

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

“Distribución óptima de carga desde centro de distribución 6011 a locales”

Walmart Chile

12 DE DICIEMBRE, 2023

Profesor de cátedra: Fernando Vásquez Acuña

Sección 21

Empresa: Walmart Chile

Alumna: Fernanda Nicolás Sufrin

Índice

1. Resumen ejecutivo.....	4
2. Abstract	5
3. Introducción	6
3.1 Contexto de la empresa	6
3.2 Contexto del problema	7
4. Objetivos.....	10
4.1 Objetivo general	10
4.2 Objetivos específicos	10
5. Estado del Arte.....	12
5.1 Marco teórico	12
5.2 Alternativas de solución.....	17
6. Solución	20
6.1 Metodología.....	20
6.2 Medidas de desempeño.	21
<i>Tabla 1: Relación medidas de desempeño y objetivos específicos (Elaboración propia)</i>	23
6.3 Plan de implementación.....	23
6.4 Riesgos.....	26
6.5 Desarrollo de la solución.	28
7. Evaluación económica.	30
8. Resultados	32
8.1 Resultados Obtenidos	32
8.2 Impacto	34
9. Discusión.	36
10. Conclusiones.....	37
11. Anexos	38
11.1 Anexo 1: Contexto.	38
11.2 Anexo 2: Estado del Arte.	39
11.3 Anexo 3: Solución.....	41
12. Referencias.....	43

1. Resumen ejecutivo

El proyecto se desarrolla en Walmart, que es una empresa internacional de *retail* que opera en Chile desde 2009, específicamente en el área de PPS (productos perecederos), dentro de la categoría de proteínas frescas.

Tras un diagnóstico de los síntomas y causas que hoy generan dolor en el área, se identifica el problema de una venta perdida asociada a quiebres en el reabastecimiento de carnes frescas, ante lo cual se propone como objetivo general del proyecto “Reducir en un 10% la venta perdida por quiebre asociado al proceso de abastecimiento de carnes frescas en un período de 5 meses”, junto con esto, se establecieron cuatro objetivos específicos, junto con cinco medidas de desempeño para evaluar los resultados de este. Sobre lo anterior se realizó una revisión de la literatura para llegar a distintas soluciones, evaluando la factibilidad de cada una, seleccionando las que mejor se alinean a las necesidades de la empresa para finalmente seleccionar mediante una matriz de Pugh, la solución a realizar. Sobre la misma, se realizó un plan de implementación junto con análisis de riesgos y mitigación de estos, una evaluación financiera, se estableció el uso de metodología SCRUM, definiendo product backlog, sprints e implementación final.

Finalmente, se definió la solución como “Modelo de distribución óptima de carga a locales en base a disponibilidad”, donde se consideraron las restricciones, conjuntos, variable de decisión y parámetros, que se alinean a las necesidades y contexto actual de la empresa, velando en primer lugar por asegurar la disponibilidad y al momento de priorizar, disminuir la venta perdida ante limitaciones de inventario, días de inventario objetivos que permiten reducir merma al considerar la vida útil de los productos, capacidades declaradas de los locales y capacidad de distribución. Mediante el método Branch and Bound se modeló y resolvió el problema, con una salida de combinaciones óptimas de distribución a locales. Para su implementación, se generó un código en el lenguaje de programación “Python” que contiene el modelo de optimización para la distribución a locales.

De lo anterior, mediante la implementación de la solución en la empresa, se obtuvieron resultados positivos según la expectativa, logrando reducir, exitosamente, en un 66% los quiebres de inventario en sala según disponibilidad, en un 19% el sobre stock y logrando finalmente, una reducción del 10% en la venta perdida por abastecimiento de carnes frescas.

2. Abstract

The project is carried out at Walmart, an international retail company operating in Chile since 2009, specifically in the area of PPS (perishable products), within the category of fresh proteins.

After diagnosing the symptoms and causes currently causing pain in the area, the problem of lost sales associated with breaks in the replenishment of fresh meats was identified. In response, the general objective of the project is proposed as "Reduce by 10% the lost sale due to breakage associated with the process of supplying fresh meats in a period of 5 months." Along with this, four specific objectives were established, along with five performance measures to evaluate the results. A literature review was conducted to arrive at different solutions, evaluating the feasibility of each one, and selecting those that best align with the company's needs. This led to the selection of a solution using a Pugh matrix. An implementation plan was then developed, along with risk analysis and mitigation, financial evaluation, the use of SCRUM methodology, defining product backlog, sprints, and final implementation.

The solution was defined as the "Optimal Load Distribution Model to Stores," taking into account constraints, sets, decision variables, and parameters that align with the company's needs and current context. The primary goal is to ensure availability and, when prioritizing, to reduce lost sales due to inventory limitations, target inventory days that reduce waste by considering product shelf life, declared capacities of the stores, and distribution capacity. The problem was modeled and solved using the Branch and Bound method, resulting in optimal combinations of distribution to stores. For its implementation, a code was written in the programming language "Python" that contains the optimization model for distribution to stores.

As a result of implementing the solution in the company, positive outcomes were achieved according to expectations, successfully reducing inventory breaks in the room by 66% according to availability, overstock by 19%, and ultimately achieving an 10% reduction in lost sales due to the supply of fresh meats.

3. Introducción

3.1 Contexto de la empresa

Walmart es una empresa internacional de *retail* que opera en Chile desde 2009, como principal actividad se encuentra la venta de alimentos y mercaderías en supermercados. Cuenta con más de 390 locales a lo largo de Chile, cerca de 40.000 colaboradores e ingresos operativos anuales cercanos a los US\$ 6.900 millones. La empresa trabaja cuatro formatos distintos de locales, los cuales por separado tienen distintos requerimientos y necesidades en cuanto a abastecimiento: “Lider”, “Express de Lider”, “SuperBodega A cuenta” y “Central Mayorista”. De forma transversal se encuentra el ecommerce, siendo el canal de ventas online con servicio de entrega a domicilio o “pick up”¹. Es posible encontrar todos los formatos en sus páginas webs correspondientes, o bien, la aplicación móvil “Lider App” que facilitará la compra desde el hogar.

El área donde se desarrolla el proyecto corresponde a la gerencia omnicanal supply chain, en la categoría PPS, donde se analiza la demanda y abastecimiento de productos perecederos, el equipo cuenta con 27 colaboradores. Específicamente, el proyecto corresponde a la tribu “Frescos y Congelados” que contiene proteínas, congelados, frutas y verduras, enfocándose principalmente en proteínas. La tribu consta, aparte de la gerencia y subgerencia, de 5 analistas y 2 especialistas de reabastecimiento, con una categoría específica asignada. El área involucra consideraciones importantes en cuanto a la vida útil de los productos dado que, esta va desde los 7 días a los 60 días como máximo, a excepción de los productos congelados, que en este estado tienen una vida útil de 365 días. Específicamente en la categoría de proteínas sensibles, siendo estas “carne blanca” y “carne WAYS”², que es donde se realiza la pasantía, los productos van desde los 7 días a un máximo de 16 días de vida útil. Dado lo anterior, no se puede mantener un nivel de inventario elevado ni en el centro de distribución, ni en locales puesto que, si este no es vendido, se traduce directamente en merma, donde el objetivo es que esta no sobre pase al 4% del inventario. Sobre lo anterior, se tiene la necesidad de revisar diariamente el inventario, buscando mantener disponibilidad y respetar normas de sanidad, considerando también, que los productos tienen una norma de retiro

¹ Detalle en “Anexo 1: Contexto”

² Detalle en “Anexo 1: Contexto”

del local de 1 a 2 días previo a su vencimiento y de la misma forma, pueden llegar a centro de distribución con al menos, el 80% de su vida útil disponible.

3.2 Contexto del problema

Antes de dar paso al diagnóstico del problema, es necesario explicar los procesos de reabastecimiento, considerando compra y distribución, dentro de la empresa.

Abastecimiento: El programa GRS³, según la necesidad de cada local, automáticamente compra a proveedores y asigna la distribución, según parámetros entregados y cargados por cada analista, siendo ajustados a medida que sea necesario. En el caso de los productos de “carnes blancas” y “carnes WAYS⁴”, el sistema no es capaz de realizar abastecimiento automático dado consideraciones propias de la categoría, por lo cual debe ser realizado diariamente por el analista a cargo, siguiendo el siguiente flujo de trabajo:

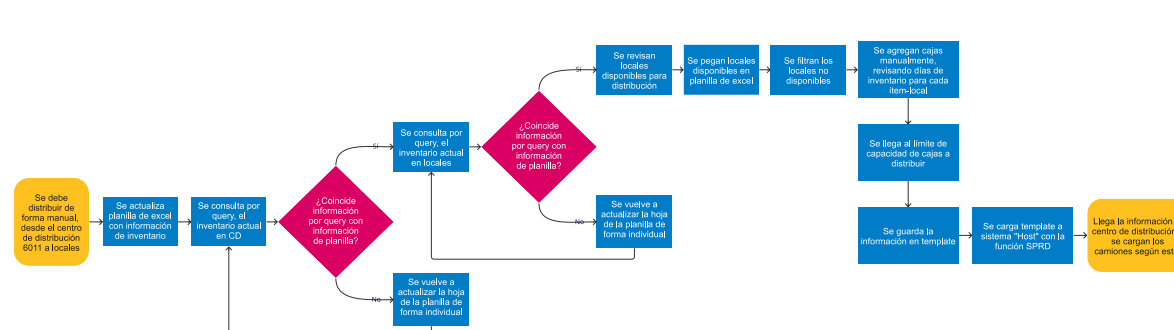


Imagen 1: Flujo de trabajo – Abastecimiento manual (Elaboración propia con datos de Walmart Chile⁵)

Compra manual: Se compra según necesidad y capacidades tanto en el centro de distribución como en locales, generando el cálculo de forma manual por cada analista. Se ingresan los parámetros en el sistema de compras “NOVA”⁶. Esto es distribuido directamente a locales por el proveedor o se realiza a mano su distribución para brindar la información al centro de distribución.

Flujo Inventario/Staple Stock: El proveedor entrega la orden en el centro de distribución asignado. Esto se almacena y luego son distribuidos de forma automática o de forma manual, dependiendo la categoría y capacidad.

³ GRS: Global Replenishment System by IBM for Walmart. | Detalle en “Anexo 1: Contexto”

⁴ Detalle en “Anexo 1: Contexto”

⁵ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, con datos de Walmart Chile S.A.

⁶ Detalle en “Anexo 1: Contexto”

Flujo Directo: El proveedor entrega la orden directamente en un local determinado

En el caso de proteínas, carnes blancas y carnes WAYS se abastece mediante compra y distribución manual con flujo inventario, dado las consideraciones y sensibilidades de las subcategorías. Dentro de la cotidianeidad de la categoría, se identifican los siguientes síntomas que son la raíz de un problema que afecta al proceso de negocios.

En primer lugar, existen rechazos desde locales una vez que los camiones ya sean del proveedor o del centro de distribución llegan a local y no se les permite descargar dado que no hay espacio en cámaras dado que su espacio asignado está siendo ocupado por otro producto. La causa de este problema tiene dos partes, siendo una que la cámara se utiliza para categorías distintas a la asignada, lo cual no puede ser gestionado por los analistas, sino que, va asociado a la organización de los jefes de local. En segundo lugar, siendo la causa principal y desde donde se puede evitar la situación, es que se genera sobre stock al comprar manualmente, o bien, al distribuir, más de la necesidad de local, lo cual puede ocurrir por error humano, errores en el cálculo, información no actualizada o la no consideración de la capacidad del local sobre la necesidad. Estos rechazos en cuanto a la compra manual corresponden a 105, semanalmente, para la categoría.

En segundo lugar, se generan quiebres por incumplimiento en la entrega por parte de los proveedores. En este punto se encuentran dos causas claves. Los proveedores no poseen la capacidad de producción para cubrir la demanda al momento de la compra o bien, al haber mucha variabilidad en cuanto a la compra manual, los proveedores, por planificación interna no poseen capacidad de respuesta ante esta variación. Es posible comprender que las compras no siguen una curva relativamente plana que favorezca la operación del proveedor dado que presentan un nivel de servicio de 83% promedio, para la categoría. Es decir, en promedio, no se entrega el 17% de las cajas compradas para satisfacer la demanda.

En tercer lugar, se observa que existe venta perdida por quiebres de inventario asociada a una capacidad limitada de distribución asignada por el centro de distribución, lo cual se da en casos donde la necesidad calculada difiere a la capacidad asignada con una desviación estándar actual de 2590, situación que ocurre 4 de 6 días en la semana, donde la necesidad excede, en promedio, por 2176 cajas a la capacidad, quedando el resto de los días en promedio 1896 cajas bajo la capacidad. Junto con lo anterior, cabe destacar que no es posible cambiar la capacidad asignada por

limitaciones de infraestructura, ni cambiar la configuración de días, dado la vida útil de los productos. Lo anterior trae como consecuencia quiebres en productos foco dado la no priorización de estos, generando una mayor venta perdida sobre productos del surtido que tienen un menor peso.

Finalmente, existe venta perdida dado la falta de disponibilidad en locales, en la actualidad se maneja en promedio, quiebres de inventario de al menos el 25% de los ítems de la categoría entre los 390 locales. Esta situación está asociada a dos factores, en primer lugar, la categoría es una categoría tráfico, lo cual se traduce en que atrae a los clientes a comprar y ante la falta de inventario en esta, tienden a preferir la competencia lo cual conlleva una pérdida no solo en ventas, sino que también, en participación de mercado. A la vez, en la categoría estos quiebres se generan al comprar manualmente, o bien, al distribuir, menos de la necesidad o no considerar stock de seguridad al momento de la compra, lo cual, a su vez, no permite responder ante una venta por sobre lo planificado.

Los síntomas y causas planteados anteriormente llevan a que se genera venta perdida ante quiebres de inventario, asociados al abastecimiento manual de carnes frescas, siendo este el problema principal que se busca solucionar. Esta venta perdida representa el 4.1% en dinero, de la venta total de la categoría. Esto está asociado a la disponibilidad dado que están inversamente relacionados, ante una buena disponibilidad, baja la venta perdida, asociada a quiebres y cuando la disponibilidad está bajo el objetivo, la venta perdida aumenta considerablemente, como se puede visualizar en el siguiente gráfico, que muestra la relación entre disponibilidad y venta perdida específicamente de la categoría, entre las semanas 33 y 39.

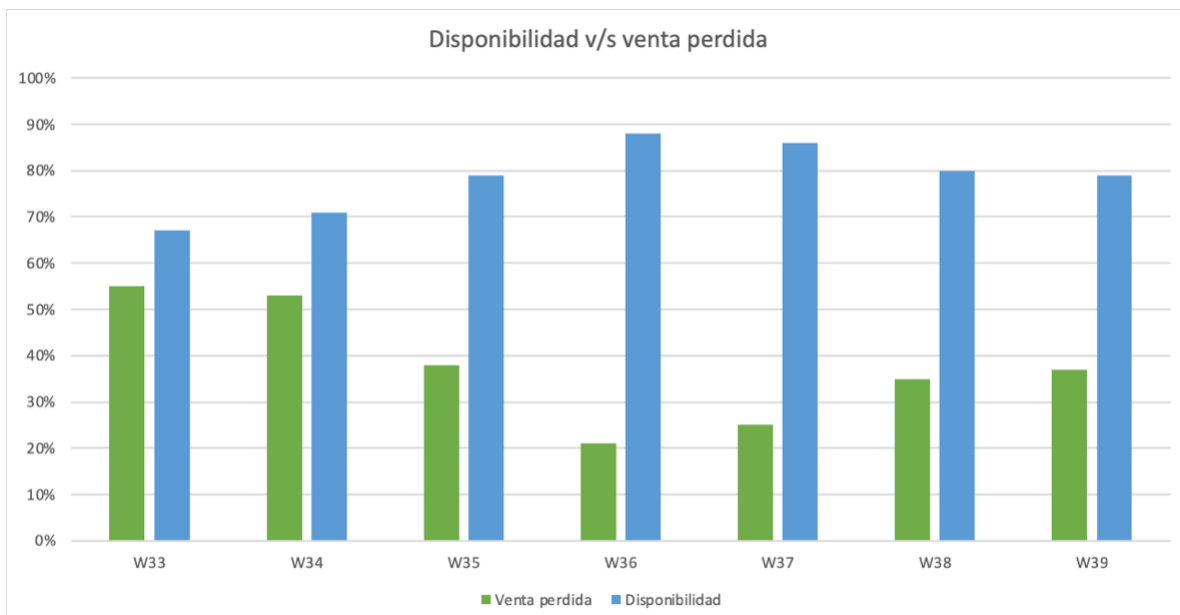


Gráfico 1: Disponibilidad v/s venta perdida – W33 a W39 (Elaboración propia con datos de Walmart Chile⁷)

En este punto, se identifica una oportunidad donde se puede reducir la manualidad y a la vez, mejorar la distribución a locales, según la capacidad limitada y el inventario disponible en el centro de distribución. Permitiendo beneficiar al proceso no solamente reduciendo el tiempo invertido por los analistas en esta tarea fundamental para el funcionamiento, sino que también, se lograría rescatar un mayor porcentaje de venta, manteniendo niveles de disponibilidad mayores al 85%.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Reducir en un 10% la venta perdida por quiebre asociado al proceso de abastecimiento de carnes frescas en un período de 5 meses.

4.2 Objetivos específicos

Se establecen cuatro objetivos específicos, los cuales se trabajan junto con el objetivo general para lograr abordar y solucionar el problema presentado.

1. **Disminuir en 15% los quiebres asociados al abastecimiento manual de carnes frescas.** Se busca disminuir quiebres con finalidad de asegurar disponibilidad, potenciando la venta y

⁷ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, con datos de Walmart Chile S.A.

tráfico de clientes, dado las características de la categoría. Con esto se asegura disponibilidad ante la demanda, evitando venta perdida por no tener suficiente inventario.

2. **Disminuir en 15% el sobre stock asociado al abastecimiento manual de carnes frescas.** Se busca disminuir el sobre stock con finalidad de tener una correcta ocupación de espacio, evitando también rechazos de mercadería que se traducen en quiebres. Con esto se asegura disponibilidad del surtido completo correspondiente al local, logrando que exista espacio para todos los productos y no solamente algunos específicos.
3. **Disminuir 3 días, los días de inventario disponible en sala.** Se busca mantener en locales un cantidad cercana o igual a los días de inventario objetivos⁸, evitando así afectar la frescura de los productos, manteniendo un buen nivel de vida útil para la venta, asegurando disponibilidad sin exceso de inventario. Con esto, no hay un inventario mayor, en días, a la vida útil de los productos.
4. **Aplanar curva de venta perdida en la semana, disminuyendo en 15% la desviación.** Se busca aplanar la curva semanal de venta perdida, que históricamente se encuentra cargada a los primeros días de la semana (como se muestra en el gráfico a continuación), con fin de mitigar el riesgo de venta perdida por quiebres en el centro de distribución por no entrega durante el fin de semana, priorizando productos foco de venta. Con esto, se mantiene un nivel estable y alineado a la demanda, durante toda la semana.

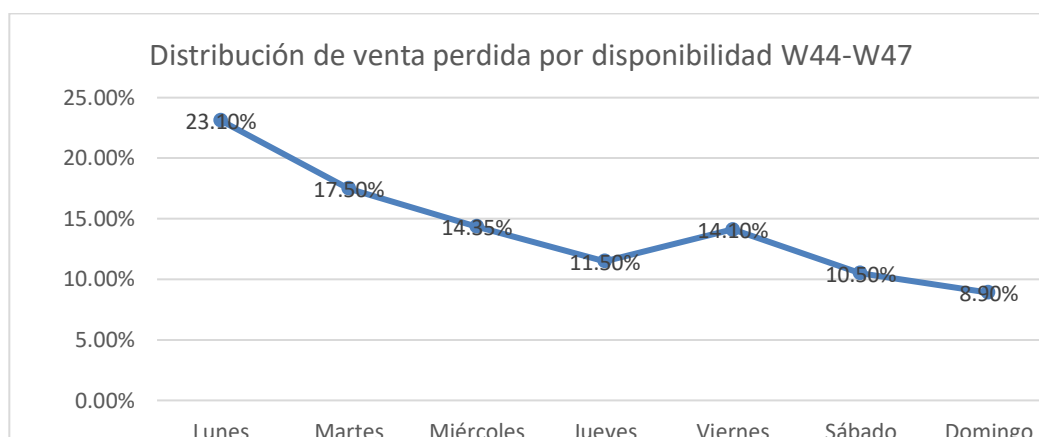


Gráfico 2: Venta perdida en la semana (Elaboración propia con datos de Walmart Chile⁹)

⁸ Días objetivo de la categoría: 3-4 días.

⁹ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, con datos de Walmart Chile S.A.

5. Estado del Arte

5.1 Marco teórico

5.1.1 Situación actual

Actualmente existen dos escenarios donde radica el problema principalmente:

1. La compra manual está, en cantidad, por debajo de la necesidad generando quiebres por falta de inventario.
2. La capacidad de distribución es menor a la necesidad de distribución, generando quiebres de productos foco en locales.

En el caso del primer escenario, existe una solución actual. Para la compra, se utiliza una planilla de Excel donde se actualiza diariamente la información anclada y este arroja un sugerido que considera disponibilidad actual y venta semanal, siendo una decisión del criterio del analista de reabastecimiento, el cuanto comprar en base a indicadores. Como solución a errores en la compra, es decir, compras que estén por sobre o bajo la necesidad, generando sobre stock o quiebres en el corto plazo, si esto es detectado a tiempo, se solicitan rebajas en la cantidad comprada o bien, compras adicionales al proveedor, lo cual no necesariamente es aceptado por el mismo, ya sea por capacidad de producción, necesidad de la empresa, o bien, no poder acortar su lead time, lo cual no permite la entrega en el plazo necesario.

En el caso del segundo escenario, existen dos soluciones actuales a este problema. En primer lugar, adicionar cajas en los despachos de camiones con espacio disponible, que salen durante la mañana desde el centro de distribución a locales, lo cual no está considerado dentro de la capacidad diaria, si no que, corresponde a capacidad extra dado que se está aprovechando el espacio de un camión que no iba a ser utilizado, considerando que solo hay rutas específicas disponibles y no necesariamente a aquellos donde hace falta inventario o bien, están disponibles los ítems en específico para la venta. En segundo lugar, se distribuye la capacidad a los locales, según días de inventario objetivo, sin consideración del peso de cada producto para la venta, dejando quiebres

5.1.2 Revisión de la literatura

Con propósito de comprender e ilustrar, como se aborda el problema dentro de la industria, se realizó una revisión de la literatura. La estrategia de búsqueda se basó en investigación en textos, *papers*, opiniones expertas y noticias, con el fin de obtener soluciones existentes, que se adapten a

las necesidades según el contexto de la empresa y el problema en particular, obteniendo también observaciones de aquellas soluciones que no se adaptan en su totalidad, pero si cubren puntos relevantes con respecto a la situación y en conjunto con lo anterior, se expuso a expertos en el área¹⁰, las distintas opciones viables, obteniendo retroalimentación. Además, como parte de la estrategia de búsqueda y con el fin de evidenciar la relevancia e impacto de estas soluciones en la industria, se investigaron casos de éxito asociados a estas, siendo seleccionados en base a las siguientes consideraciones:

CRITERIOS	PONDERACIÓN	PESO	DESCRIPCIÓN
El caso de éxito se alinea con el problema de base	25%	1	El caso de éxito aporta de forma positiva, en el aspecto particular, a la investigación. Siendo un argumento relevante y válido.
El caso de éxito generó resistencia al cambio	5%		
El caso de éxito es de la última década	10%	0	El caso de éxito no necesariamente se relaciona al aspecto particular. Sin embargo, no genera un impedimento a la investigación. Siendo un argumento válido, más no de alto valor
El caso de éxito generó impacto económico en la empresa	30%		
El caso de éxito pertenece al mismo rubro	10%	-1	El caso de éxito no se alinea a la investigación en este aspecto, siendo un argumento no relevante al término particular de la investigación.
El caso de éxito es ético	20%		

Imagen 2: Consideraciones para casos de éxito (Elaboración propia¹¹).

En primer lugar, se encuentra el rediseño de procesos¹², donde se inicia con una revisión y análisis del proceso de trabajo actual, detectando oportunidades de mejora mediante análisis tanto del flujo de trabajo, valor agregado y causas del problema según corresponda. Luego, se busca simplificar el flujo de trabajo mediante diversas opciones según la necesidad, dentro de las cuales se encuentra la automatización de procesos, reorganización de actividades, mejoras en comunicación y colaboración, llegando incluso a la eliminación de ciertas actividades que se tornan innecesarias

¹⁰ Analistas de reabastecimiento en Walmart Chile S.A.

¹¹ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez

¹² Detalle en “Anexo 3: Estado del Arte”

ante una mejora, logrando resultados como mejoras en calidad, aumento en la satisfacción en cuanto a la experiencia del cliente y reducción de costos. Un gran caso de éxito en el rediseño de procesos es la empresa japonesa “Toyota”, que en la época de los años 90, inició un rediseño de sus procesos donde simplificó su flujo de trabajo en planta de producción reduciendo los costos asociados en un 25%. Junto con lo anterior, implementó el sistema “just in time”¹³, donde redujo la tasa de defecto a 1 cada 10.000 e involucró a los colaboradores en el flujo de trabajo, mejorando la comunicación y aumentando la productividad en un 15% (Liker, 2004). Otro caso de éxito, en una empresa más cercana a Walmart Chile S.A. es el de Procter & Gamble Chile, donde el año 2014, Esteban Escobar, Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile, rediseñó el proceso de gestión de quiebres de stock en farmacias para los productos del grupo P&G, haciendo un cambio en el flujo de trabajo desde la detección de quiebres hasta el plan de acción logístico y de ventas, según la norma BPMN¹⁴, el cual validó con expertos de la empresa, logrando un ahorro mensual de aproximadamente 44 millones de pesos chilenos. (Escobar, 2014).

En segundo lugar, se encuentra en la literatura, los sistemas de alerta temprana con sensores RFID¹⁵, donde se instalan lectores en puntos estratégicos de los locales, los cuales leen continuamente las señales de las etiquetas RFID, siendo capaces de detectar ubicación, patrones y movimientos de los productos. De esta forma, al enviar la información a un sistema centralizado de gestión de inventarios, este puede analizar los datos y detectar, en base a algoritmos asociados al sistema, comportamientos de alzas en la demanda u otra anomalía que implique una tendencia que pueda llevar al quiebre por inventario de un producto en particular, permitiendo así, la generación de alertas tempranas y oportunidad de prevenir estos quiebres. Un caso de éxito para el sistema de alerta encontramos a la empresa INDITEX, grupo dueño de reconocidas marcas como Zara, Mango y El Corte Inglés, el año 2018 inició la instalación de sistemas de alerta temprana con sensores RFID en las tiendas Zara, lo cual permitió no solamente saber la ubicación de cada prenda dentro de las tiendas y centro de distribución, sino que también, aumentar la precisión de su estimación de demanda en base a los movimientos de sus productos, logrando aumentar en un período de nueve meses en un 9% la facturación, reduciendo el inventario en un 5% y mejorando también la experiencia del cliente. Otro caso, más cercano a la empresa es el de Walmart USA, empresa que el año 2003 inició grandes cambios dentro de los cuales se encontraron los sensores RFID para

¹³ Detalle en “Anexo 3: Estado del Arte.”

¹⁴ Detalle en “Anexo 3: Estado del Arte.”

¹⁵ Detalle en “Anexo 3: Estado del Arte.”

artículos de la categoría “General Merchandising” la cual incluye vestuario, muebles, electrodomésticos, tecnología, entre otros. Inició su instalación en solamente 7 locales, con 8 productos en específico. Finalmente, el año 2010 se convirtió en una tecnología utilizada en todos los locales de la empresa e incluso, replicada por grandes empresas como “Macy’s” y “Bloomingdales”, con este avance no solamente lograron una buena visibilidad de su cadena de inventario sino que también, disminuyeron en promedio de todos los locales, un 16% los quiebres de inventario para la categoría (Moore, 2023). Junto con lo anterior, también tuvo un impacto social, mejorando la experiencia de compra de sus clientes ante mayor disponibilidad de productos.

En tercer lugar, se encuentran oportunidades de mejora en el pronóstico de demanda con apoyo en el uso de inteligencia artificial y tecnología predictiva, donde en conjunto con los cálculos de demanda, estos algoritmos permiten analizar grandes cantidades de datos en cuanto a ventas, preferencias y comportamientos de clientes junto con tendencias del mercado, logrando una mayor precisión, buscando alinear lo máximo posible la demanda con el abastecimiento, reduciendo el exceso de inventario o, en su defecto, los quiebres del mismo (Zeighami, 2020). Un caso de éxito en el uso de esta herramienta es la empresa minorista de retail enfocado en moda H&M, la cual el año 2018, buscando un enfoque más sustentable y en base a que el año 2017 fueron acusados de quemar 12 toneladas de ropa como consecuencia a su exceso de inventario, implementó lo anterior, en su cadena de suministros con un equipo de más de 270 personas involucradas en la predicción de demanda, generando menor exceso de inventario, reciclando en un 100% su algodón para el año 2020 y aumentando su utilidad en un 11% dado la precisión del estudio.

En cuarto lugar, acercándose a casos donde existen problemas dado que la capacidad de recepción en centros de distribución se vio limitada, se ha implementado el uso de Warehouse Management System (WMS) el cual es un sistema de gestión de almacenes. Este software implica un apoyo y mayor precisión en el proceso de recepción y distribución dentro del mismo centro de distribución, mejorando la visibilidad actualizada de la cadena de suministro. Un caso de éxito para esta solución es la empresa de retail mexicana, “Palacio de Hierro” que el año 2017 ante la necesidad de la continuidad y expansión de la empresa, implemento el WMS de Blue Yonder (Caicedo, 2018), obteniendo un aumento considerable de la capacidad de distribución y recepción dentro de su centro de distribución, siendo este aumento de un 59%, permitiendo no solamente un mayor control de su cadena de suministro, sino que también, una mejor experiencia al cliente dado que

como consecuencia al aumento de su capacidad, se redujo el tiempo de entrega al cliente final en un 30%.

Por último, existe una solución, dentro de la industria con posibilidades de adaptación a distintas necesidades, contextos y recursos, siendo esta el desarrollo de un modelo de optimización, que permita mejorar la planificación dentro de la cadena de suministro. Este modelo en particular, busca una configuración de distribución de inventario transportado de plantas o centros de distribución a locales minoristas, mayoristas u otro eslabón de la cadena, teniendo como objetivo minimizar costos, tiempos o bien, maximizar venta o disponibilidad. Nahmias expone en su obra, "Production and Operations Analysis", un caso tipo llamado "problema de transporte", siendo este considerado en base a estudios y demostraciones, una situación tipo de la cadena de suministro. El problema anterior tiene como solución el literatura el uso de heurísticas, obteniendo un buen resultado, en un costo bajo y de forma rápida. Sin embargo, mediante el uso de programación entera lineal mixta, se pueden encontrar, en una situación aplicada en la realidad, soluciones óptimas mediante el modelo (Nahmias, 2005). Un caso de éxito en el uso de modelos de optimización es el de "The Kellogg Company", la empresa implemento soluciones en base a un modelo de programación lineal entera mixta, el cual tenía como objetivo de minimizar costos mediante la planificación de producción y distribución de sus productos, logrando ahorrar 40.000.0000 de dólares anuales (Brown, 2001).

Con fin de evaluar la factibilidad de las soluciones en el contexto actual de la empresa y las consideraciones del proyecto, se realizó una matriz de Pugh¹⁶, donde se seleccionó como soluciones factibles, las tres con mayor puntaje:

¹⁶ Detalle en "Anexo 3: Estado del Arte."

CRITERIOS	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS				
		REDISEÑO DE PROCESOS	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	WMS	PRONÓSTICO DE DEMANDA CON IA	PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA
Tiempo de implementación mayor a 5 meses	20%	1	0	-1	1	1
Alto nivel de rechazo al cambio	5%	-1	0	0	0	0
Aprobación de Walmart Internacional	20%	1	-1	-1	-1	1
Aborda directamente el problema	15%	0	1	1	-1	1
Alto nivel de conocimiento tecnológico	10%	1	0	0	-1	1
Interés de desarrollo por parte de la empresa	10%	1	1	1	0	1
Recursos necesarios para su ejecución	20%	1	0	0	0	1
TOTAL PONDERADO		0,75	0,05	-0,15	-0,25	0,95

Imagen 3: Matriz de Pugh para soluciones factibles (Elaboración propia¹⁷)

En este caso, las soluciones que se adaptan de mejor forma a la situación actual, dado las distintas ponderaciones de los criterios, son programación lineal entera, rediseño de procesos y la implementación de un sistema de alerta temprana. Por lo cual, a continuación, se analizó en detalle cada una de las soluciones factibles.

5.2 Alternativas de solución

5.2.1 Soluciones factibles

Rediseño de procesos: La metodología específica sobre el cual se evalúa la opción es “Business Process Management”¹⁸, la cual se utiliza para lograr que los procesos de negocios de la empresa sean más eficientes y efectivos. Se prefiere el uso de BPM en este caso, sobre la metodología BRP¹⁹, la cual tiende a ser sustituto de BPM y viceversa, dado que, BRP se enfoca en cambios radicales, donde el proceso se construye desde cero, a diferencia de BPM cuyo foco se encuentra en la mejora continua, integrando tanto a personas como innovación y tecnología. Lo anterior permite disminuir el riesgo de rechazo al cambio, menor necesidad de presupuesto dado que se trabaja sobre una base sólida y a la vez, integra a los colaboradores como parte del proceso de negocio y no solamente desde un rol de ejecución de labores. Específicamente, se evalúa el uso complementario de la herramienta “Microsoft Flow” (Actualmente, “Microsoft Power Automate”), la cual simplifica la creación de flujos de trabajo, permitiendo la automatización de estos, entre aplicaciones con el fin de sincronizar diversos documentos, recopilar datos y obtener alertas sobre situaciones particulares.

¹⁷ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez.

¹⁸ Sus siglas son “BPM”.

¹⁹ BRP: Business Process Redesign.

Sistema de alerta temprana: Los sistemas de alerta temprana aplicados en cadena de suministro, permite prevenir quiebres o excesos de inventario, mediante el seguimiento en tiempo real de los ítems a lo largo de la cadena de suministro utilizando tecnología RFID²⁰, logrando análisis más precisos desde el software. En particular, la solución es evaluada usando la tecnología y servicios de “Zebra Technologies Corporation”, empresa que ofrece la gama completa de productos para el sistema, desde el software hasta los lectores RFID. Junto con lo anterior, la empresa se adapta a las necesidades y puede generar softwares personalizados para empresas grandes como Walmart Chile S.A. que tiene necesidades particulares, incluida la protección de sus datos, dado que, el foco de Zebra Technologies es la personalización para este tipo de empresas, siendo esta misma, la empresa que utilizó el grupo INDITEX al momento de implementar su sistema.

Modelo de optimización con programación lineal entera: El modelo busca mejorar el nivel de ventas, asegurando disponibilidad de productos en base a limitantes del proceso de negocios. Específicamente, con fin de adaptarse a las necesidades, limitantes y requisitos de la empresa, se desarrollaría un modelo de programación lineal entera mixta que obtenga información actualizada desde las tablas virtuales privadas de la empresa mediante consultas de SQL, que entregue las combinaciones de distribución a cargar en el programa “Host by IBM for Wal-Mart”, programa privado de la empresa para carga, búsqueda y modificaciones de información del sistema. Para el desarrollo del mismo se define el modelo de optimización con la función objetivo de maximizar ventas, manteniendo las restricciones de días objetivo, capacidades limitadas, disponibilidad mínima en locales, logrando la mejor combinación de distribución a locales según necesidad y limitantes. El modelo entrega como resultado esta combinación de distribución, la cual se carga mediante una planilla base a “Host by IBM for Wal-mart”, llegando la información de distribución de carga óptima al centro de distribución y siendo despachada en un máximo 24 horas a locales

Para la selección de la solución final, se realizó nuevamente una matriz de Pugh, que aborda como criterio, las necesidades específicas y puntos a resolver del problema planteado. Lo anterior, para analizar cuál de las soluciones, dentro de las soluciones factibles, es la que mejor se adapta al contexto para resolver el problema.

²⁰ RFID: Identificación por radiofrecuencia.

CRITERIOS	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS		
		REDISEÑO DE PROCESOS	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA ABASTECIMIENTO DESDE CD
Disminuye quiebre de inventario	15%	0	1	1
Disminuye exceso de inventario	15%	0	1	1
Se adapta a la capacidad limitada	20%	1	0	1
Aborda directamente la venta perdida	10%	0	1	1
Compatible con sistemas de la empresa	15%	1	0	1
Potencia disponibilidad de productos foco	10%	0	1	1
Mantiene días de inventario objetivo en locales	15%	1	-1	1
TOTAL PONDERADO		0,5	0,3	1

Imagen 4: Matriz de Pugh para elección de solución (Elaboración propia²¹)

En base a la matriz de Pugh, si bien, las tres opciones son factibles, considerada la matriz de decisión anterior, y tuvieron una ponderación positiva, la solución que rescata todos los criterios relevantes para resolver el problema desde su raíz es el desarrollo e implementación de un modelo de optimización para el abastecimiento manual desde el centro distribución a locales, para la categoría de carnes frescas.

²¹ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez.

6. Solución

6.1 Metodología.

Para llevar a cabo el proyecto de manera correcta y poder realizar, de forma organizada e integral, la implementación mencionada, se utilizó la metodología ágil, SCRUM²², siendo seleccionada por su adaptabilidad a los cambios en las necesidades del negocio.

Fase de Preparación: En esta fase se definen los objetivos y el proyecto, estableciendo metas alcanzables y esperadas. Luego, se desarrolla el producto backlog, lo cual corresponde a los requisitos del proyecto, considerando una lista con priorización de características específicas, funcionalidades y oportunidades de mejora en el contexto, siendo transversal al proyecto y conversada con los analistas a cargo del área con fin de crear un buen producto final.

Sprints²³: Se trabajó con cuatro sprints: “Planificación y requerimientos”, “Desarrollo”, “Implementación” e “Iteraciones para mejora”. Donde el primero se enfoca en la programación del proyecto. El segundo se enfoca en el desarrollo práctico, teórico y computacional del modelo de optimización. El tercero trabaja la implementación considerando el avance, retroalimentación y plan. Finalmente, el cuarto sprint considera búsqueda de oportunidades de mejora tanto técnicas como adaptativas.

Cada sprint consiste en cuatro subetapas: “Planificación del sprint”, “Ejecución”, “Revisión”, “Examinación evolutiva”. Primero, se seleccionan las tareas del producto backlog a cumplir dentro del sprint. Luego, la segunda etapa trabaja las tareas seleccionadas, monitoreando el progreso del mismo. La tercera etapa expone el avance y obteniendo retroalimentación de analistas de reabastecimiento. Finalmente, en la cuarta subetapa, se examinan los éxitos, fracasos y oportunidades para mejorar en el siguiente ciclo.

Gestión del cambio: Se capacitó y mantiene una constante comunicación del proceso hacia todos los involucrados en el proceso de negocio, mostrando resultados esperados de mejora, funcionamiento del modelo y oportunidades. Sobre lo mismo, continuamente se recopila retroalimentación y se ajusta la solución a las necesidades de la empresa y del equipo.

²² Detalle en “Anexo 4: Solución”

²³ Detalle en “Anexo 4: Solución”

6.2 Medidas de desempeño.

Las medidas de desempeño para medir los resultados del proyecto son las siguientes:

1. Quiebres de stock en locales.

$$\frac{\sum_n^N \sum_i^I Instock < 1}{Cantidad\ total\ de\ combinaciones\ "ítem - local"} [Cajas]$$

Siendo N el total de locales y siendo I el total de ítems. En la situación inicial, los quiebres equivalen al 40,4% del total de combinaciones ítem-local, buscando llegar al 25%.

2. Sobre stock en locales.

$$\frac{\sum_n^N OTS > 100\%}{Cantidad\ total\ de\ locales} [Cajas]$$

Donde OTS = Inventario/Capacidad del local para la categoría y N el total de locales. La situación inicial es de 45,3% de combinaciones ítem-local con sobre stock, buscando llegar al 25%.

3. Razón entre días de inventario y su objetivo.

$$\frac{DOH\ promedio\ actuales\ en\ locales}{DOH\ objetivos}$$

Donde DOH = Inventario en sala/Venta proyectada diaria. La situación inicial es de una razón de 3.3, siendo el óptimo una razón igual a 1, lo cual implica que en la actualidad se cuenta con 10 DOH promedio, buscando llegar a 3 DOH, que corresponde al objetivo para un inventario sano dado la sensibilidad y vida útil de la categoría, manteniendo los productos frescos para el consumo del cliente final.

4. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Siendo actualmente \$46.907.223²⁴ pesos la desviación de la curva, se disminuir en un 15%, con fin de aplanar la curva de venta perdida a lo largo de la semana, buscando llegar a una desviación de \$39.871.140 pesos. Para la medición de lo anterior, se utiliza la desviación estándar, donde i representa los días de la semana de lunes a domingo.

5. Venta perdida asociada a quiebre de inventario.

$$\frac{\text{Venta perdida por disponibilidad}}{\text{Plan de venta}}$$

Se utiliza esta medida de desempeño particularmente para medir el objetivo general del proyecto, logrando ver el cumplimiento principal de este, buscando reducir en un 15% esta venta perdida asociada a la disponibilidad.

²⁴ Por confidencialidad solicitada por la empresa, se trabaja con datos ponderados por un α .

En la siguiente tabla es posible evidenciar la relación entre los objetivos específicos y las medidas de desempeño:

Objetivo SMART	Medida de desempeño	Fórmula
Disminuir en 15% los quiebres asociados al abastecimiento manual de carnes frescas.	Quiebres de inventario en locales	$\frac{\sum_n^N \sum_i^I Instock < 1}{Cantidad\ total\ de\ combinaciones\ "item - local"}$
Disminuir en 15% el sobre stock asociado al abastecimiento manual de carnes frescas.	Sobre stock en locales.	$\frac{\sum_n^N OTS > 100\%}{Cantidad\ total\ de\ locales}$
Disminuir en 7 días, los días de inventario disponible en sala.	Razón entre días de inventario y su objetivo.	$\frac{DOH\ promedio\ actuales\ en\ locales}{DOH\ objetivos}$
Aplanar curva de venta perdida a en la semana, disminuyendo en 10% la desviación.	Desviación estándar.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$
Reducir en un 10% la venta perdida por quiebre asociado al proceso de abastecimiento de carnes frescas en un período de 5 meses.	Venta perdida	$\frac{Venta\ perdida\ por\ disponibilidad}{Plan\ de\ venta}$

Tabla 1: Relación medidas de desempeño y objetivos específicos (Elaboración propia²⁵)

6.3 Plan de implementación.

Para la implementación de la solución en la empresa se realizó un plan de tres fases enfocadas alrededor del “día 0”, el cual hace referencia al lanzamiento oficial del proyecto, siendo el punto de inflexión entre la preparación y el desarrollo activo del mismo. El foco de la implementación es la puesta en marcha del proyecto, donde, como se detalla a continuación, se cuenta con el apoyo clave del equipo de analistas.

1. Fase de preparación: Antes del “día 0”

1.1 Detalles de planificación:

²⁵ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez.

- Se definen objetivos a lograr, estimando el alcance real y esperado.
- Se establece carta Gantt para la implementación.

1.2 Desarrollo:

- Se desarrolla el modelo de optimización y código en lenguaje de programación de este.
- Se realizan pruebas de uso, simulación, resultados, integración con el usuario y plataformas de la empresa para asegurar buen funcionamiento de la solución.

1.3 Capacitaciones e integración:

- Se realizan capacitaciones a analistas, mostrando la solución con sus resultados esperados.
- Se expresa abiertamente los cambios en el proceso actual, remarcando los hitos y beneficios de la solución.

-

1.4 Revisión:

- Revisión de actualizaciones y alineamiento de procesos y procedimientos actuales en torno a la solución.

1.5 Preparación:

- Revisión de adaptabilidad con plataformas y actualizaciones reciente, alineando la situación actual a las necesidades del proyecto.

1.6 Estrategias sobre capacidad de respuesta:

- Se establecen estrategias de respuesta y acción ante contingencias que puedan ocurrir durante el desarrollo, con fin de agilizar la solución de estas.

2. Fase de lanzamiento: "Día 0"

2.1 Lanzamiento:

- Se inicia el uso de la solución en el proceso de abastecimiento, de forma gradual con apoyo del analista, iniciando con un análisis del resultado de la solución, siguiendo la segunda vez con una revisión general y finalmente, uso completo de la solución.

2.2 Monitoreo y soporte:

- Se mantiene un monitoreo constante y detallado para detectar problemas en el momento que surjan, resolviéndolos y/o evitando problemas futuros.
- Se asegura disponibilidad de soporte técnico para analistas, como apoyo ante dificultades.

2.3 Comunicación:

- Se mantiene un nivel alto y constante de comunicación con las personas involucradas en el proceso de implementación de la solución, informando tanto estado del lanzamiento como posibles problemas del mismo.

3. Fase de seguimiento: Después del “Día 0”

3.1 Feedback:

- Se recolectan, evalúan y analizan los comentarios de analistas en cuanto a oportunidades de mejora tanto de sistema como para su cotidianeidad.
- Se realizan las iteraciones necesarias para mejorar la calidad y funcionamiento de la solución.

3.2 Seguimiento y evaluación:

- Se revisan y resuelven problemas pendientes o que hayan surgido después del “día 0”
- Se mantiene documentación histórica del proceso de implementación, con fin de generar informes sobre el proyecto, manteniendo la comunicación con toda el área.
- Se evalúa el desempeño post implementación, revisando el éxito del mismo y adoptando las oportunidades de mejora.

3.3 Soporte y adaptación:

- Se revisa el buen funcionamiento de la solución inicialmente de forma semanal, llegando a soportes quincenales y mensuales y/o en el momento que sea necesario ante contingencias.
- Se adapta la solución a cambios en el contexto de la empresa o del proceso.

Dado este plan, es factible implementar, de forma gradual, la solución.

6.4 Riesgos.

En base a lo expuesto anteriormente, es necesario realizar el análisis de los riesgos asociados a la implementación de la solución, de esta forma es posible evitarlos, rebajar su nivel de relevancia en el proceso o bien, solucionarlos de forma rápida, eficiente y correcta. Para esto se utilizó la siguiente matriz de riesgos como criterio, considerando también la escala de Likert asociada a la misma en probabilidad, del 1 al 5, siendo de menos a más probable y asociada al impacto, de 1 a 5, siendo de menor a mayor impacto:

Probabilidad		Impacto				
		Mínimo	Moderado	Serio	Alto	Grave
		1	2	3	4	5
Altamente probable	5	5	10	15	20	25
Probable	4	4	8	12	16	20
Indiferente	3	3	6	9	12	15
Poco probable	2	2	4	6	8	10
Inusual	1	1	2	3	4	5

Tabla 2: Escala de Likert (Elaboración propia²⁶)

En base a lo anterior, se detectaron los siguientes riesgos en el plan de implementación:

Evento	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Retrasos en la programación	4	2	8
Error en el código	3	3	9
Error en conexión con datos	3	3	9
Rechazo al cambio	4	2	8
Problemas en seguridad de datos	2	5	10
Falla del sistema a nivel empresa	3	3	9
Cambios en necesidades de la empresa	5	3	15

Tabla 3: Riesgos en la implementación (Elaboración propia²⁷)

²⁶ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez

²⁷ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez

Es posible identificar riesgos medios a altos dentro del plan de implementación, lo cual es necesario mitigar. Para esto se tomaron las siguientes consideraciones como solución. Además, se establecen mitigaciones particulares para aquellos riesgos de alto impacto, siendo una necesidad el contar con estas en caso de ocurrencia²⁸.

Evento	Nivel de riesgo	Mitigación
Retrasos en la programación	12	Al ser alrededor de una fecha particular (Día 0), tiene un mayor impacto el retraso. Sin embargo, para mitigar este riesgo, se deja una holgura inicial en la primera fase, permitiendo atrasos en la planificación, sin afectar el plan completo.
Error en el código	9	Como mitigación para errores en el código, este, previo al lanzamiento es ejecutado con diversas bases de datos, para medir su capacidad antes alto número de combinaciones y también, de esta forma detecta y mejorar puntos débiles ante la data. También se cuenta con apoyo de expertos en el área para detectar oportunidades de mejoras en el código.
Error en conexión con datos	9	Como mitigación a este error, es factible utilizar información del día anterior, almacenada en tablas virtuales que se pueden consultar mediante query de SQL
Rechazo al cambio	8	Como mitigación a este riesgo, se inicia una capacitación donde se hace parte al equipo del proceso, mostrando posibles mejoras y tomando en consideración su opinión para construir una solución útil para todos y adaptable al usuario.
Problemas en seguridad de datos	10	Como mitigación a este riesgo, se trabaja bajo el uso de VPN, únicamente desde el computador regulado por la empresa, estableciendo reglas de ciberseguridad claves para el proceso.
Falla del sistema a nivel empresa	9	Como mitigación a este problema, se guarda el código para su uso en Jupyter, siendo factible analizar los datos del día anterior, corriendo el código de forma manual. No representa una vista exacta pero sí bastante alineada.
Cambios en necesidades de la empresa	15	Como mitigación a este riesgo, dentro del desarrollo de la solución en la primera fase, se realiza el modelo de forma que sus variables puedan ser alteradas fácilmente, sin alterar el buen funcionamiento, para así poder adaptarse a cambios en la situación.

Tabla 4: Mitigaciones (Elaboración propia²⁹)

²⁸ Detalle en “Anexo 3: Solución”.

²⁹ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin, para Universidad Adolfo Ibáñez

6.5 Desarrollo de la solución.

La solución desarrollada para resolver el problema, en base a lo planteado anteriormente, se define como “Modelo de distribución óptima de carga a locales”, donde se consideraron las restricciones, conjuntos, variable de decisión y parámetros, que se alinean a las necesidades y contexto actual de la empresa, velando en primer lugar por asegurar la disponibilidad y al momento de priorizar, disminuir la venta perdida ante limitaciones de inventario, días de inventario objetivos que permiten reducir merma al considerar la vida útil de los productos, capacidades declaradas de los locales y capacidad de distribución.

Se generó un código en el lenguaje de programación “Python”³⁰ que contiene el modelo de optimización para la distribución, con uso de “CBC” y “PuLP”, donde el primero corresponde a un solucionador de programación entera mixta y destaca por su eficiencia a la hora de resolver problemas complejos de programación lineal y entera. En cuanto al segundo, corresponde a la biblioteca de Python que permite modelar los problemas de optimización, definiendo las consideraciones mencionadas anteriormente y encontrando la solución óptima. Para poder obtener la información de la empresa actualizada y en tiempo real, se creó un flujo en “Dataiku”³¹ donde se enlaza la solución con las consultas de SQL a las bases, generando un correo con el detalle sugerido.

Mediante el método Branch and Bound se modela y resuelve el problema, con una salida de combinaciones óptimas de distribución a locales. Para el buen resultado de la implementación, esto debe ser ejecutado todos los días previo a las 17:00 horas, otorgando holgura para la carga del pedido diaria y análisis ante contingencias. Siendo la siguiente:

1) Conjuntos:

- a) *Conjunto de items* (I): $i = 1, \dots, I$
- b) *Conjunto de locales* (L): $j = 1, \dots, L$

2) Parámetros:

- a) s_{ij} : *Objetivo de días de inventario del item i en el local j*
- b) p_i : *Precio de venta del item i* ³²

³⁰ Detalle en “Anexo 3: Solución”.

³¹ Detalle en “Anexo 3: Solución”.

³² Constante por ítem.

- c) c_{ij} : Capacidad de almacenamiento del ítem i en el local j
- d) f_{ij} : Pronóstico de venta diaria del ítem i en el local j ³³
- e) a_{ij} : Inventario actual del ítem i en el local j
- f) b_i : Stock del ítem i disponible en el Centro de distribución
- g) t_{ij} : Inventario del ítem i en tránsito al local j
- h) k : Capacidad total de envío

3) Variables de decisión:

- a) x_{ij} : Cantidad de cajas del ítem i a enviar al local j

4) Restricciones

- a) Restricción de capacidad de ítem por local
- b) Restricción de necesidad
- c) Restricción de capacidad de envío
- d) Restricción de stock en el centro de distribución

5) Función Objetivo: “Maximizar el valor total del pronóstico de ventas en función de la disponibilidad en sala”. Luego, el modelo puede definirse matemáticamente según la siguiente notación:

$$\text{Max } Z = \sum_i^I \sum_j^L p_i * f_{ij} * x_{ij}$$

Sujeto a:

$$x_{ij} \leq c_{ij} \quad \forall i \in I, j \in L$$

$$x_{ij} \leq \max(f_{ij} * s_{ij} - a_{ij} - t_{ij}, 0) \quad \forall i \in I, j \in L$$

$$\sum_i^I \sum_j^L x_{ij} \leq k \quad \forall i \in I, j \in L$$

$$\sum_j^L x_{ij} \leq b_i \quad \forall i \in I$$

$$x_{ij} \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall i \in I, j \in L$$

³³ Constante por ítem.

El flujo de trabajo, al implementar esta solución es el siguiente:

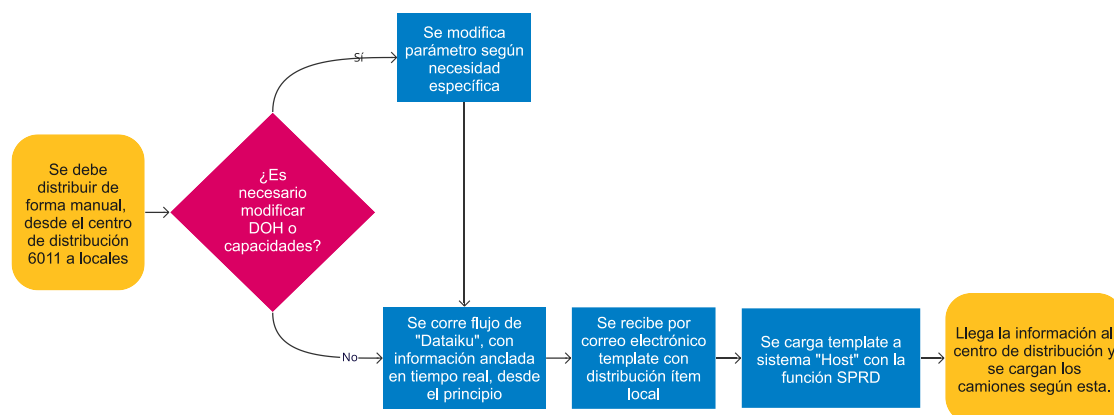


Imagen 5: Flujo de trabajo con implementación de la solución (Elaboración propia con información de Walmart Chile S.A.³⁴)

7. Evaluación económica³⁵.

Con finalidad de evaluar la factibilidad económica, valor agregado e impacto del proyecto, se realiza la siguiente evaluación económica, considerando el principio de *ceteris paribus*, el cual consta en mantener las variables constantes, a excepción de aquella que se quiere estudiar. Se realizaron tres flujos de caja simplificados que ilustran la situación optimista, favorable y pesimista con la implementación del proyecto. También se consideran los siguientes supuestos, para lograr proyecciones para el 2024, fue considerado que se mantiene el plan de venta provisto por la empresa, con sus consideraciones estivales en la categoría. En segundo lugar, se asume una tasa de interés del mercado del 10%, siendo un valor realista y acorde al contexto de la empresa y alcance del proyecto.

Situación optimista: Se considera una reducción en venta perdida del 15% en base a plan de venta.

³⁴ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

³⁵ Por requisito de privacidad de la empresa, todos los valores de la evaluación económica están multiplicados por el mismo α específico. Manteniendo criterios y resultados, junto con la privacidad solicitada de los datos.

FLUJO DE CAJA SIMPLIFICADO CASO OPTIMISTA								
DETALLE/MES	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24
Ingresos por venta	\$ 480.000.000	\$ 510.000.000	\$ 486.000.000	\$ 489.000.000	\$ 570.000.000	\$ 480.000.000	\$ 480.000.000	\$ 558.000.000
Costos Fijos	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000
Flujo de caja	\$ 479.592.000	\$ 509.592.000	\$ 485.592.000	\$ 488.592.000	\$ 569.592.000	\$ 479.592.000	\$ 479.592.000	\$ 557.592.000

VAN	\$2.686.306.818
-----	-----------------

Tabla 5: Flujo de caja para situación optimista (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A.³⁶)

Situación favorable: Se considera una disminución del 10% en venta perdida según plan

FLUJO DE CAJA SIMPLIFICADO CASO FAVORABLE								
DETALLE/MES	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24
Ingresos por venta	\$ 468.000.000	\$ 498.000.000	\$ 477.000.000	\$ 480.000.000	\$ 510.000.000	\$ 498.000.000	\$ 480.000.000	\$ 504.000.000
Costos Fijos	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000
Flujo de caja	\$ 467.592.000	\$ 497.592.000	\$ 476.592.000	\$ 479.592.000	\$ 509.592.000	\$ 497.592.000	\$ 479.592.000	\$ 503.592.000

VAN	\$2.580.450.560
-----	-----------------

Tabla 6: Flujo de caja para situación favorable (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A.³⁷)

Situación pesimista: Flujo de caja considerando una disminución de 5% en venta perdida, lo cual estima la empresa.

VAN	\$2.026.917.405
-----	-----------------

FLUJO DE CAJA CASO PESIMISTA								
DETALLE/MES	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24
Ingresos por venta	\$ 300.000.000	\$ 480.000.000	\$ 390.000.000	\$ 300.000.000	\$ 450.000.000	\$ 330.000.000	\$ 390.000.000	\$ 420.000.000
Costos Fijos	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000	\$ 408.000
Flujo de caja	\$ 299.592.000	\$ 479.592.000	\$ 389.592.000	\$ 299.592.000	\$ 449.592.000	\$ 329.592.000	\$ 389.592.000	\$ 419.592.000

Tabla 7: Situación pesimista (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A.³⁸)

Se identifica que, en los tres casos, un VAN positivo lo cual indica viabilidad en el proyecto. En cuanto a la sensibilidad del proyecto, no comprende mayores cambios ante variaciones en la situación, a excepción de movimientos económicos a la baja dado situación país, pero, esto es mitigado, en parte, al ser un área dedicada a productos de primera necesidad.

También, podemos observar un ahorro del 58,9% en HH, lo cual implica un impacto tanto económico como en la vida del analista.

³⁶ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

³⁷ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

³⁸ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

	Con proyecto	Sin proyecto
HH Analista	\$ 1.050.000	\$ 4.222.000
HH Pasante	\$ 1.440.000	\$ -
HH Total	\$ 2.490.000	\$ 4.222.000
Ahorro HH del proceso con proyecto implementado		58,90%

8. Resultados

8.1 Resultados Obtenidos

A partir de la implementación del modelo, se obtuvo la solución óptima que maximiza la oportunidad de venta en sala para los productos de las categorías de carnes frescas y WAYS. El código fue ejecutado de manera exitosa mediante el lenguaje de programación Python, entregando una verificación sobre el óptimo obtenido. El resultado exportado en formato excel entregó la combinación óptima para realizar el envío desde el centro de distribución a las salas, mediante la plataforma *SPRD*³⁹.

Los resultados en comparación a las gestiones base se detallan a continuación:

- a) **Gráfico comparativo:** En el siguiente gráfico, se evidencia la diferencia entre la necesidad de inventario para el día en relación a su disponibilidad en centro de distribución, capacidad de carga asignada y carga total solicitada, donde la situación base ilustra un sobre stock dado al exceso de inventario enviado a locales, donde a la vez, al sobre pasar la capacidad máxima, se dejan aleatoriamente cajas de lo solicitado, fuera. En cambio, la distribución según modelo, evidencia una carga donde el resultado fue considerablemente más alineado a dicha necesidad, sin generar sobre stock, utilizando de mejor forma los recursos y requisitos disponibles en centro de distribución.

³⁹ Plataforma para ingresar la solicitud de los envíos que se realizarán desde el CD hasta las salas, en formato “Local – Ítem – Cajas”

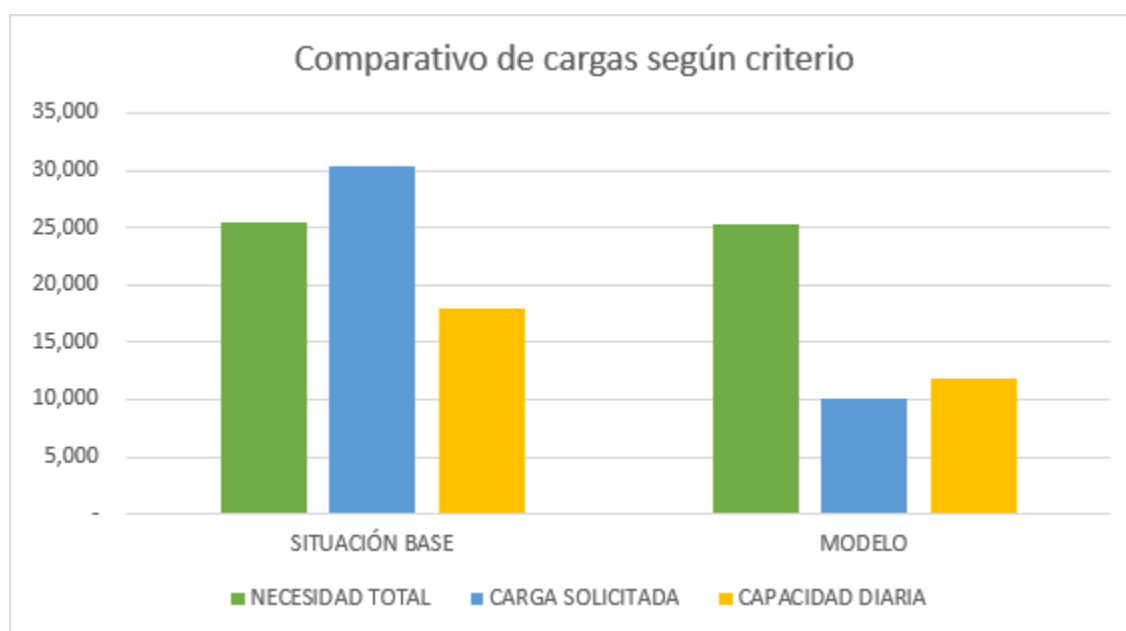


Gráfico 3: Comparación de resultados semana 45 (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴⁰)

- b) **Tabla de distribución:** En la siguiente tabla, se puede ver el resultado de la implementación para los locales más afectados producto de la distribución previa. Este resultado refleja las restricciones definidas en el modelo de optimización, obteniendo un empuje a locales considerablemente más alineado a la capacidad

Local	Situación Base		Modelo	
	Necesidad	Cajas solicitadas	Necesidad	Cajas solicitadas
646	37	224	22	12
655	84	855	50	46
154	7	990	4	3
773	86	744	52	50
595	53	350	32	29

Tabla 8: Comparación de resultados semana 45 (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴¹)

En base a la comparativa de los empujes, se obtuvo una mejora del 95% en cuanto a la alineación entre la necesidad y carga de estos.

⁴⁰ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

⁴¹ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

8.2 Impacto

1) Impacto en las medidas de desempeño

Para evaluar el impacto, se evaluó este sobre las medidas de desempeño asignadas a los objetivos específicos. Estos se muestran a continuación

a) Quiebres asociados al abastecimiento manual de carnes frescas

Situación Base		Modelo	
2,079	Quiebres	1,362	Quiebres

Tabla 9: Evaluación KPI (1) (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴²)

Se obtuvo una mejora cuantificable de 66% en cuanto a los quiebres asociados a la distribución manual. Cabe destacar que un quiebre representa la insuficiencia de disponibilidad en sala para satisfacer la demanda del día.

b) Sobre stock asociado al abastecimiento manual de carnes frescas

Situación Base	Modelo
70%	58%

Tabla 10: Evaluación KPI (2) (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴³)

Las combinaciones con sobre stock por combinación ítem local fueron reducidas en un 17% producto de 1 empuje. Se espera una mejora significativa en el largo plazo.

c) Días de inventario disponible en sala

Situación Base	Modelo
7,2 días	6,3 días

Tabla 11: Evaluación KPI (3) (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴⁴)

⁴² Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

⁴³ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

⁴⁴ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

Los días de inventario en sala obtuvieron una reducción del 10% respecto de la situación base. Se espera un lineamiento óptimo respecto al objetivo en el largo plazo.

d) Aplanar la curva de venta perdida en la semana

Situación Base	Modelo
$\sigma = 46.907.223$	N/A

Tabla 12: Evaluación KPI (4) (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴⁵)

e) Reducir la venta perdida por quiebre

Situación Base	Modelo
24,08%	21,74%

Tabla 13: Evaluación KPI (5) (Elaboración propia con datos de Walmart Chile S.A⁴⁶)

Se obtuvo una reducción del 11% en cuanto a esta medida de desempeño, la cual corresponde a la razón de venta perdida por quiebre sobre el total del plan de ventas.

⁴⁵ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

⁴⁶ Elaboración propia por Fernanda Victoria Nicolás Sufrin con datos de Walmart Chile S.A.

9. Discusión.

Dentro del desarrollo del proyecto se presentaron distintos obstáculos, inicialmente, una sobre estimación en cuanto a los resultados factibles del proyecto. Sobre lo mismo, se expuso ante analistas expertos en las categorías, disminuyendo levemente los

objetivos SMART. Con esto, no solamente se logró el objetivo, sino que también logró prevenir posibilidades de merma, mayores al 4% máximo definido por la categoría, que podrían ser resultado de una sobre estimación en cuanto a resultados que podría verse reflejada en sobre stock.

Otro punto importante por mencionar es que, el código utilizado tuvo diversas variaciones dado a licencias requeridas. Para el uso de los paquetes necesarios, se está usando la versión gratuita que permite su uso por un año cronológico, posterior a lo cual se debe comprar la licencia requerida. La empresa permitió el uso de la versión gratuita y se debe solicitar a la gerencia de recursos y finanzas, el renovar esta licencia en el plazo de un año.

En cuanto a la resistencia al cambio, se gestionó efectivamente desde un principio, con la colaboración del equipo de analistas, lo cual destaca la importancia de mantener una comunicación continua, proporcionar formación y participación de los colaboradores. Ante lo anterior, se recomienda a la empresa a establecer sistemas de feedback continuos, con fin de adaptar las soluciones a sus necesidades del momento y considerar preocupaciones del día a día. Estas consideraciones son fundamentales para la adaptabilidad y el éxito del proyecto.

En cuanto a impacto, el impacto social es positivo ya que, no disminuye la cantidad necesaria de analistas, por lo cual, no genera desvinculaciones a futuro, manteniendo el trabajo y fuente de ingresos de los colaboradores, pero, si facilita su día a día, reduciendo las horas que implica el trabajo expuesto. En cuanto a impacto económico, es una solución que, en base a resultados, genera una menor venta perdida, lo cual permite alinearse a los planes de venta esperados y propuestos por la empresa para el año, de la misma forma, al tener mayor disponibilidad en sala, se logra una porción de market share mayor y también, mejora la productividad del flujo dentro del centro de distribución al solicitar cajas alineadas a la disponibilidad, permitiendo una mejor organización y mejor uso del tiempo disponible de colaboradores del centro de distribución 6011 de Walmart Chile.

10. Conclusiones.

En conclusión, a partir del diagnóstico realizado en la empresa fue posible encontrar una oportunidad para desarrollar un gran proyecto, impactando en una de las categorías de alimentos más consumidos de nuestro país, abarcando salas desde Arica hasta Punta Arenas. En base a este desarrollo, fue posible alcanzar una solución que implica conocimientos ingenieriles, capacidad analítica y manejo de datos, con un gran propósito tanto para el consumidor como para la organización, maximizando tanto la captación de ventas por parte de los pronósticos como la disponibilidad en sala para llegar a la mesa de los clientes. Los resultados obtenidos fueron del estándar planteado en los objetivos, alcanzando mejoras de hasta el 66% como es el caso de la reducción de quiebres o del 10% para el caso de la reducción en cuanto a la venta perdida por disponibilidad. Es por esto por lo que se puede concluir que el proyecto fue exitoso y el objetivo general cumplido. Sin embargo, no solamente considera una solución económica para la empresa, sino que también conlleva una mejora en el día a día de los colaboradores, teniendo un impacto social positivo, permitiendo un mejor uso de su tiempo para distintos proyectos que no solamente aporten al buen rendimiento de la empresa, sino que también a su desarrollo laboral. También por parte de los colaboradores que trabajan directamente en el centro de distribución, el alinearse a los requisitos del mismo, implica un trabajo más liviano y a la vez más productivo, mejorando la calidad del ambiente laboral de forma transversal.

11. Anexos

11.1 Anexo 1: Contexto.

1. GRS: “Global Replenishment System”. Sistema operativo de Walmart Chile S.A. y Walmart International, encargado del abastecimiento automático de productos. Dentro del sistema, analistas se encargan, según necesidad de modificar calendarios de despacho y entrega, días de cobertura a nivel ítem-local, local, departamento/categoría.

Este sistema es el responsable de generar órdenes de compra, las cuales llegan al sistema de los proveedores y estos gestionan los despachos, ya sea al centro de distribución o directamente a los locales. Cuando llegan al centro de distribución, el sistema es encargado de distribuir según la necesidad asignada por analistas, a locales. Este sistema solo funciona para algunos productos, dejando fuera compras a granel, peso variable y de alta sensibilidad por vida útil.

2. NOVA: NOVA es el sistema de compra manual de Walmart Chile S.A. y Walmart International, en este se ingresa de forma manual la cantidad a comprar por cada ítem para cada local, o bien, a centro de distribución. Incluye también fecha de envío, fecha de vencimiento, evento asociado a la compra y motivo de la misma.

Todos los parámetros mencionados anteriormente, se agregan de forma manual, generando la orden de compra en un plazo de 1 a 5 minutos por cada una y luego, estas quedan en el sistema del proveedor en un plazo entre 30 minutos a 5 horas.

3. Carnes WAYs: “Carnes WAYs” corresponden a las carnes rojas y blancas, producidas por el proveedor “Walmart Chile Alimentos y Servicios”, corresponde a una planta productiva de proteínas frescas, perteneciente a Walmart Chile S.A. Producen las marcas propias de la empresa, conocidas comercialmente como “Buen Corte” y “Smartprice”.

Dado las consideraciones en particular de sensibilidad por vida útil, logística y graneles, las carnes WAYs no pueden ser abastecidas mediante GRS, por lo cual, solamente cuentan con compra y distribución manual en las plataformas NOVA y Host by IBM for Walmart, respectivamente.

4. HOST by IBM for Walmart: Corresponde a la plataforma, desarrollada de forma particular por IBM para Walmart, según sus requerimientos. En esta plataforma es posible consultar en panel, la información de órdenes de compra, ítems, inventario en los distintos centros de distribución, información de proveedores y de la misma forma, es posible modificar esta información a medida que sea necesario.

5. Pick Up: Pick Up es el nuevo servicio de retiro en tienda de Walmart para los formatos Lider, Express de Lider y SuperBodega Acuenta. Consta en realizar compras a través de la web, donde se selecciona un horario y local de preferencia para el retiro, llega el cliente en su vehículo, avisa su arribo a través de una llamada telefónica según indique la zona de retiro y encargados del local llevan las bolsas con la compra, directamente al vehículo. Este servicio, aparte de facilitar la compra y brindar un valor agregado a la experiencia del cliente, es completamente gratuito.

11.2 Anexo 2: Estado del Arte.

1. BPMN: Business Process Model and Notation, corresponde a una notación gráfica utilizada en la gestión de procesos de negocio (BPM), la cual tiene como propósito representar de manera visual los procesos, flujos de trabajo y distintas actividades asociadas al negocio. Finalmente, es una herramienta que facilita la comprensión de las operaciones, de forma efectiva, para las organizaciones.

2. Rediseño de procesos: Consiste en la revisión, análisis y modificación de los procesos existentes de una empresa, cuyo objetivo es mejorar eficiencia, efectividad y alineación con la estrategia. Esto puede verse representado en cambio tecnológicos, de estructura, de flujos de trabajo, de roles y responsabilidades.

A grandes rasgos, incluye los siguiente puntos:

1. Identificación y documentación de procesos existentes en la empresa.
2. Análisis de situación para identificación problemas y oportunidades de mejora.
3. Diseño del nuevo proceso o mejora en los procesos existentes.
4. Implementación del rediseño.

5. Monitoreo y retroalimentación de los resultados con fin de validar su alineación con los objetivos.

3. Just in Time: El sistema just in time, cuyas siglas son JIT es un enfoque de gestión de inventario, con objetivo de reducir el desecho y mejorar la eficiencia a la hora de la fabricación. Consiste en producir y entregar productos en el momento particular que son requeridos.

Tiene como objetivo reducir niveles de inventario innecesario, producción acorde a la demanda exacta solicitada por el cliente, evitar variabilidad en procesos, buscando reducir costos asociados a almacenamiento y posibles.

4. Sensores RFID: RFID hace referencia al nombre de los sensores en inglés, Radio-Frequency Identification, lo cual corresponde a identificación mediante radio frecuencia. Los sensores usan la tecnología de radiofrecuencia para identificar y rastrear objetos de forma remota, logrando analizar comportamientos irregulares, cantidad de los productos disponibles, entre otros. Lo cual, asociado al sistema de alerta temprana, permite evitar quiebres de inventario ante las irregularidades y cambios en la demanda dado una gestión temprana.

Los sensores RFID son compuestos por dos partes, en primer lugar, una etiqueta RFID, la cual se adhiere a los objetos y contiene la información codificada. En segundo lugar, un lector RFID, el cual es un dispositivo que emite señales de radiofrecuencia y recibe las respuestas de las etiquetas RFID cercanas, donde decodifica la información y la envía a un sistema de análisis de datos.

5. Matriz de Pugh: Método desarrollado por Stuart Pugh como apoyo para la toma de decisiones, que permite comparar múltiples opciones. La matriz consta de los siguientes pasos:

1. Establecer criterios: Se identifican y definen los criterios relevantes para la decisión. Identificando una ponderación para cada uno.
2. Solución de referencia: Se selecciona una de las soluciones actuales al problema, o en su defecto, la situación actual respecto al problema, como punto de referencia.
3. Comparar opciones: Cada opción se compara con la solución de referencia y en relación con cada criterio. Se utilizan los siguientes símbolos con referencia a si es un aporte positivo, si

no es un aporte relevante pero en parte, cumple con el mínimo o bien, si es un aporte poco relevante al criterio y situación actual.

4. Puntuación: Se suman los resultados ponderados para cada opción, identificando los mayores puntajes dentro de las opciones.
5. Análisis y selección: En base a las puntuaciones y análisis de las mismas, se toma una decisión sobre cuál opción es la que se adapta de mejor forma a la situación.

La puntuación utilizada fue la siguiente:

Puntaje	Detalle
1	Positivo
0	Nulo
-1	Negativo

Tabla 14: Puntuación Matriz de Pugh (Elaboración propia con datos del método Pugh)

11.3 Anexo 3: Solución.

1. Mitigaciones formales para riesgos de alto riesgo: Para aquellas situaciones de alto riesgo que puedan surgir durante la implementación y ejecución de la solución, se define el siguiente paso a paso:

1. Identificar qué situaciones conllevan alto riesgo.
2. Monitoreo constante para una alerta temprana en cuanto al punto 1.
3. Levantar información a jefatura ante posible riesgo.
4. Realizar un levantamiento de información para identificar la causa raíz de la situación.
5. Comunicarse con el área involucrada para soluciones técnicas.
6. Comunicar solución a colaboradores para evitar resistencia al cambio.

2. Código de la solución.

```
df = pd.read_excel('datos.xlsx')
df['LOCAL'] = df['LOCAL'].astype(str)

capacidad_envio = 1000

modelo = lp.LpProblem("Maximizar_Ventas", lp.LpMaximize)

variables = {(row['ITEM'], row['LOCAL']): lp.LpVariable(f"Cajas_{row['ITEM']}_{row['LOCAL']}", lowBound=0, cat='Integer')
             for _, row in df.iterrows()}

modelo += lp.lpSum(row['PVP'] * row['FCST'] * variables[(row['ITEM'], row['LOCAL'])] for _, row in df.iterrows())

for _, row in df.iterrows():
    item, local = row['ITEM'], row['LOCAL']
    modelo += variables[(item, local)] <= row['CAPACIDAD_LOCAL'], f"Capacidad_Local_{item}_{local}"
    necesidad = max(row['FCST'] * row['DOH'] - row['OH'] - row['IT'], 0)
    modelo += variables[(item, local)] <= necesidad, f"Stock_A_Enviar_{item}_{local}"

modelo += lp.lpSum(variables.values()) <= capacidad_envio, "Capacidad_Envio"

for item in df['ITEM'].unique():
    stock_cd = df.loc[df['ITEM'] == item, 'STOCK_CD'].values[0]
    modelo += lp.lpSum(variables[(item, str(local))] for local in df['LOCAL'].unique() if (item, str(local)) in variables) <= stock_cd, f"Stock_CD_{item}"

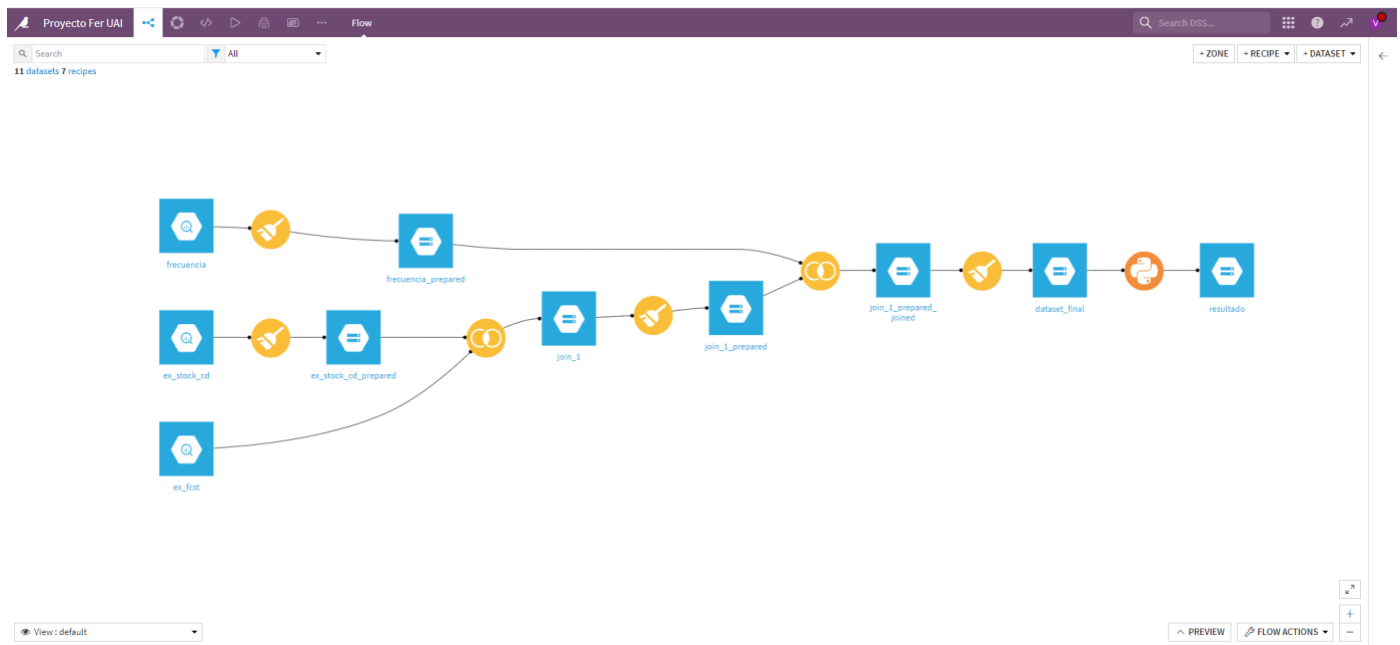
print("Función Objetivo:")
print(modelo.objective)

modelo.solve(lp.PULP_CBC_CMD(msg=True))
print(f"Estado del problema: {lp.LpStatus[modelo.status]}")
if modelo.status == lp.LpStatusOptimal:
    print(f"Z=: {lp.value(modelo.objective)}")

    df['Cajas_Enviadas'] = 0
    for var in variables.values():
        item, local = var.name.split('_')[1], var.name.split('_')[2]
        df.loc[(df['ITEM'] == item) & (df['LOCAL'] == local), 'Cajas_Enviadas'] = lp.value(var)

    df.to_excel('resultados_optimizacion.xlsx', index=False)
else:
    print("Infactible.")
```

3. Flujo en plataforma dataiku.



12. Referencias.

1. Hammer, M., & Champy, J. (1993). Reingeniería de procesos: cómo diseñar la empresa del futuro en la era de la información. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000.
2. Liker, J. K. (2004). The Toyota Way.
3. RFID Point. (s. f.). Kevin gston RFID. Recuperado de <http://www.rfidpoint.com/kevingston-rfid/>
4. Universidad de Chile. (s. f.). Repositorio digital. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132008>
5. Inditex. (s. f.). Press News Detail. Recuperado de <https://www.inditex.com/itxcomweb/en/press/news-detail?contentId=7f71fd36-94ec-45fa-a2e6-6837b63f2903>
6. Diario Financiero. (s. f.). Matriz de Zara imbatible: más ventas, reducción de stock. Recuperado de <https://www.df.cl/internacional/multinacionales/matriz-de-zara-imbatible-mas-ventas-reduccion-de-stock-e>
7. Forbes. (2023, 17 de noviembre). 4 Steps To Building Enterprise 2030: The AI-Powered Company Of The Future. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/insights-teradata/2023/11/17/4-steps-to-building-enterprise-2030-the-ai-powered-company-of-the-future/?sh=1f7919db3e8a>
8. El Cronista. (2005, 18 de octubre). Wal-Mart bajó sus costos gracias a RFID. Recuperado de <https://www.cronista.com/empresa-general/Wal-Mart-bajo-sus-costos-gracias-a-RFID-20051018-0014.html>
9. Atlas RFID Store. (s. f.). Walmart and RFID: The Relationship That Put RFID on the Map. Recuperado de <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/walmart-and-rfid-the-relationship-that-put-rfid-on-the-map>

10. Diario Financiero. (s. f.). Walmart mejora sus expectativas tras resultados del segundo trimestre. Recuperado de <https://www.df.cl/empresas/retail/walmart-mejora-sus-expectativas-tras-resultados-del-segundo-trimestre-y>
11. Supply Chain Dive. (s. f.). H&M AI supply chain sustainable. Recuperado de <https://www.supplychaindive.com/news/HM-AI-supply-chain-sustainable/570400/>
12. AI for SDGs Academy. (s. f.). Case Study. Recuperado de <https://www.ai-for-sdgs.academy/case/175>
13. Retail Connections. (s. f.). H&M Puts AI Forecasting at the Heart of Its Supply Chain Sustainability. Recuperado de <https://www.retailconnections.co.uk/articles/hm-puts-ai-forecasting-at-the-heart-of-its-supply-chain-sustainability/>
14. (La "Matriz de Pugh" es un concepto, por lo que no requiere cita a menos que estés citando una fuente específica que lo discuta.)
15. Economipedia. (s. f.). Matriz de Pugh. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-pugh.html>
16. Investopedia. (s. f.). Business Process Redesign. Recuperado de <https://www.investopedia.com/terms/b/business-process-redesign.asp>
17. Meticulous Research. (s. f.). Top 10 Companies in RFID Market. Recuperado de <https://meticulousblog.org/top-10-companies-in-rfid-market/>