453
14	USB food flash drive - fortune cookie	192.358
15	USB food flash drive - dessert 10 drive variety pack	398.290
4	USB food flash drive - sushi roll	208.109
5	USB food flash drive - hamburger	199.064
6	USB food flash drive - hot dog	196.995
7	USB food flash drive - pizza slice	205.295
8	USB food flash drive - dim sum 10 drive variety pack	412.277
9	USB food flash drive - banana	192.749
<b>Total</b>		<b>2.828.716</b>

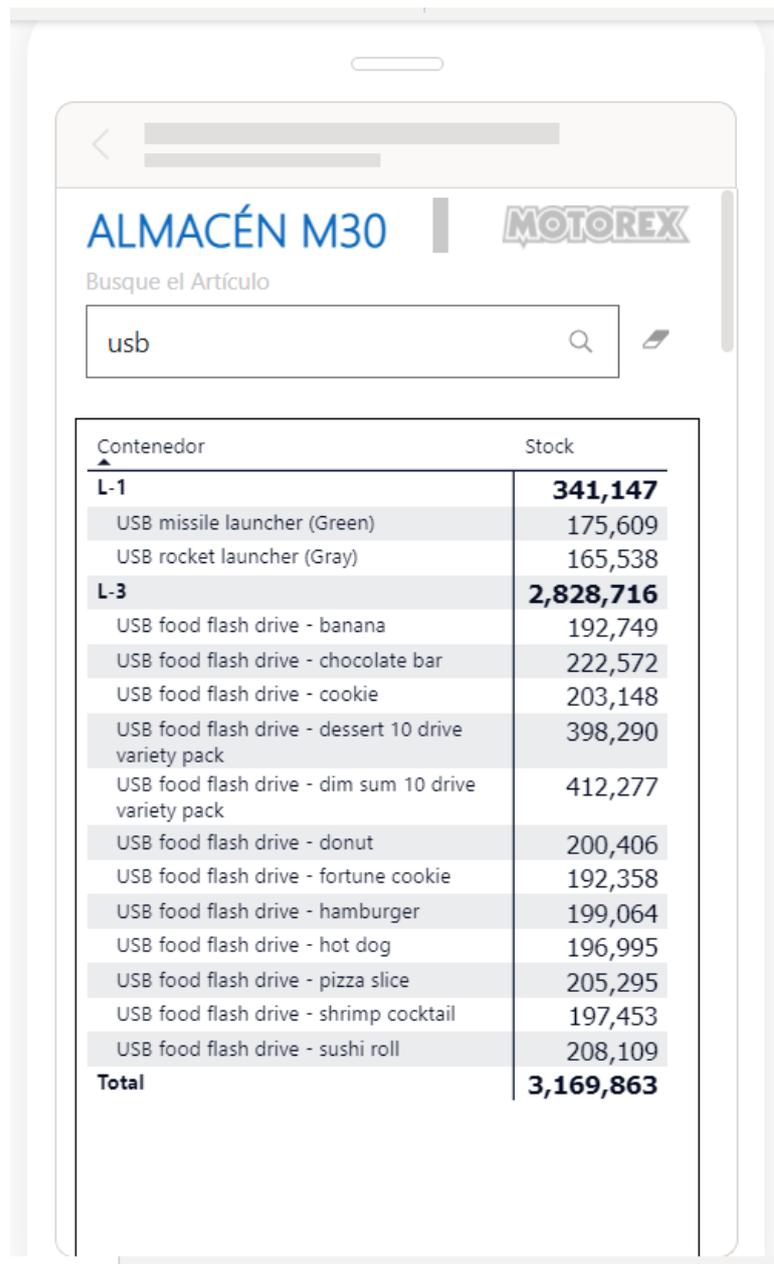
*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

#### 4.4.7.3. Dashboard de Búsqueda de Artículos en Almacén – Versión Móvil

Utilizando las características de *Power BI*, se procede a crear un reporte en *Power BI Mobile* con funciones similares al *Dashboard* previamente creado, debido a las limitaciones de tamaño de un equipo móvil, el resultado solo se hará hacia una tabla.

Repitiendo los pasos del ejemplo anterior, se hace la búsqueda de artículos de nombre “usb”.

**Figura 55. Artículos “usb” y su Stock en Contenedores en versión Power BI Mobile**



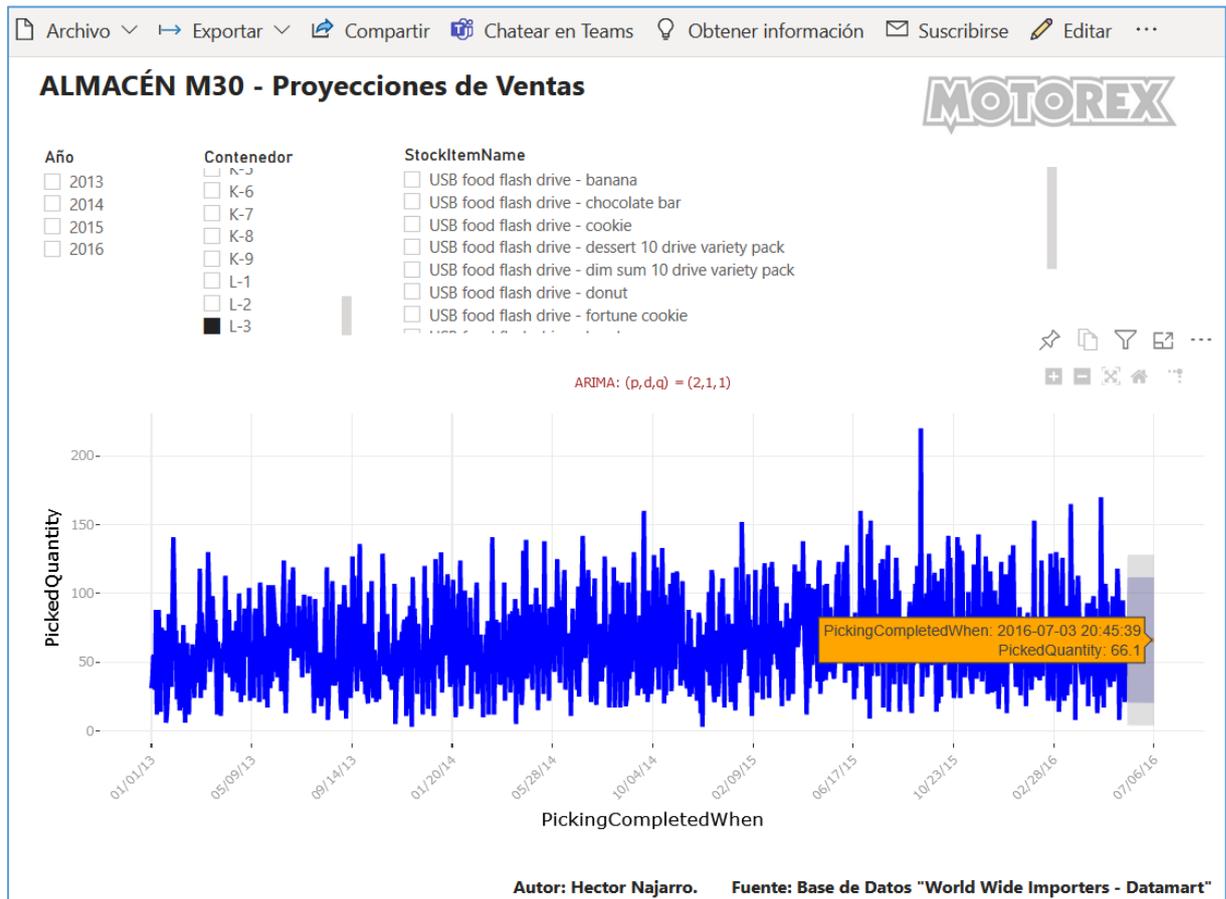
Contenedor	Stock
<b>L-1</b>	<b>341,147</b>
USB missile launcher (Green)	175,609
USB rocket launcher (Gray)	165,538
<b>L-3</b>	<b>2,828,716</b>
USB food flash drive - banana	192,749
USB food flash drive - chocolate bar	222,572
USB food flash drive - cookie	203,148
USB food flash drive - dessert 10 drive variety pack	398,290
USB food flash drive - dim sum 10 drive variety pack	412,277
USB food flash drive - donut	200,406
USB food flash drive - fortune cookie	192,358
USB food flash drive - hamburger	199,064
USB food flash drive - hot dog	196,995
USB food flash drive - pizza slice	205,295
USB food flash drive - shrimp cocktail	197,453
USB food flash drive - sushi roll	208,109
<b>Total</b>	<b>3,169,863</b>

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI Mobile*

#### 4.4.7.4. Construcción de Dashboard con de Proyecciones de Ventas

Con la visualización personalizada “Forecasting With Arima” y la Base de Datos “World Wide Importers”, se procede a crear un *Dashboard* de con proyecciones de ventas para un mes. Para el caso, *Arima* estima que al 03 de julio de 2016, se deberían de vender 66 unidades de artículos del contenedor L-3. Se debe tener en cuenta que la base de datos utilizada contiene datos hasta el 04 de junio de 2016.

**Figura 56. Proyecciones de Ventas en Dashboard Power BI con Arima**



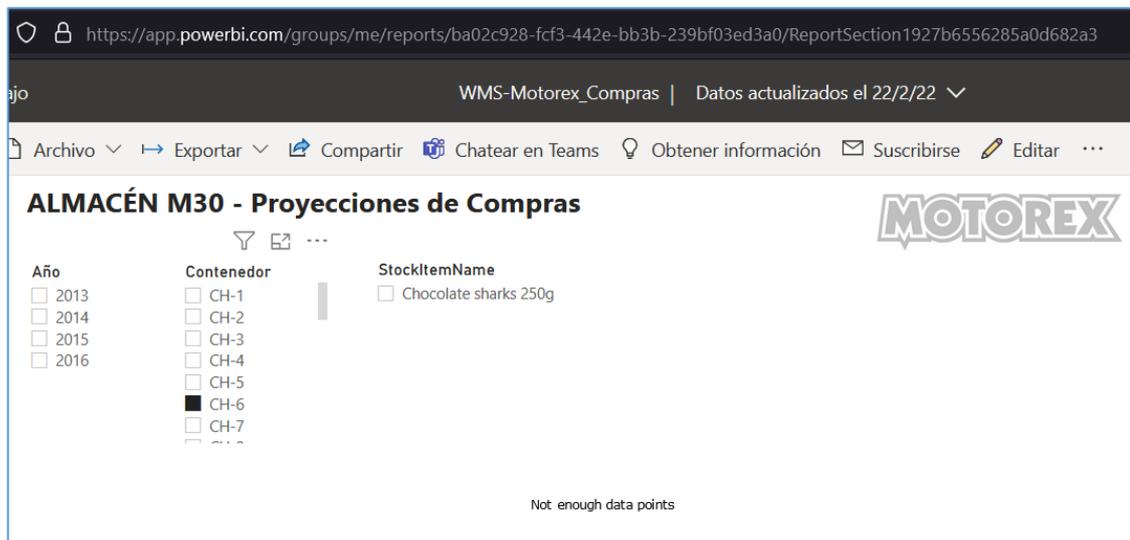
*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

Es importante agregar, que esta técnica no dará resultados si los datos son irregulares y no presentan un patrón.

#### 4.4.7.5. Dashboard con de Proyecciones de Compras

Similar al *Dashboard* anterior, se procede a crear un *Dashboard* de proyección de Compras. Debido a que los datos de la base de datos “World Wide Importers” contiene muy pocos registros para este proceso, no se logran resultados de proyecciones.

**Figura 57. Proyecciones de Compras en Dashboard Power BI con Arima**

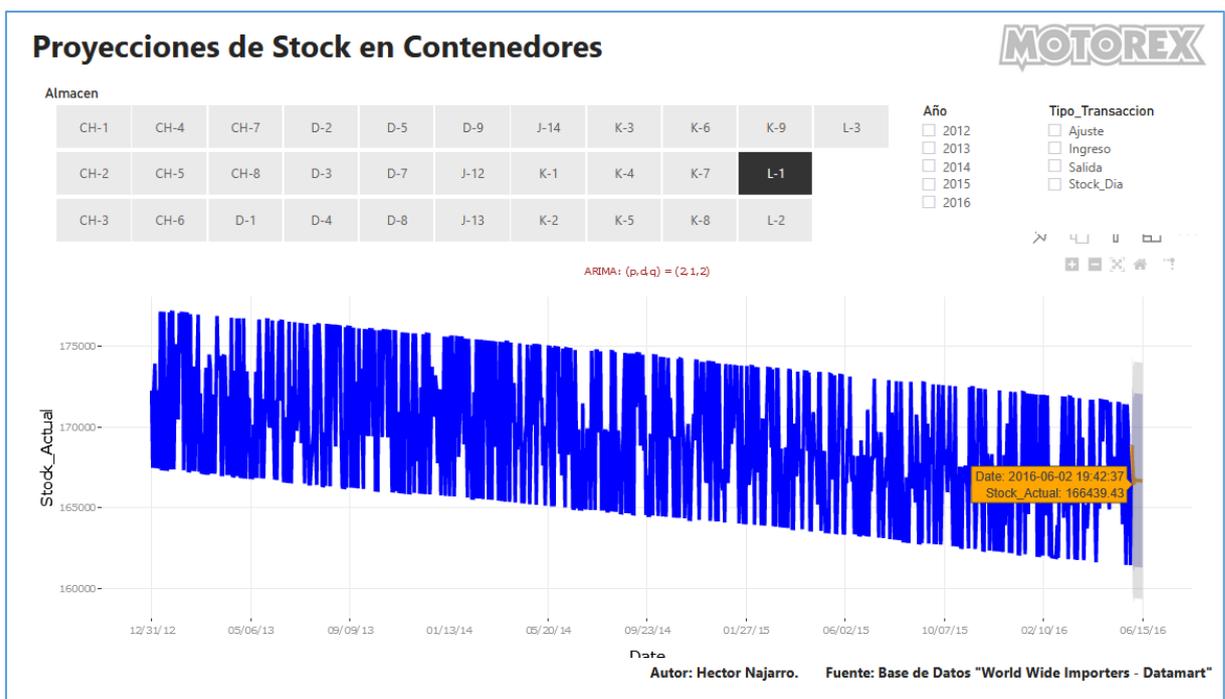


*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

4.4.7.6. Dashboard con de Proyecciones de Stock

Se procede con crear un *dashboard* de Proyecciones de Stock con el *Datamart* creado, para el caso del contenedor L-1, como el 28/05/2016, su stock era de 166,400 unidades, el algoritmo al 02/06/2022 tendría un stock de 166.449 unidades.

**Figura 58. Proyecciones de Stock en Contenedores**



*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

#### 4.4.8. Prototipo II - Control de Stocks Basados en IoT

Con el fin de explicar el flujo de datos en el proceso de inventario mediante *IoT*, desde la obtención, comunicaciones, monitoreo, almacenamiento, gestión y toma de decisiones, se desarrolla el prototipo con los pasos listados para su creación y pruebas:

##### 4.4.8.1. Creación de base de datos

Se construye una base de datos que contenga los identificadores de cada ítem existente de cada artículo. Se asigna el nombre *WWI\_RFID\_Scan*, y contiene las tablas:

- **Articulo\_RFID:**

Contiene datos básicos por cada artículo que pueda identificarse de manera única con un ID asignado a cada artículo, y datos que permitan conocer su historia.

- **Lector\_RFID:**

- Contiene datos básicos de cada lector *RFID* que permitan identificarlo, así como saber su estado, ubicación, y fecha de última ejecución.

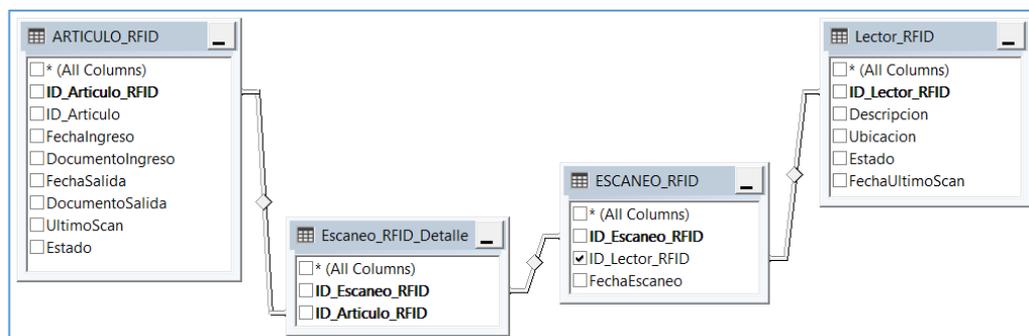
- **Escaneo\_RFID:**

Contiene las acciones de escaneo realizadas por un Lector *RFID* incluyendo fecha de ejecución.

- **Escaneo\_RFID\_Detalle:**

Contiene las lecturas de etiquetas *RFID* obtenidas en un escaneo.

**Figura 59. Tablas y Relaciones de Base de Datos *WWI\_RFID\_Scan***



*Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio*

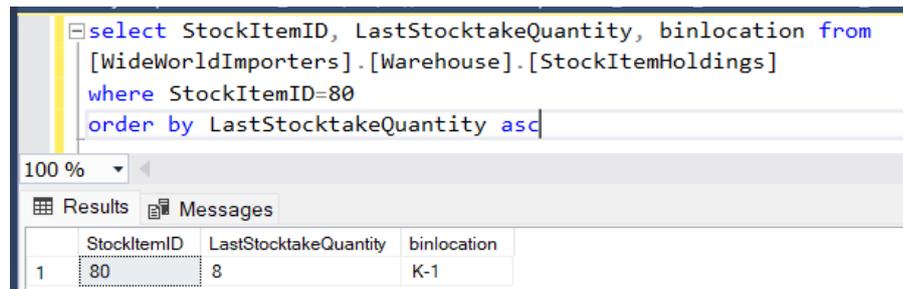
##### 4.4.8.2. Identificación de Items a etiquetar con RFID

Los identificados de ítem deben ser impresos (guardados) en las etiquetas *RFID* y se deben de “pegar” a los ítems correspondientes. Luego, cuando un lector *RFID* ejecute una tarea de escaneo a pedido de un *Raspberry Pi*, su contenido será enviado al *Controller* por medio de *MQTT*. Para el piloto, al no contar con elementos *RFID*, los registros de lo que se hubiera obtenido de una lectura *RFID* se almacenan directamente en la base de datos.

La cadena *MQTT* recomendada a utilizar será “AlmacénN/LectorRFIDN/ItemsLeídos”, donde *N* es un número identificador.

Para el piloto, se selecciona al artículo: “*The Gu*” red shirt XML tag t-shirt (White) M, que se encuentra en el contenedor *K-1* y cuenta con 8 unidades. Se elige a este artículo por tener una cantidad pequeña y controlable. El código de este artículo es el “80”:

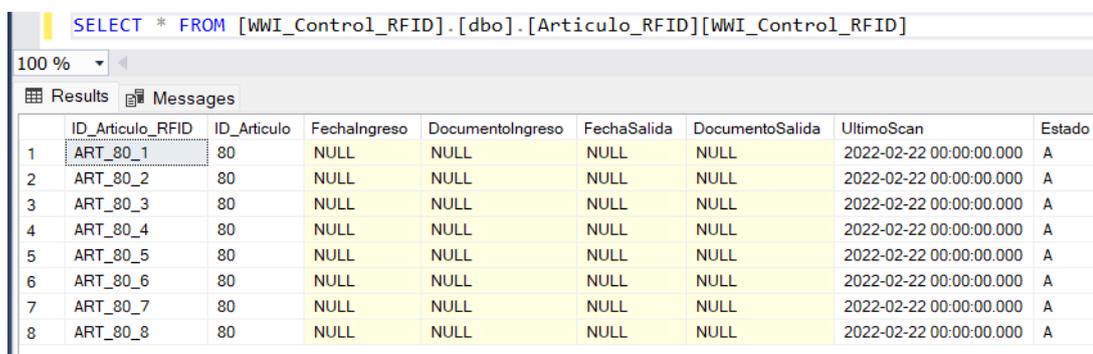
**Figura 60. Selección de Artículo para tomar en Prueba Piloto**



Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio

Se procede a crear un registro único por cada una de las 8 existencias (ítems). Se utiliza el formato: “Art\_CodigoArticulo\_Secuencia”:

**Figura 61. Identificadores Únicos asignados a las existencias del artículo piloto**



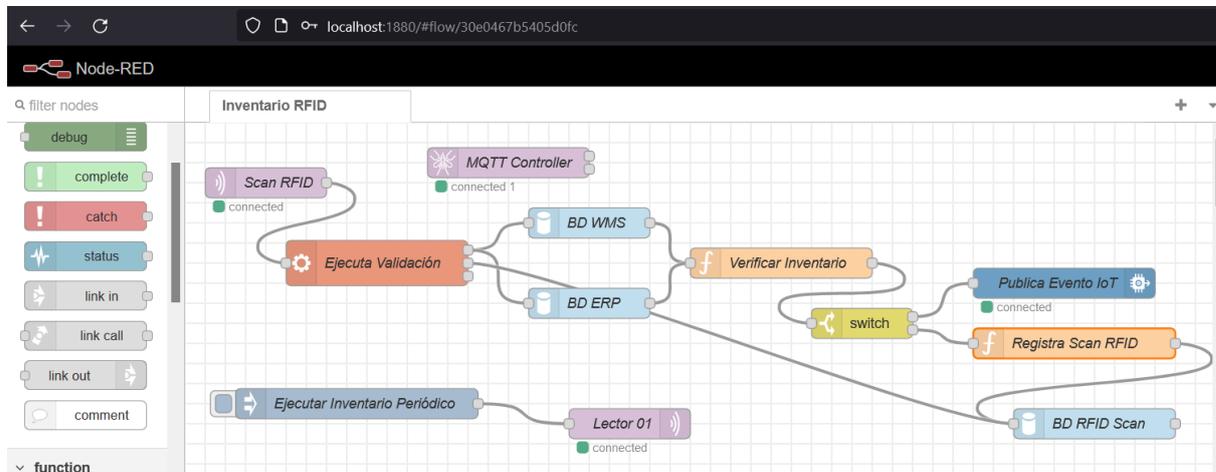
Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio

#### 4.4.8.3. Flujo en Node-RED en Controller:

El *Controller*, mediante un flujo en *Node-RED*, ante la notificación de la llegada un mensaje *MQTT* (lectura *RFID*), se conectará a la base de datos del *WWI* (el *ERP*) para leer los ítems que deberían de existir en almacén, y los comparará con los datos obtenidos del mensaje *MQTT*, los resultados los almacenará a la base de datos *WWI\_RFID\_Scan*. Luego, enviará los resultados a una plataforma *IBM IoT*. Los datos enviados a la Plataforma *IoT* se dan en

formato *MQTT-Json*, el cual contiene el código del artículo, los stocks del *ERP* y reales, y la ubicación física esperada.

**Figura 62. Flujo en Node-RED en equipo Controller**



*Fuente: Elaboración Propia basada en Node-RED*

Como parte de la prueba, en la Base de Datos *WWI\_RFID\_Scan*, se agregan 7 de los 8 items del piloto para simular un desbalance del stock.

**Figura 63. Identificadores Únicos asignados a las existencias del piloto**

ID_Escaneo_RFID	ID_Lector_RFID	Descripcion	Ubicacion	Estado	FechaUltimoScan	FechaEscaneo	ID_Articulo_RFID
1	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_1
2	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_2
3	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_3
4	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_4
5	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_5
6	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_6
7	1	Zebra_FX9600	Almacen M03 - K-01	A	2022-02-22 00:00:00.000	2022-02-22 00:00:00.000	ART_80_7

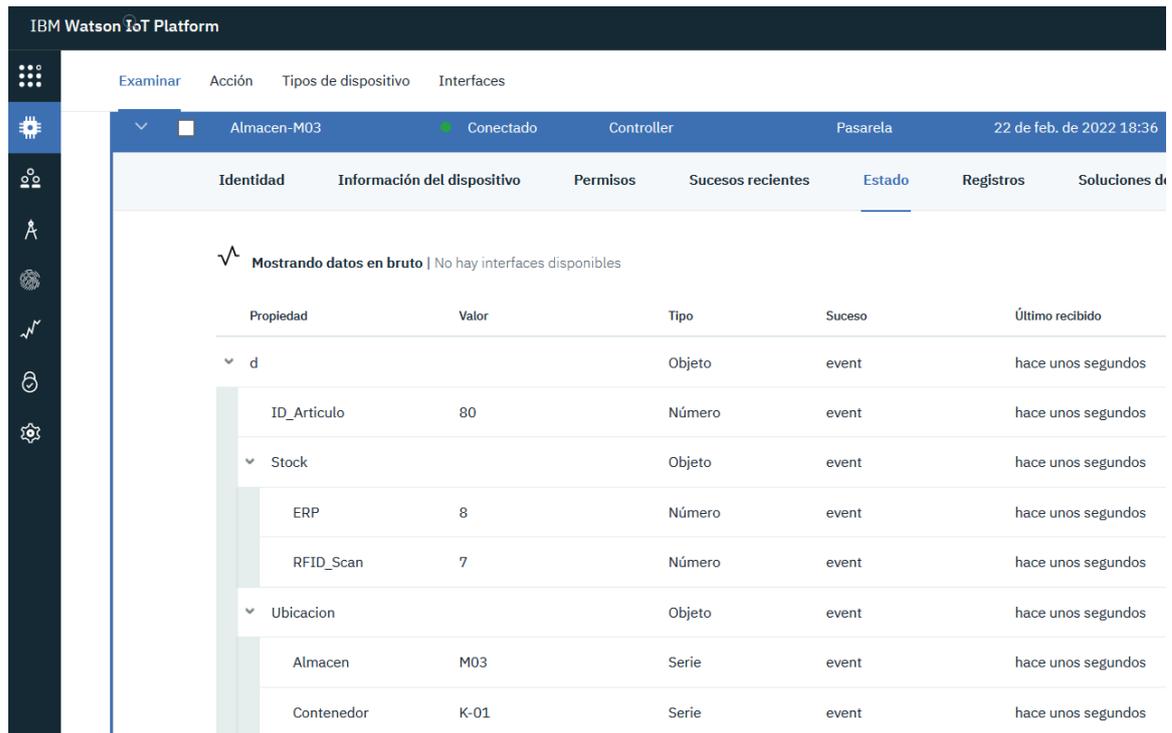
*Fuente: Elaboración Propia basada en SQL Server Management Studio*

#### 4.4.8.4. Plataforma IBM IoT

En la nube de IBM, se cuenta una plataforma *IBM IoT* y aplicación *Node-RED* instalados.

La plataforma *IBM IoT* tiene registrado al *Controller* como dispositivo *IoT* y recibe los datos de este, en esta plataforma se muestran los mensajes que arriban del *Controller* con los datos relevantes. Para ello, en la plataforma *IBM IoT*, previamente se creó un dispositivo de nombre “Almacen-M03” y se configuró el flujo de *Node-RED* del *Controller* con las credenciales correspondientes. En el siguiente gráfico, se observa la cadena que llega desde el *Controller*, en los cuales se observan los datos enviados que muestran el desbalance de stock:

**Figura 64. Plataforma IBM IoT Recibiendo Datos del Controller**

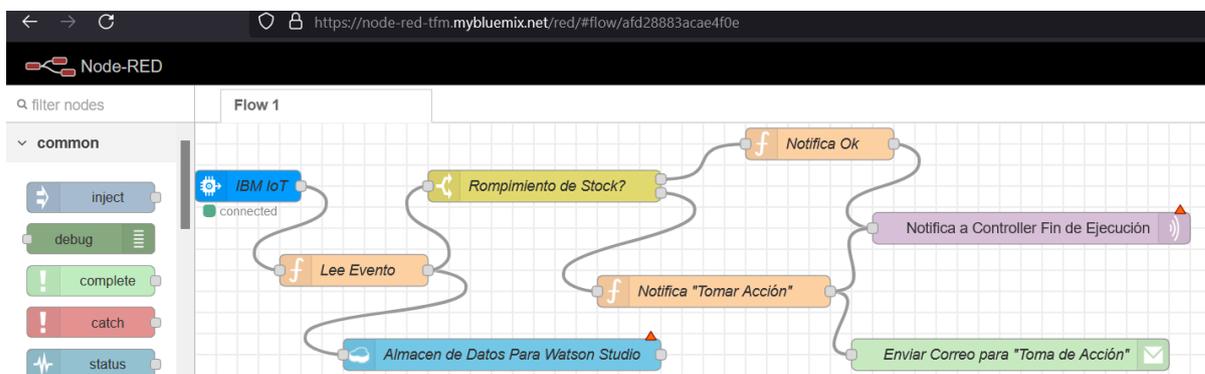


Fuente: Elaboración Propia basada en Plataforma IBM IoT

#### 4.4.8.5. Aplicación Node-RED en IBM Cloud

La aplicación *Cloud* de *Node-RED*, recibe los mensajes que llegan a la plataforma *IBM IoT*, se encarga de guardar los eventos en una base de datos *Cloudant* para su posterior uso con *IBM Watson Studio*. También evalúa si los mensajes llegaron con diferencias de ítems, en caso de presentarse esta condición, procederá a enviar un email al personal responsable de almacén para que tome acción inmediata para corregir el evento. Finalmente enviará una notificación al *Controller* indicando que el flujo concluyó.

**Figura 65. Flujo de Datos IoT en Node-RED en IBM Cloud**



Fuente: Elaboración Propia basada en Plataforma IBM IoT

#### 4.4.8.6. Dashboard de Monitoreo Con Layout de Almacén

Para finalizar el prototipo, se mejora el “Dashboard con Layout de Almacén”, agregando mejoras visuales que permitan identificar de manera intuitiva las diferencias en los inventarios físicos versus los que indica el ERP, para ello se agregan tres tipos de íconos:

**Tabla 6.** Íconos de Identificación en el Control de Stocks

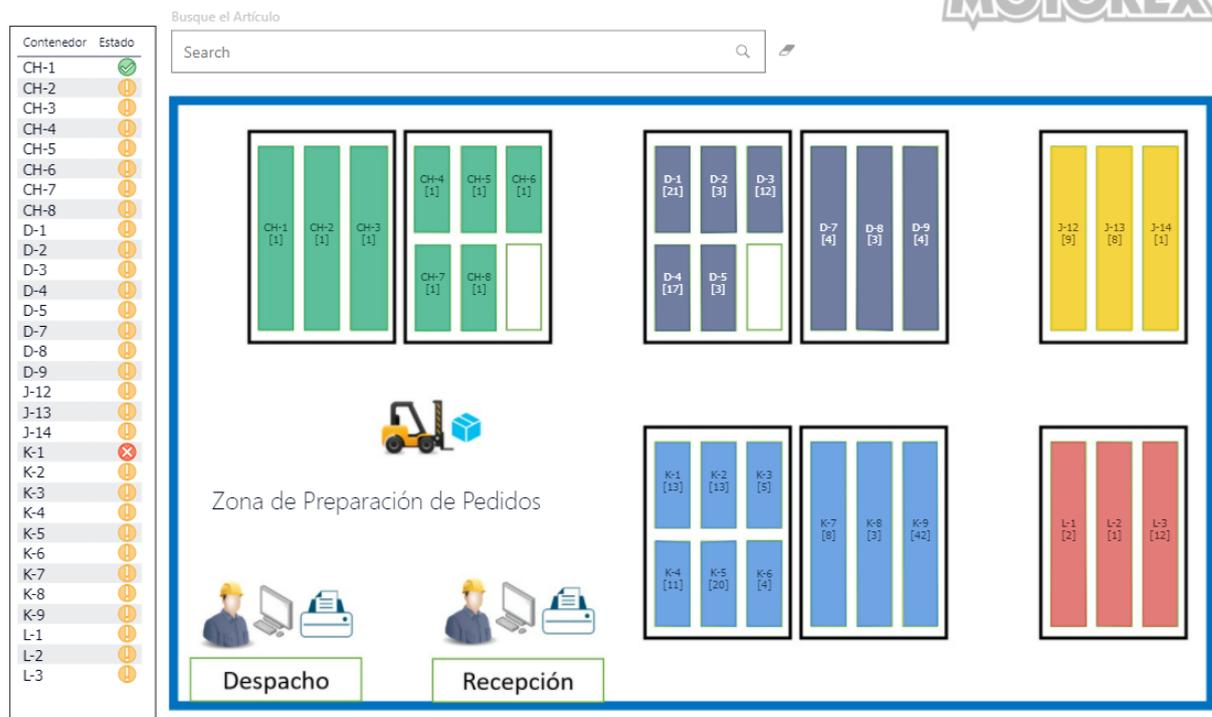
Icono	En Artículo	En Contenedor
✘	Existe diferencia en su stock.	Contiene al menos un artículo con diferencia en el Stock.
!	Sin inventario físico.	Contiene al menos un artículo con sin inventario. No contiene artículos con diferencia de stock
✓	Inventario físico coincide con ERP.	Contiene artículos con inventario físico que coincide con ERP.

Adicionalmente, para mejorar el ejemplo, se consideran las siguientes condiciones:

- En el contenedor K-1, se mantiene el error en el artículo de código “80”. Se agrega el inventario físico del artículo de código “86” en cantidad igual al inventario del ERP.
- En el contenedor CH-1. se agrega el inventario físico con cantidad correcta a su único artículo -de código “220”. El objetivo es mostrar este contenedor como correcto.
- Los demás contenedores no tienen artículos con inventario, tendrán ícono de advertencia.

**Figura 66. Dashboard de Monitoreo con Layout de Almacén en Power BI**

#### ALMACÉN M30 - Control de Inventarios



Autor: Hector Najarro. Fuente: Base de Datos "World Wide Importers - Datamart"

Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI

Para corroborar el detalle del contenedor K-1, al acercar el mouse por la fila correspondiente en la tabla, se observa en la *ventana emergente* que el artículo de código “80”, muestra un icono de *error* (diferencias en inventario), y el artículo de código “86” muestra el ícono de *check* (coherencia en inventario), los demás artículos sin inventario físico muestran en ícono de *advertencia*.

**Figura 67. Artículos y Estado en Almacén en Contenedor K-1 en Power BI**

ID Artículo	Nombre	Stock Actual	Inv. Físico	Estado
76	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 3XS	127169		⚠
77	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XXS	15		⚠
78	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XS	28		⚠
79	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) S	24871		⚠
81	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) L	103977		⚠
82	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XL	7254		⚠
83	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) XXL	218581		⚠
84	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 3XL	5871		⚠
85	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 4XL	54554		⚠
87	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 6XL	52048		⚠
88	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 7XL	145218		⚠
80	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) M	8	7	✖
86	"The Gu" red shirt XML tag t-shirt (White) 5XL	15	15	✔
<b>Total</b>		<b>739609</b>		

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

Para finalizar, se acerca el mouse por la fila del contenedor CH-1, y al presentarse la *ventana emergente* se observa que el contenido de este es correcto.

**Figura 68. Artículos y Estado en Almacén en Contenedor CH-1 en Power BI**

ID Artículo	Nombre	Stock Actual	Inv. Físico	Estado
220	Novelty chilli chocolates 250g	71112	71112	✔
<b>Total</b>		<b>71112</b>		

*Fuente: Elaboración Propia basada en Power BI*

## 4.5. ESTIMACIONES DE TIEMPO Y COSTOS

En este apartado se evalúa los plazos e inversión requeridos para la solución.

### 4.5.1. Tiempo y costos del Proyecto

Para realizar la arquitectura, se estima una duración de seis meses de iniciado el proyecto, y tener un costo aproximado de 25 mil euros, tal como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Actividades, hitos y costos estimados del proyecto

Nro	Actividad	Hitos y Requisitos	Costo	Duración - Meses												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Kiff Off		1													
2	Implementación de RFID y Sensorización		10													
3	Desarrollo de WMS	Act 2 al 50%	2													
5	Capacitación al Personal en uso de RFID	Act Finalizada	1													
6	WMS basado en iot	Act 3 al 50%	1													
7	Integración de sistemas	Act 3 y 5 finalizadas	1													
8	Reportes y analítica	Act 3 y 5 finalizadas	1													
9	Soluciones móviles	Act 3 y 5 finalizadas	1													
10	Capacitación al Personal	Act 3 al 9 finalizadas	1													
11	Pruebas	En todas las act previas	1													
12	Pruebas finales y Marcha Blanca	Act 10 y 11 finalizadas	1													
13	Uso oficial de la solución	Act 12 finalizada														

### 4.5.2. Estimación de Ahorros y Gastos

Implementada la arquitectura, se espera ahorros en labores de gestión y contabilidad, espacio en almacén, personal de almacén, y los costos asociados a la consultora externa que actualmente tiene un costo de 10 mil euros se reducirían considerablemente a partir del año 2. Estos ahorros estimados suman 63 mil doscientos Euros.

**Tabla 8.** Ahorros estimados

Descripción	Mensual	Anual
Contabilidad y Gestión	€ 2,000	€ 24,000
Espacio en Almacén	€ 1,000	€ 12,000
Reconciliación de Inventarios y Errores Humanos	€ 1,000	€ 12,000
Personal de Almacén	€ 600	€ 7,200
Inventario Externo - Consultora (2 veces al año)		€ 8,000
<b>Total</b>		<b>€ 63,200</b>

El mantenimiento de la solución conllevará gastos, donde se resaltan los costos de licenciamiento y plataformas, mantenimiento de la solución, y personal de TI que se encontrará brindando soporte y desarrollando mejoras al sistema.

Estos gastos estimados suman 33 mil y ochocientos euros anuales.

**Tabla 9.** Gastos estimados para el mantenimiento de la solución

Descripción	Mensual	Anual
Energía Eléctrica	€ 200	€ 2,400
Mantenimiento de Equipos RFID (a partir de año 2)		€ 2,500
Suministros RFID	€ 200	€ 2,400
Costos de Plataforma y Licenciamiento	€ 500	€ 6,000
Inventario Externo - Consultora (1 vez al año)		€ 2,500
Personal de TI	€ 1,500	€ 18,000
<b>Total</b>		<b>€ 33,800</b>

#### 4.5.3. Estimación de Retorno de Inversión

Obtenidos los gastos de implementación, ahorros y gastos esperados por el uso de la solución, se espera tener un retorno de inversión a partir del tercer año:

**Tabla 10.** Estimación de Retorno de Inversión

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Implementación	-€ 25,000				
Gastos	-€ 31,300	-€ 33,800	-€ 33,800	-€ 33,800	-€ 33,800
Ahorros	€ -	€ 63,200	€ 63,200	€ 63,200	€ 63,200
Total Anual	-€ 56,300	€ 29,400	€ 29,400	€ 29,400	€ 29,400
ROI	-€ 56,300	-€ 26,900	€ 2,500	€ 31,900	€ 61,300

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se describe las conclusiones y línea de trabajo futuros:

### 5.1.1. Conclusiones

Con la metodología de trabajo presentada, se concluye que se pueden resolver los objetivos planteados en el presente TFM:

- ***Diseñar un Framework Ágil de Innovación y Transformación Digital:***  
**Completado.** Se diseña el *Framework Ágil* basado en *Design Thinking* y *Open Innovation*, el cual es presentado a la empresa, y quienes aceptan adoptarlo siempre y cuando se vean los resultados de la aplicación luego de una prueba piloto en el Departamento de Logística. La empresa asigna el nombre “*CreciendoJuntos*” al proceso de Innovación propuesto.
  
- ***Ejecutar una prueba piloto del Framework Ágil y encontrar una oportunidad de mejora:***  
**Completado.** Se define la metodología de trabajo de *CreciendoJuntos*, se define los integrantes, los horarios de trabajo, y el esquema de evaluación de las ideas y alternativas de solución; las mismas que están basados en los criterios de Beneficios y Factibilidad Técnico-Económicas. En este piloto, se encuentra la oportunidad de mejora de “automatizar el inventario”, a la cual se le asigna el nombre “*WMS-IIoT*”.
  
- ***Diseñar una Arquitectura IIoT para Automatizar el Inventario en Almacenes:***  
**Completado.** Se diseña una *Arquitectura IIoT* basada en tecnologías y habilitadores de la *Industria 4.0*, destacando: *RFID*, *IIoT*, *Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, e Integración de Sistemas.
  
- ***Diseñar dos Prototipos que cubran parte de la Arquitectura IIoT propuesta:***  
**Completado:** Se diseñan dos prototipos
  - ***Prototipo I: Construcción de Dashboards en Power BI:***  
Para presentar datos exactos y de valor a los usuarios de sistema *IIoT*, se crea un *Datamart* mediante un proceso de certificación de datos, que alimenta a:
    - (i) *Dashboard* de Historial de Artículos
    - (ii) *Dashboard* con Diseño de Almacén
    - (iii) *Dashboard* de Búsqueda de Artículos en Almacén – Versión Móvil
    - (iv) *Dashboard* con de Proyecciones de Ventas
    - (v) *Dashboard* con de Proyecciones de Compras

- **Prototipo II: Control de Stocks Basados en IoT**

El prototipo creado, que incluye comunicaciones, bases de datos, flujos y decisiones; demuestra que con la tecnología *RFID* y su característica de identificación única de cada ítem en almacén; que, mediante *IoT*, el control de los stocks será permanente y en línea, identificando inmediatamente las desviaciones, las cuales mediante notificaciones por *email* y visualizadas en un *Dashboard*, permitirán a los responsables tomar las acciones correctivas necesarias en el menor tiempo posible.

### 5.1.2. Líneas de trabajo futuras

En caso de que la propuesta de *Innovación y Transformación Digital* sea aceptada por la empresa *Motorex S.A.*, se deberá completar con el ciclo de la metodología *CreciendoJuntos*, donde se deberían de tomar las siguientes actividades:

1. Relacionadas al piloto *CreciendoJuntos*:

- Se debe de retomar el piloto, donde se debe de continuar evaluando ideas, e inclusive, volver a intentar con ideas que se deban por descartadas, agregándole opciones que la hagan factible. Por ejemplo, la idea de “Contar con mayor stock y variedad de artículos” se podría evolucionar en “Generar alianzas con socios proveedores que nos permitan vender directamente sus artículos”, con los que los gastos de almacén se evitan, y la compra únicamente se da cuando se confirma la compra del artículo por parte del cliente, e inclusive la labor del despacho continuaría con el socio proveedor. En este caso, el Departamento de Sistemas tendría que evaluar la factibilidad técnica de implementar la integración del *ERP* de *Motorex* con el *ERP* de los socios proveedores que se genere la alianza estratégica, resultado de ese estudio se debe evaluar los beneficios que a obtener versus la factibilidad técnica-económica.
- Se debe de oficializar la metodología *CreciendoJuntos*, para que no sea un piloto, sino un programa oficial de la empresa, la cual se replique en los demás departamentos y se convierta en parte del ADN de la organización.

2. Relacionadas la solución *WMS-IIoT*:

- Contratar a una empresa especialista en *RFID*, de preferencia que sea socio (Partner) de la marca Zebra, la misma que debe de apoyar en la solución, y de ser posible, participar en las iteraciones de *CreciendoJuntos*.
- Evaluar la arquitectura propuesta *WMS-IIoT*, para la cual se debe incluir obligatoriamente al proveedor de *RFID*, con los cuales se puedan encontrar opciones de mejora que conlleven a que la solución se implemente con éxito.

- Trasladar los prototipos creados para que en lugar de usar la base de datos *WWI*, usen la base del *ERP* de la empresa.
- Desarrollo de Prototipos relacionados con *IoT* que incluyan a equipamiento *Raspberry Pi* y *RFID*, y que tengan capacidades de monitoreo utilizando una base de datos *InfluxDB* y *Dashboards* en *Grafana*.
- Desarrollo de Prototipos relacionados con el *WMS*, que incluyan las aplicaciones móviles y de escritorio finales. El *WMS* debe de estar alineado a los pedidos hechos en *Exactus*, y ante la venta o reserva de artículos, en la base de datos del *RFID* se reserven los artículos siguiendo el esquema FIFO.
- Desarrollo de *Dashboards* de *Layout* de almacén con funciones de *monitoreo de stock*, que incluyan los datos de los contenedores que contienen las desviaciones, los artículos no encontrados, y que incluyan datos básicos como su identificador *RFID*, fecha que se ingresó, etc.
- Desarrollo de *Dashboards* de *Layout* de almacén con funciones de *preparación de pedidos*, donde se ingrese el número de pedido al cual el cliente está próximo a llegar - o ya llegó – al almacén para su despacho. El buscador debe indicar los artículos a despachar, su código *RFID*, y su ubicación de sus contenedores; todo ello con el fin de mejorar los tiempos de atención de los despachos y evitar enviar artículos diferentes a los planificados, respetando el sistema de despachos FIFO, por ejemplo.
- Aprovechar los datos recolectados en la base de datos *Cloudant* en *IBM Cloud*, para generar modelos de inteligencia artificial con *Watson Studio*, y lograr tener características de predicción para cuando un equipo *RFID* esté cerca a fallar, o para cuando se pueda romper el stock de un determinado artículo.
- Finalmente, con los prototipos desarrollados, construir la solución completa en base a la arquitectura *IIRA* propuesta.
- Una vez implementada la arquitectura, e identificadas y etiquetadas a todas las existencias con *tags RFID*, se debe de promover la cultura de mantener cero desviaciones en el inventario, con el objetivo de que el stock físico siempre esté en línea con el stock del ERP. En caso de existir alguna diferencia, ésta se debe de corregir a la brevedad.

## Referencias bibliográficas

- AWS (2022). *AWS - ¿Qué es Docker?* Recuperado de: <https://aws.amazon.com/es/docker/>
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: Harvard Business School
- CEUPE (s.f.). *CEUPE Magazine – ¿Qué es el RFID?* Recuperado de: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-el-rfid.html>
- Datos Perú (2022). *Datos Perú – Motorex S.A.* Recuperado de: <https://www.datosperu.org/empresa-motorex-sa-20101461786.php>
- de Bruijin, Jos (Junio, 2016). *Github - microsoft / sql-server-samples - Wide World Importers sample database v1.0*. Recuperado de: <https://github.com/Microsoft/sql-server-samples/releases/tag/wide-world-importers-v1.0>
- Dinngo (2022). *Design Thinking en Español – Curso Online de Design Thinking*. Recuperado de: <https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- Dutt, A. (Diciembre, 2019). *Oodles ERP - Creating Smart Warehouses with IoT Enabled Devices*. Recuperado de: <https://erpsolutions.oodles.io/blog/iot-enabled-warehouses/>
- Efrati, B. y Vilesov, I. (Abril, 2018). *Github - microsoft / powerbi-visuals-forecastingarima*. Recuperado de: <https://github.com/microsoft/powerbi-visuals-forecastingarima>
- Erl, T., Khattak, W. y Buhler, P. (Enero 2016). *Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers & Techniques*. Pearson
- García, L. V. (2021). *Warehouse 4.0 – Today's Tech for Today's Problems*. Recuperado de: <https://supplychaindigital.com/supply-chain-2/warehouse-40-todays-tech-todays-problems>
- Gartner (2021). *Gartner - Magic Quadrant for Warehouse Management Systems*. Recuperado de: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-26Q65VPX&ct=210706&st=sb>
- GS1 (2021). *GS1 - Casos de éxito GS1 Perú en EPC / RFID*. Recuperado de: <https://gs1pe.org/content/casos-de-exito-epc-rfid>
- IBM (2022). *IBM - IBM Cloud Solutions*. Recuperado de: [https://www.ibm.com/ar-es/cloud?utm\\_content=SRCWW](https://www.ibm.com/ar-es/cloud?utm_content=SRCWW)
- Impuls Foundation (2022). *Impuls - Industry 4.0 Readiness Online Self-Check for Businesses*. Recuperado de: <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>

- Intrasys (2021). *Intrasys - RFID Warehouse Inventory Management System*. Recuperado de: <https://www.intrasys.com.sg/RFIDSolution/Retail/RFID-Warehouse-Inventory-Management-System>
- Jones, C. y Chung C. (Abril, 2016). *RFID and Auto-ID in Planning and Logistics*. CRC Press
- Malone, M. (Febrero 2012). *ZDNet - Did Wal-Mart love to death?* Recuperado de: <https://www.zdnet.com/article/did-wal-mart-love-rfid-to-death/>
- Manhattan Associates (2021). *Manhattan Associates - Líder en 13 ocasiones en el Cuadrante Mágico de Gartner para WMS*. Recuperado de: <https://www.manh.com/es/recursos/informe-de-investigacion/lider-en-13-ocasiones-en-cuadrante-magico-de-gartner-wms>
- Mansuri, S (Marzo, 2018). *DZone – A Look at Smart Inventory Management Systems*. Recuperado de: <https://dzone.com/articles/a-look-at-smart-inventory-management-systems>
- Mecalux (2022). *Mecalux - ¿Qué es la gestión de stock? Guía para dominar esta ciencia en el almacén*. Recuperado de: <https://www.mecalux.pe/blog/gestion-stock-que-es>
- Nueva ISO 9001:2015 (Junio, 2020). *Nueva ISO 9001:2015 – ¿Qué son las iniciativas de mejora y como se gestionan?*. Recuperado de: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2020/06/que-son-las-iniciativas-de-mejora-y-como-se-gestionan/>
- OKViz Corp (Abril, 2018). *OKViz Corp – Synoptic Panel for Microsoft Power BI*. Recuperado de: <http://okviz.com/synoptic-panel>
- Oracle (2020). *Oracle - Top big data analytics use cases*. Recuperado de: <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/top-22-use-cases-for-big-data.pdf>
- Red Hat (Abril, 2020). *Red Hat - Diferencias entre IaaS, PaaS y SaaS*. Recuperado de: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/iaas-vs-paas-vs-saas>
- Russinovich, M. (Marzo, 2016). *Azure - Microservices: An application revolution powered by the cloud*. Recuperado de: <https://azure.microsoft.com/es-es/blog/microservices-an-application-revolution-powered-by-the-cloud/>
- Steinberg, G. (2020). *Industry Week – WAREHOUSE 4.0: Accelerate Your Digital Journey*. Recuperado de: <https://www.industryweek.com/sponsored/article/21146501/warehouse-40-accelerate-your-digital-journey>

Sullivan, L. (Octubre, 2015). *InformationWeek - Wal-Mart RFID Trial Shows 16% Reduction In Product Stock-Outs*. Recuperado de: <https://www.informationweek.com/it-life/wal-mart-rfid-trial-shows-16-reduction-in-product-stock-outs>

UiPath (2022). *UiPath - Robotic Process Automation (RPA)*. Recuperado de <https://www.uipath.com/rpa/robotic-process-automation>

Viewnext (Mayo, 2019). *Viewnext - ¿Qué es una API y para qué sirve?* Recuperado de <https://www.viewnext.com/que-es-una-api-y-para-que-sirve>

Zebra (2022). *Zebra - Soluciones RFID de Zebra*. Recuperado de: <https://www.zebra.com/la/es/products/rfid.html>

ZELBST, P. y Sower, V. (Noviembre, 2021). *RFID for the Supply Chain and Operations Professional, 3rd Edition*. Business Expert Press

## Anexo A. Tablas de eficiencias en Almacén

Las siguientes tablas muestran los cambios en las eficiencias en el Área de Almacenes antes y después de los cambios.

1. Actividad: Ingreso de Mercadería

Frecuencia Diaria: 5

Proceso Actual	Tiempo Actual	Proceso Futuro	Tiempo Futuro	Diferencia
Recepción de Mercadería	10	Recepción de Mercadería	10	0
		Impresión de Etiquetas RFID	10	-10
Pegado de Etiquetas manuales	5	Pegado de Etiquetas RFID	5	0
Elegir estantería manualmente	3	Elegir estantería según sistema	0	3
Almacenar productos	10	Almacenar productos	10	0
<b>Total</b>	<b>28</b>		<b>35</b>	<b>-7</b>
		<b>Total Diferencia Tiempo</b>		<b>-35</b>

Conclusión: Se requiere más tiempo en el proceso de ingreso de almacén debido a las actividades de etiquetado.

1. Actividad: Ingreso de Mercadería

Frecuencia Diaria: 5

Proceso Actual	Tiempo Actual	Proceso Futuro	Tiempo Futuro	Diferencia
Recepción de Mercadería	10	Recepción de Mercadería	10	0
		Impresión de Etiquetas RFID	10	-10
Pegado de Etiquetas manuales	5	Pegado de Etiquetas RFID	5	0
Elegir estantería manualmente	3	Elegir estantería según sistema	0	3
Almacenar productos	10	Almacenar productos	10	0
<b>Total</b>	<b>28</b>		<b>35</b>	<b>-7</b>
		<b>Total Diferencia Tiempo</b>		<b>-35</b>

Conclusión: Se requiere más tiempo en el proceso de ingreso de almacén debido a las actividades de etiquetado, el cual se resume en media hora adicional al día

2. Actividad: Salida de Mercadería – Ventas por recojo en Almacén

Frecuencia Diaria: 50

Proceso Actual	Tiempo Actual	Proceso Futuro	Tiempo Futuro	Diferencia
Recepción de Comprobante de Compra	1	Recepción de Comprobante de Compra	1	0
Búsqueda de productos manualmente	5	Búsqueda de productos según sistema	1	4
Embalaje de productos	6	Embalaje de productos y verificación con RFID	8	-2
Impresión de guía de remisión y cierre de orden	2	Impresión de guía de remisión y cierre de orden	2	0
Entrega de Productos a Cliente	3	Entrega de Productos a Cliente	3	0
<b>Total</b>	<b>17</b>		<b>15</b>	<b>2</b>
		Total Diferencia Tiempo		100

Conclusión: Con el sistema de etiquetado *RFID* se logra un ahorro de 100 minutos diarios en este proceso.

3. Actividad: Salida de Mercadería - Envío a Domicilio

Frecuencia Diaria: 4 (los envíos son dos veces al día, de dos almacenes diferentes)

Proceso Actual	Tiempo Actual	Proceso Futuro	Tiempo Futuro	Diferencia
Corte de Productos a Entregar y Definición de Ruta de Entrega	30	Corte de Productos a Entregar y Definición de Ruta de Entrega	15	15
Búsqueda de productos manualmente	60	Búsqueda de productos según sistema	15	45
Embalaje de productos	60	Embalaje de productos	60	0
Impresión de guía de remisión y cierre de orden	10	Impresión de guía de remisión y cierre de orden	10	0
Entrega de Productos a Vehículos de despacho	15	Entrega de Productos a Vehículos de despacho	15	0
<b>Total</b>	<b>175</b>		<b>115</b>	<b>60</b>
		Total Diferencia Tiempo		240

Conclusión: Con el sistema de etiquetado *RFID* se logra un ahorro de 240 minutos diarios en este proceso.

4. Actividad: Reabastecimiento e mercadería entre Almacenes

Frecuencia Diaria: 1

Proceso Actual	Tiempo Actual	Proceso Futuro	Tiempo Futuro	Diferencia
Determinación de Productos a Reabastecer	60	Determinación de Productos a Reabastecer con Apoyo de WMS	15	45
Búsqueda de productos manualmente	60	Búsqueda de productos según WMS	15	45
Embalaje y despacho de productos	60	Embalaje y despacho de productos verificando con RFID	60	0
Recepción de Productos en almacén destino	15	Recepción de Productos en almacén destino con tags RFID	10	5
Reubicación de Artículos en Almacén Destino	60	Reubicación de Artículos en Almacén Destino	30	30
<b>Total</b>	<b>255</b>		<b>130</b>	<b>125</b>
		Total Diferencia Tiempo		125

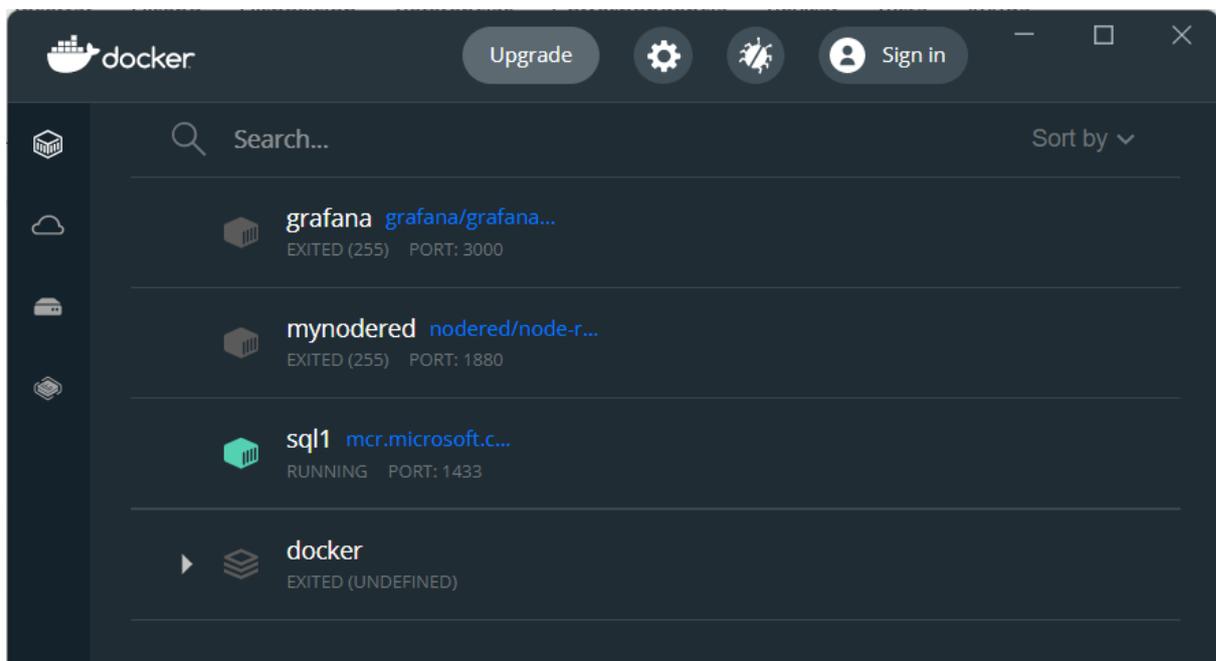
Conclusión: Con el sistema de etiquetado *RFID* se logra un ahorro de 125 minutos diarios en este proceso.

## Anexo B. Imágenes adicionales para la creación de Prototipos

Microservicios instalados en *Docker* visto desde línea de comandos en Terminal Ubuntu:

```
hector@HECTOR-PC: ~  
hector@HECTOR-PC:~$ docker ps -a  
CONTAINER ID   IMAGE                                COMMAND                  CREATED        STATUS          PORTS                               NAMES  
4806a6c44021   grafana/grafana-oss                "/run.sh"               4 weeks ago   Exited (255)   2 weeks ago   0.0.0.0:3000->3000/tcp   grafana  
6d10ed229842   fiware/orion                        "/usr/bin/contextBro..." 5 weeks ago   Exited (255)   4 weeks ago   0.0.0.0:1026->1026/tcp   docker_orion_1  
dff7f085a620   mongo:4.4                          "docker-entrypoint.s..." 5 weeks ago   Exited (255)   4 weeks ago   27017/tcp              docker_mongo_1  
a1517d90b1fa   nodered/node-red                   "npm --no-update-not..." 6 weeks ago   Exited (255)   2 weeks ago   0.0.0.0:1880->1880/tcp   mynodered  
6f42a0a5c8a3   mcr.microsoft.com/mssql/server:2019-latest "/opt/mssql/bin/per..." 6 weeks ago   Up 10 minutes   0.0.0.0:1433->1433/tcp   sql1
```

Microservicios instalados en *Docker* visto desde aplicación *Docker Desktop*:



## Servicios y aplicaciones creados en *IBM Cloud*

The screenshot shows the IBM Cloud console interface. At the top, there is a dark header with the IBM Cloud logo and a search bar. Below the header, a sidebar on the left contains various navigation icons. The main content area is titled "Lista de recursos" (Resource List). It features a search bar with the placeholder text "Filtrar por nombre o dirección IP...". The resources are organized into several expandable/collapsible sections:

- Nombre** (expanded):
  - Apps de Cloud Foundry (1)**
  - Servicios de Cloud Foundry (1)**
  - node-red-tfm-cloudant-1644565301250...
- Servicios y software (3)**
  - Continuous Delivery
  - Internet of Things Platform-cl
  - node-red-tfm-cloudant-1644565301250
- Almacenamiento (0)**
- Red (0)**
- Espacios de nombres de Functions (0)**
- Apps (1)**
  - Node RED TFM

## Anexo C. Querys para la Carga de Datos del Datamart

Se listan algunos Querys SQL para la carga de los datos del Datamart

### **Llenar Tabla DIM\_Cliente\_Proveedor:**

```
insert into WWI_DataMart.dbo.DIM_Cliente_Proveedor
SELECT
'P-' + cast([SupplierID] as varchar(5)) as ID_Cliente_Proveedor,
[SupplierName] as Cliente_Proveedor
FROM [WideWorldImporters].[Purchasing].[Suppliers]
union
SELECT
'C-' + cast([CustomerID] as varchar(5)) as ID_Cliente_Proveedor,
[CustomerName] as Cliente_Proveedor
FROM [WideWorldImporters].[Sales].[Customers]
```

### **Llenar Tabla Fact\_Inventario con Stock Inicial**

```
insert into fact_inventario
SELECT TOP (1000) [Fecha]
, [ID_Tipo_Transaccion]
, '0000'
, [ID_Almacen]
, [ID_Articulo]
, [Cantidad]
FROM [WWI_DataMart].[dbo].[Stock_Inicial_Cargar_DW_BI]
```

### **Llenar tabla DIM\_Almacen**

```
insert into [WWI_DataMart].[dbo].[DIM_Almacen]
SELECT distinct BinLocation as ID_Almacen, BinLocation As Almacen
FROM [WideWorldImporters].[Warehouse].[StockItemHoldings]
```

```
insert into WWI_DataMart.[dbo].[FACT_Inventario]
SELECT TOP (100) PERCENT CONVERT(varchar, Sales.Invoices.ConfirmedDeliveryTime, 23) AS
Fecha, 'S' AS ID_Tipo_Transaccion, 'C-' + CAST(Sales.Invoices.CustomerID AS varchar(5))
AS ID_Cliente_Proveedor,
Warehouse.StockItemHoldings.BinLocation AS ID_Almacen,
Sales.InvoiceLines.StockItemID AS ID_Articulo, SUM(Sales.InvoiceLines.Quantity) AS
Cantidad
```

```
FROM Sales.Invoices INNER JOIN
        Sales.InvoiceLines ON Sales.InvoiceLines.InvoiceID =
Sales.Invoices.InvoiceID INNER JOIN
        Warehouse.StockItemHoldings ON Sales.InvoiceLines.StockItemID =
Warehouse.StockItemHoldings.StockItemID
WHERE (Sales.Invoices.ConfirmedDeliveryTime IS NOT NULL)
GROUP BY CONVERT(varchar, Sales.Invoices.ConfirmedDeliveryTime, 23), 'C-' +
CAST(Sales.Invoices.CustomerID AS varchar(5)), Sales.InvoiceLines.StockItemID,
Warehouse.StockItemHoldings.BinLocation
ORDER BY Fecha

go
insert into WWI_DataMart.[dbo].[FACT_Inventario]
SELECT TOP (100) PERCENT CONVERT(varchar, Purchasing.PurchaseOrderLines.LastReceiptDate,
23) AS Fecha, 'I' AS ID_Tipo_Transaccion, 'P-' +
CAST(Purchasing.PurchaseOrders.SupplierID AS varchar(5)) AS ID_Cliente_Proveedor,
        Warehouse.StockItemHoldings.BinLocation AS ID_Almacen,
Purchasing.PurchaseOrderLines.StockItemID AS ID_Articulo,
SUM(Purchasing.PurchaseOrderLines.ReceivedOuters) AS Cantidad
FROM Warehouse.StockItemHoldings INNER JOIN
        Purchasing.PurchaseOrderLines ON
Warehouse.StockItemHoldings.StockItemID = Purchasing.PurchaseOrderLines.StockItemID
INNER JOIN
        Purchasing.PurchaseOrders ON
Purchasing.PurchaseOrderLines.PurchaseOrderID =
Purchasing.PurchaseOrders.PurchaseOrderID AND
        Purchasing.PurchaseOrderLines.PurchaseOrderID =
Purchasing.PurchaseOrders.PurchaseOrderID AND
Purchasing.PurchaseOrderLines.PurchaseOrderID =
Purchasing.PurchaseOrders.PurchaseOrderID
GROUP BY CONVERT(varchar, Purchasing.PurchaseOrderLines.LastReceiptDate, 23), 'P-' +
CAST(Purchasing.PurchaseOrders.SupplierID AS varchar(5)),
Warehouse.StockItemHoldings.BinLocation,
        Purchasing.PurchaseOrderLines.StockItemID
HAVING (NOT (CONVERT(varchar, Purchasing.PurchaseOrderLines.LastReceiptDate, 23) IS
NULL))
```