

Desarrollo logístico CD Buenaventura Rosen SAIC

Ingeniería Civil Industrial

Alumno: Joaquín Alarcón P.

Fecha:04/12/2023

Índice:

1. Resumen ejecutivo

a) En español.....	3
b) En inglés.....	4

2. Introducción.....5

3. Objetivos.....9

4. Estado del arte.....10

5. Soluciones propuestas.....11

6. Evaluación Económica.....18

7. Metodologías.....19

8. Medidas de desempeño.....20

9. Desarrollo del proyecto.....22

10. Resultados cualitativos y cuantitativos.....25

11. Conclusiones y discusión.....28

12. Referencias.....30

13. Anexos.....31

1.- Resumen ejecutivo

a) En español

El proyecto se centró en mejorar la eficiencia operativa de la gestión de inventarios en la bodega, sin alterar el layout físico. Se implementó una mezcla de soluciones, el método ABC Pareto en base a la rotación unitaria y el modelo Holt-Winters aditivo, para predecir demanda. Estas soluciones fueron escogidas por criterios como viabilidad técnica, costos, tiempos, estacionalidad de datos, entre otros.

La implementación se dividió en 5 etapas, comenzando con establecer ubicaciones óptimas de los productos más influyentes determinados por el ABC, para luego realizar su ordenamiento adecuado, optimizando tiempos de picking y de almacenamiento. Luego se verificaron las ubicaciones en sistema, y se entregó al área de planificación el modelo de Holt-Winters para ajustar los pedidos en base a lo necesitado. Finalmente, se establecieron medidas de desempeño, con las que se logró determinar un aumento de productividad de un 21%.

La evaluación económica se basó en ahorros futuros para la empresa, como reducción de costos de transporte y ahorro en horas hombre de operarios. La tasa de descuento fue considerada como la tasa de interés del Banco Central de Chile.

A pesar de los desafíos encontrados, como eventos de altos volúmenes de ventas y caídas en los servidores de GTD, se logró ordenar el 100% de las mercancías, mejorando la productividad en un 21% en las olas de picking. Aunque no se redujo considerablemente el stock obsoleto ni los tiempos de entrega a clientes finales, se identificaron oportunidades para su manejo futuro. En términos cualitativos, se observó una considerable mejoría en el ambiente laboral de los operarios de la bodega.

El proyecto no solo cumplió con sus objetivos, sino que sienta las bases para una potencial mejora y expansión a otras áreas. El modelo de predicción puede guiar la producción, y transformar la cadena de suministro de “push” a “pull”. En resumen, la iniciativa logró mejoras sustanciales en eficiencia y productividad, preparando el terreno para futuras optimizaciones.

b) En inglés

In the project, the focus stood on enhancing the operational efficiency of inventory management in the warehouse without altering the physical layout. A combination of solutions was implemented, including the ABC Pareto method based on unit rotation and the additive Holt-Winters model for demand prediction. These solutions were chosen based on criteria such as technical feasibility, costs, timing, and data seasonality, among others.

The implementation was divided into five stages, starting with establishing optimal locations for the most influential products determined by ABC. Subsequently, proper sorting was done, optimizing picking and storage times. The locations were then verified in the system, and the Holt-Winters model was handed over to the planning department to adjust orders based on requirements. Finally, performance measures were established, leading to a 21% increase in productivity.

The economic evaluation relied on future savings for the company, including reduced transportation costs and savings in labor hours. The discount rate was considered the Central Bank interest rate in Chile.

Despite challenges such as high-volume sales events and server downtimes from GTD, 100% of the goods were successfully organized, improving productivity by 21% in picking waves. While there was not a significant reduction in obsolete stock or delivery times to end customers, opportunities for future management were identified. Qualitatively, a significant improvement in the working environment of warehouse operators was observed.

The project not only met its objectives but also laid the groundwork for potential improvement and expansion into other areas. The prediction model can guide production and transform the supply chain from "push" to "pull." In summary, the initiative achieved substantial improvements in efficiency and productivity, paving the way for future optimizations.

2.- Introducción

Rosen es una empresa dedicada a la manufactura y distribución de productos de excelencia para el descanso, siendo una de las empresas más reconocidas en Latinoamérica. Esta empresa fue fundada en el año 1958 por José Rosenberg, en la ciudad de Temuco. Comenzó como un pequeño taller y fue creciendo y convirtiéndose en la gran empresa que hoy conocemos, mediante una constante innovación tanto en su cartera de productos como en sus procesos productivos. Rosen, cuenta con su principal fábrica en la ciudad de Temuco, la que es capaz de abastecer a todo el mercado nacional. Actualmente posee puntos de ventas en países como Chile, Argentina, Colombia, Perú, Brasil, Bolivia, Uruguay y Ecuador, donde la empresa posee alrededor de 600 puntos de ventas de importantes distribuidores, además de su propia cadena de ventas.

A partir de los años 2000, Rosen contaba con dos centros de distribución en la ciudad de Santiago, Huechuraba y Danco, entre los cuales dividían sus operaciones. Es aquí donde nace la necesidad de converger sus operaciones y comienza el desarrollo del nuevo centro de distribución Buenaventura en la comuna de Colina. Es luego de comenzar a trabajar en este nuevo centro de distribución que comienzan a existir problemas de inventario físico en la bodega, ya que tal aumento de actividades y flujo de productos imposibilitó la opción de seguir realizando todo de manera manual, debido a la poca precisión y control de datos que esto permite, generando un desorden de mercancías dentro de la bodega, como también una deficiente gestión de inventario. Esto ocurre debido a que no existe una ubicación determinada para los productos, y son almacenados donde quede espacio, generando dispersión de mercancías dentro de la bodega, lo que se convierte en problemas a la hora de generar los picking, aumentando los tiempos necesarios para tal operación. Todo esto deriva en retrasos en envíos, pérdida de fidelización de clientes, errores de pickeo, sobre stock o quiebres de stock, entre otros problemas.

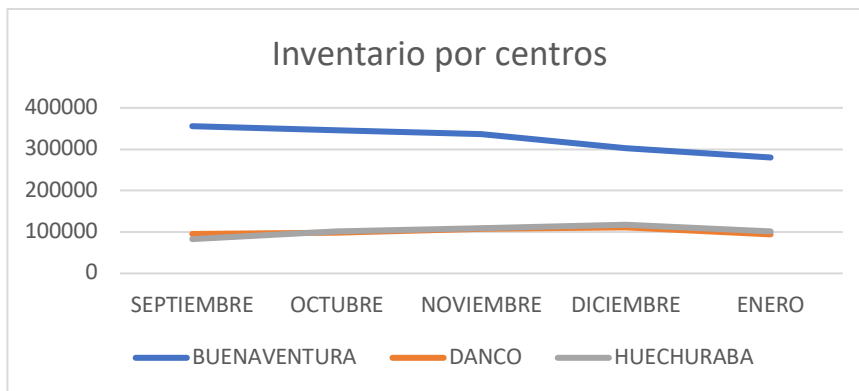
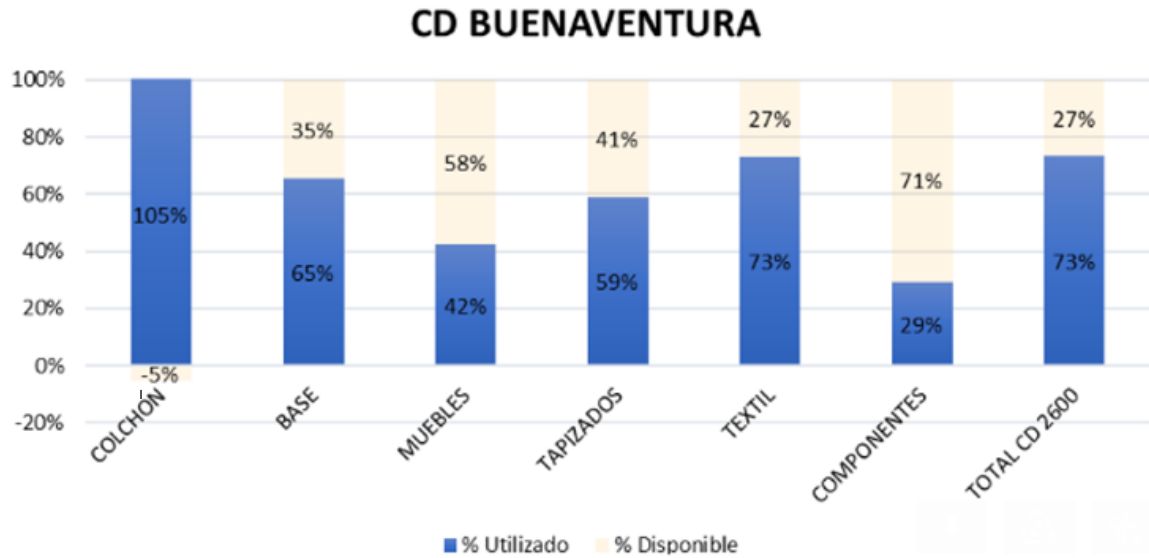


Figura 1: Este gráfico nos confirma numéricamente tal aumento de actividades que se generó al Rosen converger sus operaciones en el nuevo centro de distribución Buenaventura, con un aumento de casi un 300% en las unidades totales almacenadas.

SKU	Descripción	Ubicación
14011774	RESPALDO ISSEY KING	12A19E/12A24E/13A34A/13A26D
13013199	VELADOR FERRARA	12A14A/12B24B/13A19D/13A23B
13019021	VELADOR MAURICE	12A32B/13A05D/13A30A
13020348	SET 2 SILLAS CHOPE	11B95C/12A02E/13A25C/13A26D
13013197	RESPALDO FERRARA	12A01B/12B07B/13A15A/13A16C

Figura 2: Extracto de la tabla de ubicaciones de la familia de muebles y terraza, con la que se logró confirmar la dispersión de mercancías dentro de la bodega y su deficiente gestión de ubicaciones.



Negocio	Ocupación	Disponible	Capacidad	% Utilizado	% Disponible
COLCHÓN	17.426	-908	16.518	105%	-5%
BASE	8.656	4.587	13.243	65%	35%
MUEBLES	2.603	3.549	6.152	42%	58%
TAPIZADOS	7.976	5.612	13.588	59%	41%
TEXTIL	6.819	2.511	9.330	73%	27%
COMPONENTES	205	495	699	29%	71%
TOTAL CD 2600	43.720	15.809	59.529	73%	27%

Figura 3: En esta imagen se logra observar la capacidad del centro de distribución, separado por familias, según el espacio físico designado dentro de la bodega, lo que nos permite visualizar la deficiente gestión de inventario debido a excesos en capacidades designadas y lo contrario en otras familias, menos del 50% de ocupación.

La oportunidad que generan estos problemas es la de mejorar los procesos de bodegaje, convirtiéndolos en procesos más ágiles y eficientes, utilizando mejor tanto las horas hombre como las de la maquinaria. También, una posible mejoría en la cadena de suministro, con el fin de abaratar costos y evitar los quiebres o el sobre stock innecesario de productos, tomando en cuenta un dato importante que afecta a las ventas de la empresa, la estacionalidad que algunos de sus productos presentan.

Luego, sobre las implicaciones económicas que estos problemas generan a la empresa, podemos considerar la pérdida de pedidos debido a falta de stock, que equivalen a cerca de un 3% del total de ventas, mala gestión de horas hombre como de la maquinaria dentro de la bodega de hasta un 10% debido a problemas mencionados anteriormente, pérdidas monetarias debido a exceso de costos de transporte de productos desde la planta hasta el centro de distribución Buenaventura, los atrasos en los pedidos que finalmente agregan un producto por parte de compensación, lo que genera pérdidas adicionales, entre otros.

3.- Objetivos

El objetivo general es lograr ordenar y mejorar la gestión del 20% de mercancías que generan un 80% de las ventas aproximadamente, afectando directamente procesos como el picking y el almacenamiento de productos, como también a la planificación de inventario y sus traslados.

Objetivo Smart:

S: Ordenar y mejorar la gestión del 20% de productos más influyentes.

M: 20% más influyente equivale entre 1900-2400 unidades.

A: Mediante la ayuda de los operarios de bodega y el área de planificación, sin tecnologías externas.

R: Agilizar procesos de bodegaje y optimizar el stock tanto a solicitar como a almacenar.

T: En un plazo de entre 4 a 5 meses.

Objetivos específicos:

1.- Solucionar la dispersión de mercancías dentro de la bodega, determinada por el sistema de ordenamiento. Su medición es posible mediante el KPI que entrega la cantidad de unidades en ubicación correcta.

2.- Disminuir los tiempos de demora de la ola de picking de productos mediante el conocimiento exacto de la ubicación de cada SKU. Su medición es posible mediante el KPI que entrega los tiempos de picking por familia.

3.- Disminuir los tiempos de entrega de productos a clientes finales mediante una mejora en todo el proceso de bodegaje. Su medición es posible mediante el KPI que entrega los tiempos finales de entrega a cliente.

4.- Mejora de fidelización de clientes mediante una disminución de errores de picking y menores retrasos en sus envíos.

5.- Disminuir el stock obsoleto y sobre stock de productos de la bodega, ya que estos únicamente significan un costo de almacenamiento para la empresa debido a que su rotación es nula o ya se tiene lo que se necesita. Su medición es posible mediante el KPI que entrega utilización total y el de stock obsoleto.

4.- Estado del arte

Para analizar el cómo otras empresas solucionan esta clase de problemas, y posteriormente proponer posibles soluciones, se realizó una investigación, con la que se logró reunir múltiples documentos académicos recuperados de Google Académico y páginas web de empresas, con materias acordes a la problemática encontrada, los cuales serán mencionados a continuación:

1.- Documento de la Universidad César Vallejo, implementación de la metodología ABC para incrementar la productividad en el almacén de supermercado Lima 2023. (Romero, 2023).

2.- Página web de IKEA, empresa multinacional con rubro similar a la empresa Rosen, en la que dan información sobre el cómo realizan una predicción de demanda para sus tiendas mediante inteligencia artificial. (IKEA, 2021).

3.- Página web Mecalux, empresa desarrolladora de software y soluciones tecnológicas para empresas, en la que dan información sobre el cómo mejoran la productividad en un almacén de IKEA mediante la instalación de transelevadores y transportadores automáticos, además de la instalación de un software de control de inventario llamado WMS. (Mecalux, s.f.).

4.- Documento de la empresa CV Munawir Furniture, en el que detalla información y comparaciones entre distintos modelos de predicción de demanda, señalando ventajas y desventajas de cada modelo y calculando los errores correspondientes a cada uno, determinando que para este rubro aplica de mejor manera el modelo Holt-Winters. (Mishbah, 2019).

5.- Soluciones propuestas

a) Método ABC:

-El método ABC es un sistema de administración de inventarios que nace del principio de Pareto, idea que establece que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas. Esto se realiza con la finalidad de categorizar el inventario físico en tres zonas diferentes: A, B y C, que dependiendo de las métricas utilizadas para realizar la segmentación, contendrán cada una a un 20%, 65% y 15% del total de productos, respectivamente.

Existen diferentes métricas a utilizar, tales como:

1. Precio unitario: esta clasificación se efectúa según el precio unitario de los productos, determinando el 20% de productos influyentes mediante el costo unitario.
2. Valor total: esta clasificación se lleva a cabo basándose en el costo unitario del producto multiplicado por la cantidad actual en inventario físico por SKU.
3. Utilización y valor: esta clasificación se hace respecto al costo unitario multiplicado por un consumo promedio de cada producto por SKU.
4. Aporte a utilidades: esta clasificación se realiza por el aporte a utilidades que el producto genera para la empresa.
5. Rotación: esta clasificación se ejecuta en base a la rotación unitaria de productos.

El almacén de Supermercado Lima, realizó este método con el fin de determinar el incremento en la productividad que este generaría, realizando mediciones antes y después de la implementación del ABC. Sus mediciones antes de implementar la solución fueron que su nivel de productividad en el almacén era del 63%, pero luego de la implementación del método ABC, sus niveles de productividad aumentaron considerablemente hasta alcanzar un 93%, confirmando la teoría de que el principio de Pareto ABC mejora la productividad del almacén.

Este método, sería una buena opción para realizar un ordenamiento adecuado de los productos dentro de la bodega, debido a que, gracias a él, se logrará identificar los productos más influyentes, y por temas de plazo y envergadura de la bodega, podremos concentrarnos en la gestión del 20% más influyente, otorgándoles una ubicación óptima, para posteriormente medir el cómo conocer las ubicaciones de estos afecta los tiempos de picking y salida de pedidos.

b) Utilización de inteligencia artificial para realizar pronósticos de demanda.

-IKEA, conocida empresa distribuidora de todo tipo de productos para el hogar, utiliza inteligencia artificial para realizar precisos pronósticos de demanda, con el fin de lograr mantener una cadena de suministro eficiente, disminuir sus costos de almacenamiento y mantener un stock necesario. Este nuevo método de pronosticar la demanda que implementó IKEA permite ingresar hasta 200 fuentes de datos para cada producto, incluyendo factores de influencia, cambios estacionales, pronóstico del tiempo, patrones de compras, y es capaz de realizar un pronóstico diario para cada una de sus tiendas en todo el mundo, siendo estas, alrededor de 450 en 54 distintos mercados, permitiendo un preciso conocimiento de cada tienda. Peter Grimvall, director del área de desarrollo de cadena de suministro de IKEA, señaló que con este nuevo método Demand Sensing, están a un nivel del 98% de previsiones acertadas y con solo un 2% de correcciones, lo que, para ser una tienda de tales características como IKEA, es bastante preciso y sorprendente, sin embargo, para lograr el desarrollo de un software de estas características, se necesitan meses, sino años de desarrollo de inputs, colección y limpieza de datos, para lograr la precisión que demostró su implementación, sumado a esto, inmensos costos tanto de la empresa misma como de los desarrolladores de software, lo que imposibilita la consideración de esta solución para el proyecto de título.

c) Automatización de bodega mediante transelevadores trilaterales y transportadoras estribas para cada uno de los pasillos de la bodega, realizado por IKEA.

IKEA, empresa mencionada anteriormente, solucionó sus problemas de eficiencia de operarios y de manejo y gestión de sus productos dentro de su centro de distribución, reemplazando la mano de obra humana por transelevadores trilaterales y transportadoras estribas, siendo capaz de automatizar todos los procesos de bodegaje, es decir, la entrada de productos, su almacenaje, el picking y la salida de estos mismos.

Este tipo de solución es algo bastante efectivo, luego de implementarse, obtuvo un 99% de efectividad respecto a pedidos completados con éxito en cantidad y tiempo, lo que llevado a la gran escala que maneja, es lo más cercano a la perfección. Sin embargo, este tipo de solución conlleva una gran inversión económica, sumándole a esto una detención de las operaciones de bodegaje mientras se lleva a cabo la instalación de toda la maquinaria necesaria, más el tiempo que lleva el

diseño y planificación de este proyecto, es algo imposible a realizar durante los plazos establecidos para el proyecto de título de la pasantía.

d) IKEA integra WMS para mejorar control y gestión de inventario en tiempo real.

IKEA, empresa que se utilizará como referencia, adquirió otro tipo de solución respecto a la mejora en la gestión y ubicación de productos dentro del centro de almacenaje, que consiste en la instalación de un WMS, módulo que se agrega a la aplicación SAP. Este módulo es un software mediante el cual las empresas son capaces de gestionar y controlar todas las operaciones diarias de su centro de distribución, ofreciendo datos en tiempo real, como ubicaciones de productos, inventario físico, y generándole a la empresa beneficios tales como:

1. Mayor eficiencia operativa, ya que automatiza y optimiza los procesos de almacenaje.
2. Menores desperdicios y costos, debido a que el software es capaz de identificar los productos que por fecha de caducidad necesitan salida previa al resto.
3. Ayuda a determinar el uso eficaz del espacio del almacén, según la información que va recopilando, determina ubicaciones específicas para los productos.
4. Mejor gestión de la mano de obra de los operarios, optimizando las rutas y flujos que estos toman dentro de la bodega.
5. Mejorar las relaciones con clientes y proveedores, ya que aumenta considerablemente la tasa de pedidos completados a tiempo.

Esta idea, si bien sería la solución a muchos de los problemas encontrados durante la identificación de la problemática, tales como la dispersión de ubicaciones de productos, deficiente gestión de operarios dentro de la bodega, almacenaje de stock obsoleto, productos en ubicaciones incorrectas, cuellos de botella en procesos de recepción, almacenaje y salida de productos, toma mucho tiempo en desarrollar y en la recolección de la data necesaria para lograr diseñar un WMS acorde a esta bodega, plazo que se estima según conversaciones con superiores e investigaciones en al menos 8 a 12 meses. Sumado a esto, las implicancias económicas que esta solución conllevaría, que pueden ser el costo de los desarrolladores, los tiempos de operarios y ejecutivos en recolección de data y reuniones, entre otros, elimina la posibilidad de considerarla como una posible solución para el proyecto.

e) Método Holt-Winters para predicción de demanda de productos con estacionalidad y tendencia.

Una de las herramientas que puede ser utilizada para pronosticar la demanda de productos, con el fin de mejorar la gestión de estos mismos y evitar tener quiebres de stock, o altos costos de almacenamiento o transporte debido al sobre stock, es un modelo que analiza series temporales llamado método Holt-Winters. Este modelo consiste en analizar series temporales, tomando en cuenta ciertos componentes, los cuales son:

1. Tendencia: la tendencia se refiere a la dirección en la que se mueve una serie temporal en el tiempo, la cual puede ser positiva o negativa. Para considerar la tendencia, el modelo utiliza Alpha y Beta.
2. Estacionalidad: la estacionalidad se refiere a patrones regulares o series repetitivas durante las series temporales, las cuales pueden ser eventos como “CyberDay”, “BlackFriday”, entre otros. Para medir la estacionalidad el modelo utiliza Gamma.
3. Nivel: el nivel se refiere al valor promedio de la serie temporal en un momento específico.

Además, este modelo cuenta con dos tipos de posibilidades de uso dependiendo de la naturaleza de los datos, el modelo aditivo y el multiplicativo, de los cuales dependen las fórmulas y el uso de este. El modelo aditivo se utiliza cuando existe una tendencia y estacionalidad constante durante el tiempo, es decir, que mantienen un crecimiento o decrecimiento firme, y el modelo multiplicativo, se utiliza cuando la variación de las ventas es proporcional al nivel de ventas, es decir, que las ventas aumenten considerablemente debido a variaciones en la demanda u otros factores.

Hoy en día, diferentes empresas utilizan este modelo de pronóstico para predecir las ventas futuras, tales como empresas de la industria energética, tiendas deportivas, empresas de turismo, industria alimenticia, entre otros. CV Munawir Furniture, empresa fabricante de muebles localizada en Indonesia, realizó estudios para determinar qué modelo de predicción es el más adecuado para realizar pronósticos de demanda, y al ser esta una empresa de características lo más parecidas a Rosen, es decir, mismo rubro con productos estacionales, se pueden considerar sus resultados de investigación aptos para Rosen. CV Munawir Furniture, luego de comparar distintos modelos como ARIMA, Holt-Winters, Naive, exponencial simple y doble, llegó a la conclusión, que para este tipo de industria, lo mejor a utilizar es el modelo Holt-Winters, debido a que esta entrega el menor error de entre todos los modelos, es decir, es el más preciso.

Este modelo, podría ser una buena opción a realizar, debido a que no incurre en costos adicionales para la empresa, y solo es necesario tener la data correcta. Sumado a esto, que ayudaría a disminuir los quiebres de stock si se realiza una correcta previsión, y ayudaría a disminuir costos por exceso de almacenaje de productos como de transporte de mercancías.

La solución escogida finalmente, es una mezcla de dos soluciones propuestas en el estado del arte. El método ABC para ordenar y segmentar la mercancía dentro de la bodega, en este caso, se realizará en base a la rotación unitaria de productos, ya que la finalidad es identificar los productos con mayor demanda y flujo dentro de la bodega, puesto que si logramos ordenar este 20%, notaremos un cambio significativo en los tiempos de almacenamiento y salida de productos, y la aplicación del modelo Holt-Winters aditivo, debido a que este se adecua mejor a situaciones en que las ventas aumentan considerablemente y a la tendencia que las ventas de los productos demostraron durante los últimos años, como ocurre para fechas como el “CyberDay” o “BlackFriday”, siendo mejor para captar los patrones estacionales, para una mejor gestión de este 20% de productos más influyentes. Este será desarrollado en un programa de Python. Estas soluciones fueron escogidas tomando en cuenta los siguientes criterios:

1. Tiempos de desarrollo e implementación: al tener un tiempo acotado de tan solo 2 meses, la única solución factible fue la realización del método ABC y la implementación del modelo Holt-Winters.
2. Costos de desarrollo e implementación: esta solución fue escogida debido a que incurre en bajos costos para la empresa, ya que no se necesita adquirir maquinaria ni un software externo.
3. Viabilidad técnica: fue necesario evaluar si la solución era factible, dependiendo de la tecnología o cualquier cosa necesaria para la realización del proyecto.
4. Layout de la bodega: la idea de ordenar las mercancías de la bodega nace debido a que no es posible interferir en el layout físico de la bodega, y las zonas destinadas para cada familia de productos son inamovibles, por lo que la mejor opción sería optimizar el espacio que ya se encuentra designado para la familia de productos en cuestión.
5. Utilización horas hombre operarios: cuantas horas de los operarios de la bodega se necesitarán para la implementación de la solución, ya que no puede intervenir con las operaciones diarias de la bodega.
6. Adecuación con los objetivos: se tomó en cuenta, que la solución tiene que cumplir con los objetivos específicos del proyecto.

7. Facilidad de aprendizaje para los operarios: es la facilidad que los operarios tendrán para adaptarse a la solución y a los cambios que se realizarán en la bodega.
8. Integración con sistemas existentes y futuros: el método ABC, será de gran ayuda y servirá como dato maestro para la futura implementación del software WMS.
9. Tendencia y estacionalidad de las ventas: se tomó en cuenta para definir como analizar la serie de tiempo acorde a las ventas, con el fin de determinar el mejor modelo de predicción a utilizar, en este caso Holt-Winters aditivo.

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Prioridad	Mitigaciones
1.- Cambios inesperados en la demanda	Media	Alto	Alta	Mantener un stock de seguridad capaz de suplir esos cambios de demanda
2.- Problemas del personal respecto a los cambios	Media	Medio	Media	Realizar los cambios mediante comunicación fluida y una capacitación al personal
3.- Errores en modelo predicción Holt-Winters	Media	Alto	Alta	Realizar constantes validaciones y consultar con expertos en el tema
4.- Equivocaciones al implementar el ABC	Baja	Medio	Media	Realizar constantes chequeos y confirmaciones durante la implementación
5.- Problemas con maquinaria para realizar el ABC	Baja	Bajo	Baja	Realizar las mantenciones y chequeos respectivos a tiempo para evitar panas y problemas
6.- Problemas con proveedores	Baja	Alto	Alta	Mantener buena comunicación con proveedores y un stock de seguridad para este tipo de eventos
7.- Baja flexibilidad para modificar plan de producción	Media	Alto	Alta	Coordinación entre planificación y los planes de producción, para realizarlo en base al pronóstico
8.- Problemas con empresa de transporte	Baja	Medio	Media	Contar con algun servicio de transporte alternativo para trasladar mercancías de planta a centro
9.- Incorrecta actualización de ubicaciones en sistema	Baja	Medio	Media	Realizar constante chequeo y confirmación de la data ingresada en sistema
10.- Cambios en los productos de mayor rotación	Baja	Alto	Alta	Realizar constante chequeo de la data de ventas para ir actualizando en modelo ABC

Figura 4: Matriz de riesgo para implementación exitosa, que incluye probabilidad, impacto y prioridad, con sus mitigaciones correspondientes.

6.- Evaluación Económica

Evaluación en escenario neutro							
Ahorros	\$ 1.400.000	2 camiones mensuales					
	\$ 1.750.000	HH de operarios de la bodega					
	\$ 200.000	Uso de maquinaria					
	\$ 200.000						
	3.550.000	Ahorro total					
TASA	0,1		Inversion inicial	\$ -2.740.000			
			periodo 1	\$ 3.550.000			
Costos			periodo 2	\$ 3.550.000			
Sueldo practicante acumulado	\$ 1.040.000		periodo 3	\$ 3.550.000		VAN	\$10.717.293,03
Uso maquinaria	\$ 900.000		periodo 4	\$ 3.550.000		TIR	127%
Uso tecnologia	\$ 100.000		periodo 5	\$ 3.550.000		ROI	30%
Tiempo ejecutivos	\$ 100.000						
Notebook	\$ 400.000						
internet	\$ 50.000						
Tiempo operarios	\$ 150.000						
	\$ 2.740.000	Costo total					

Figura 5: Imagen de los cálculos realizados en Excel para la evaluación económica.

Para realizar la evaluación económica del proyecto, al no tener influencia directa sobre las ventas, se tuvo que hacer estimaciones de los flujos de caja, que en este caso, serían los ahorros que la solución generaría para la empresa. Estos ahorros fueron considerados en un escenario neutro, lo que mediante el modelo de predicción de demanda y el ordenamiento de la bodega, la empresa sería capaz de ahorrar el envío de un promedio de 2 camiones al mes, sumado al ahorro de uso de maquinaria y mejor utilización de horas hombre de hasta un 10%, lo que fue convertido a costo monetario según datos recolectados. En los costos, se realizó lo mismo, se hizo una transformación de tiempo a unidad monetaria, con lo que se logró determinar los costos del desarrollo e implementación de la solución.

Para determinar la tasa de descuento del proyecto, se investigó y se determinó que se utilizará la tasa de interés de referencia del Banco Central de Chile, la que se mantiene en un valor aproximado al 10% durante el año 2023, lo que, equivaldría a un 0.1.

7.- Metodologías

Las etapas requeridas para una implementación exitosa serán las siguientes:

- 1) Luego de realizar el ABC de productos, y determinar cuáles son los productos pertenecientes al 20% de SKU's que generan el 80% de las ventas, lo primero que hay que hacer es establecer una ubicación específica para cada producto, tomando en consideración el layout de la bodega y la rotación de los productos.
- 2) El segundo paso a realizar es el comienzo del ordenamiento de las mercancías dentro de la bodega, mediante conversaciones con los operarios sobre los cambios que se llevarán a cabo, ya que se les explicará el por qué se realizarán estos cambios y los beneficios que esto traerá a las operaciones. Con la ubicación óptima entregada por el método ABC Pareto, se logrará ubicar y mantener identificada la ubicación de los productos más influyentes, optimizando los procesos de picking y almacenamiento de productos.
- 3) El tercer paso es chequear y confirmar que las ubicaciones de los productos más influyentes sean las correctas, para confirmar las ubicaciones en el sistema y así los operarios tengan en tiempo real las ubicaciones de estos productos.
- 4) El cuarto paso es entregar al equipo de planificación el modelo de predicción de demanda, con las debidas explicaciones y capacitaciones sobre el cómo utilizarlo y cómo ir actualizando la base de datos, con la finalidad de poder predecir la demanda para realizar los pedidos de mercancía hacia la planta, con la idea de ir ajustando el plan de producción a la demanda y no seguir trabajando con el sistema de empuje.
- 5) Finalmente, luego de que el proyecto finalice, los ejecutivos de la empresa deben actualizar las bases de datos constantemente, para que el modelo de predicción tenga la data necesaria para funcionar y solo tendrán que ir actualizando el Modelo ABC. Todo esto será realizado mediante las explicaciones y capacitaciones necesarias a los trabajadores que seguirán utilizando la solución.

8.- Medidas de desempeño

Para medir el éxito/desempeño de este proyecto, se han definido los siguientes KPI's:

1.- Tiempos de picking de productos: este KPI medirá el tiempo de recolección de los pedidos durante una ola de picking, antes y después de implementar el sistema de inventario eficiente, con el fin de determinar el cómo ordenar los productos ayuda a realizar un picking ordenado y más eficiente.



Figura 6: Gráfico que muestra la disminución en el tiempo del KPI que mide los tiempos de las olas de picking, logrando disminuir el promedio anterior que se encontraba por sobre las 4 horas, a un promedio de 03:27 horas, mostrando una mejoría de un 21% aproximadamente.

2.- Tiempos de entrega al cliente final: este KPI medirá el tiempo por pedido desde que se genera hasta que es entregado en el domicilio ingresado por el cliente final, antes y después del proyecto, con el fin de determinar si una correcta ubicación de mercancías disminuye los tiempos de entrega al cliente final.

45:09 horas ➡ 45 horas

Figura 7: Esta figura muestra la medición de los tiempos de entrega final a los clientes, tiempo que se mide desde que se genera la venta hasta que se entrega al cliente final.

3.- Ubicación correcta de mercancías: este KPI medirá la ubicación correcta de mercancías, antes y después del proyecto, con el fin de determinar en cuanto se logró disminuir la dispersión de mercancías dentro de la bodega y para comparar el cómo cambió el orden de esta misma.

30% ➡ 100%

Figura 8: Esta figura muestra la medición de las unidades dentro de la bodega en correcta ubicación, según el ABC de inventario.

4.- Utilización del espacio designado por familia: este KPI medirá la utilización total designada para cada familia, antes y después del proyecto, con el fin de determinar si ordenar de manera eficiente una bodega libera espacio mal utilizado.

42% ➡ 52%

Figura 9: Esta figura muestra la medición de la ocupación total del espacio designado para la familia de muebles terraza, que aumentó en un 10%.

5.- Stock obsoleto: este KPI medirá el stock obsoleto dentro de la bodega, antes y después del proyecto, con el fin de determinar si una correcta ubicación ayuda en la identificación de productos sin rotación, para darle salida mediante los canales adecuados.

2.7% ➡ 2.7%

Figura 10: Esta figura muestra la medición del stock obsoleto dentro de la bodega, lo que no fue posible cambiar debido a diversas problemáticas que serán explicadas en la sección de desarrollo y de resultados.

9.- Desarrollo del proyecto

Analizando el avance de la implementación de la solución, se puede decir que se logró ordenar el 100% de los productos más influyentes de la familia de muebles y terraza, lo que se pudo realizar mediante el apoyo constante de Frederick Piña y el supervisor directo, Pedro Rojas. Este proceso tomó más tiempo del esperado, debido a que la empresa sufrió distintos problemas o situaciones que imposibilitaron la implementación, situaciones como los “CyberDay” en octubre, realizado los días 2, 3 y 4 de este año, lo que continuó con despachos durante las próximas 2 semanas, o “BlackFriday” en noviembre, que corresponden a épocas de ofertas de productos en los cuales las ventas aumentan considerablemente, imposibilitando la opción de tomar tiempo de operarios en ordenar mercancías. Otro problema significativo que sufrió la empresa fue la caída de sus servidores proporcionados por GTD, lo que entorpeció enormemente las operaciones de todos los procesos, teniendo que realizar todo de manera manual, lo que nuevamente atrasó el proyecto respecto a la planificación inicial. Todos estos problemas fueron superados mediante la utilización de este tiempo para seguir reuniendo información clave y mantener conversaciones tanto con operarios de bodega como ejecutivos, para ir mejorando la solución y optimizando su implementación futura, debido a que se encontraba fuera de plazo, con lo que se logró definir y desarrollar de buena manera tanto el modelo ABC como el Holt-Winters, sumándole a esto su constante actualización con la data obtenida de los periodos que fueron pasando.

Carta Gantt	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Obtención de la data correcta para el análisis del problema y del proyecto.	28/08-31/08				
Analizar la data y realizar la selección de métricas y de solución a implementar.		01/09-31/09			
Aprobación de la solución, junto a su evaluación tanto económica como social.			01/10-10/10		
Implementación de la solución.			11/10-05/11		
Medición de resultados.				05/11-01/12	

Figura 11: Imagen que muestra la planificación original, entregada en el informe de presentación 1.

Esta imagen muestra cuál fue nuestra planificación inicial, con la que se había estimado iniciar con la implementación en la segunda semana del mes de octubre, lo que era bastante optimista, con lo que se logró determinar de que siempre es necesario realizar una planificación inicial con plazos exagerados y no tan ajustada, ya que los problemas o desafíos que se van encontrando a lo largo del proyecto pueden cambiar totalmente estos plazos establecidos inicialmente.

Luego, hablando sobre la implementación y desarrollo del código del modelo Holt-Winters aditivo en Python, se logró desarrollar el código en su totalidad, y se determinó con el área de planificación un aprovisionamiento de mercancías acorde a los resultados que entregó el modelo, con lo que se disminuyeron costos de transporte de mercancías desde la planta hacia el centro de distribución, pero no se logró utilizar el modelo para ajustar el plan de producción de la empresa, ya que esta área de la empresa está localizada en Temuco y se encuentra fuera de los alcances como pasante.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
# Cargar los datos desde el archivo CSV
datos = pd.read_csv('Datos.csv', index_col='Date', parse_dates=True)
# Realizamos la descomposición estacional
decompose_result = seasonal_decompose(datos["Sales"], model="additive")
fig, (ax1, ax2, ax3, ax4) = plt.subplots(4, 1, figsize=(12, 10))
decompose_result.observed.plot(ax=ax1, title='Observaciones')
decompose_result.trend.plot(ax=ax2, title='Trend')
decompose_result.seasonal.plot(ax=ax3, title='Seasonal')
decompose_result.resid.plot(ax=ax4, title='Residual')
plt.tight_layout()
# Normalizar los datos
scaler = MinMaxScaler()
datos["Sales_normalized"] = scaler.fit_transform(datos[["Sales"]])
# Establecer la frecuencia con la que ingresamos la data, mensual en este caso
datos.index.freq = "MS"
# Realizar el modelo Holt-Winters aditivo con todos los datos
fitted_model_add = ExponentialSmoothing(datos["Sales_normalized"], trend="add", seasonal="add", seasonal_periods=12).fit()
# Pronosticar los próximos 12 meses
pronostico12add = fitted_model_add.forecast(steps=12)
# Desnormalizar las predicciones
pronostico12add_desnormalizado = scaler.inverse_transform(pronostico12add.values.reshape(-1, 1)).flatten()
pronostico_df = pd.DataFrame({
    'Fecha': pronostico12add.index,
    'Pronostico_aditivo': pronostico12add_desnormalizado
})
# Calcular MAE y MSE (para el conjunto de entrenamiento)
train_predictions_add = scaler.inverse_transform(fitted_model_add.fittedvalues.values.reshape(-1, 1)).flatten()
mae_add = mean_absolute_error(datos['Sales'], train_predictions_add)
mse_add = mean_squared_error(datos['Sales'], train_predictions_add)
# Graficar los resultados
fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 8))
ax.plot(datos.index, datos["Sales"], label="Ventas históricas", marker='o')
ax.plot(pronostico12add.index, pronostico12add_desnormalizado, label="Pronostico aditivo", linestyle='--', marker='o')
ax.legend()
ax.set_title("Comparación datos históricos y pronósticos")
# Mostrar las métricas de error
print(f"MAE aditivo: {mae_add:.2f}")
print(f"MSE aditivo: {mse_add:.2f}")
# Muestra las predicciones futuras
print("\nPronósticos futuros (Aditivo):")
print(pronostico_df.to_string(index=False))
plt.show()
```

Figura 12: Código realizado en Python sobre el modelo Holt-Winters aditivo.

10.- Resultados cualitativos y cuantitativos

Revisando los resultados del proyecto, se puede determinar que se logró nuestro objetivo general, que consiste en ordenar y mejorar la gestión del 20% de productos más influyentes determinado por el modelo ABC, con lo que se pudo mejorar la productividad de los procesos de bodegaje en un 21% aproximadamente, en específico, el KPI de tiempo de picking por familia. Luego, si se habla sobre los objetivos específicos, se logra solucionar la dispersión de mercancías de los productos más influyentes, resultado que nos entrega el KPI de ubicaciones correctas, que aumentó de un 30% a un 100%.

Luego, sobre la ocupación total del espacio designado para la familia de muebles y terraza, se observó un aumento del 10% de ocupación total, lo que se debe a la llegada de muebles estacionales de verano, productos de procedencia extranjera que fueron solicitados con 3 meses de anticipación.

Ahora revisando los KPI's en los que no se logró generar un cambio significativo, dentro de los cuales se encuentran el de tiempo de entrega a clientes finales y la disminución de stock obsoleto, esto es debido a que las salidas de los camiones dependen no solo de la familia de muebles y terraza, que fue la única familia a la que se le aplicó la solución por temas de plazo y envergadura, si no que, de toda la bodega. Finalmente, respecto al stock obsoleto, no se logró disminuir debido a todos los problemas mencionados anteriormente que entorpecieron las actividades.

Hablando sobre resultados cualitativos, se concluye que el ambiente de los operarios de muebles y terraza mejoró significativamente, debido a que utilizan mejor su tiempo y evitan fuerzas innecesarias o apuros por pérdidas de tiempos, mejorando el ambiente laboral considerablemente.

Un ejemplo, de lo que el código de Python del modelo Holt-Winters entrega, es el siguiente:

MAE aditivo: 560.09
MSE aditivo: 506738.73

Pronósticos futuros (Aditivo):

Fecha	Pronostico_aditivo
2023-12-01	3472.187446
2024-01-01	2896.499294
2024-02-01	2866.422172
2024-03-01	3306.267747
2024-04-01	3153.895267
2024-05-01	3453.755163
2024-06-01	3901.501895
2024-07-01	2905.024331
2024-08-01	3332.117518
2024-09-01	2929.865386
2024-10-01	4083.134730
2024-11-01	3552.329796

Figura 13: Imagen que muestra las predicciones del modelo Holt-Winters aditivo en unidades para los próximos 12 periodos, calculando el MAE y MSE correspondiente.

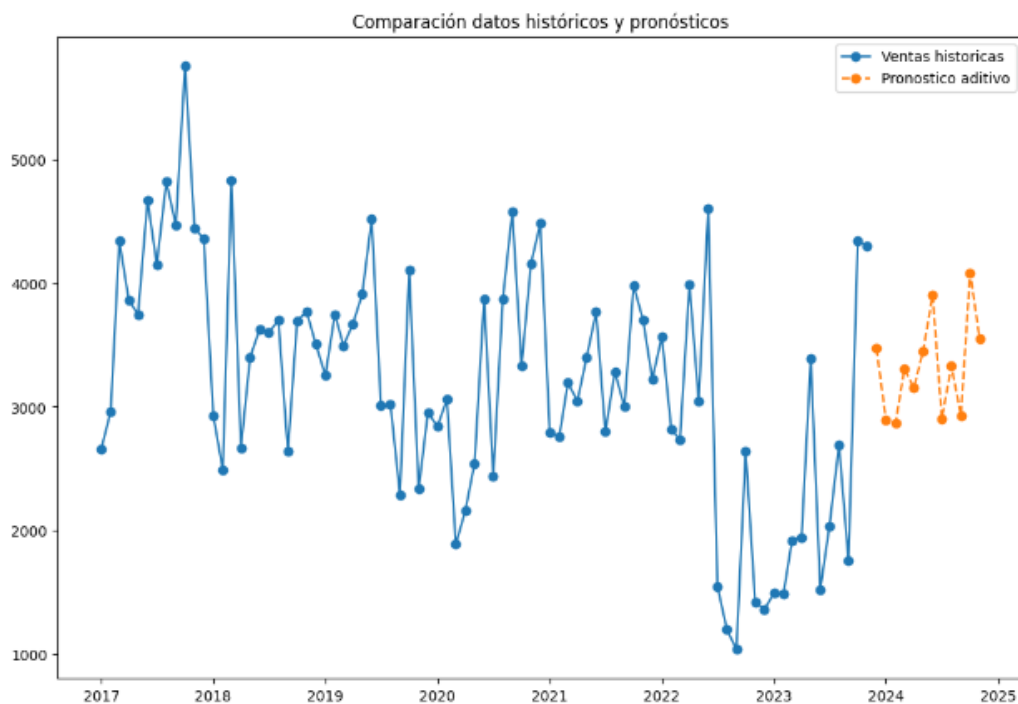


Figura 14: Este gráfico, que es lo último que entrega el código, es una serie de tiempo sobre las ventas históricas del producto en cuestión, a lo que se le suman los pronósticos que entrega el modelo, entregando una manera visual de los resultados.

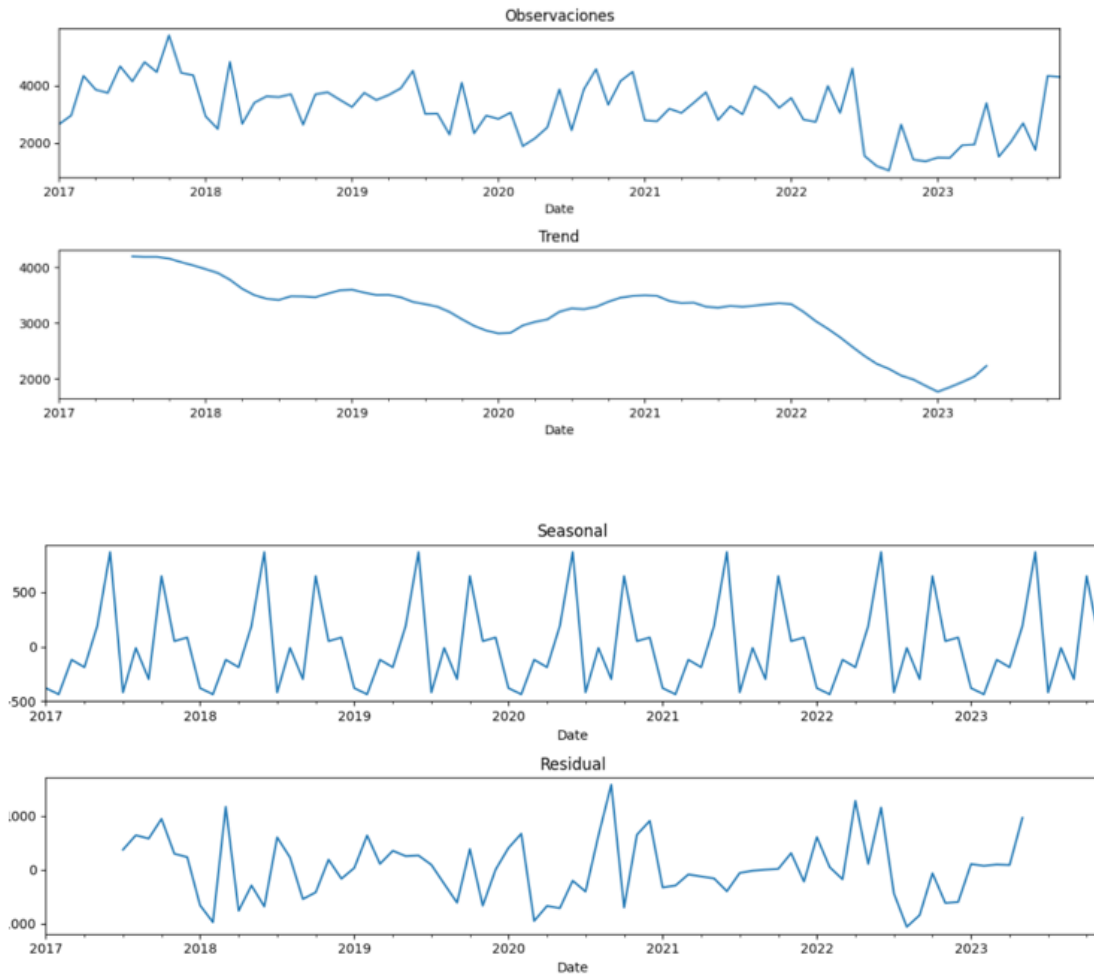


Figura 15: Esta imagen entrega primero un gráfico sobre las ventas históricas del producto en cuestión, luego la tendencia observada, que en este caso fue negativa, siguiendo con la estacionalidad que presentan las ventas, y finalmente el valor residual o ruido.

11.- Conclusiones y discusión

Finalmente, comentando sobre los resultados obtenidos hasta la fecha, se puede decir que se superó con creces el aumento de productividad esperada en los procesos de bodegaje, mejorando en un 21%, lo que significa una disminución de las olas de picking en 30 minutos diarios. Es mediante estos resultados, que se concluye que, si en un futuro la empresa ordena las otras familias mediante el método ABC, se podrían observar cambios significativos en sus tiempos de entregas a clientes finales, siendo más eficaces y rápidos al momento de entregar los productos. Luego, analizando el stock obsoleto, se entregó a la empresa la identificación de estos productos, junto a su ubicación dentro de la bodega, con el fin de que en un futuro puedan darles salida del centro de distribución optimizando el espacio determinado, algo que no fue posible a realizar debido a los problemas mencionados anteriormente.

Por otro lado, los resultados que entregó el modelo de predicción de demanda fueron precisos, y con un error máximo de 560 unidades, que en este caso, no es un valor alto, debido a la gran entrada de mercancías de este producto, que en los últimos meses, es de 700 unidades a la semana aproximadamente, por lo que, en caso de requerir ajustar la solicitud de stock a la planta, puede corregirse en menos de una semana dando margen de sobra.

Dentro de este proyecto, existe la posibilidad de ampliar sus alcances, determinando el plan de producción de la empresa mediante lo entregado por el modelo de predicción de demanda, con lo que la empresa solo produciría lo que se solicita, evitando la generación de sobre o quiebres de stock en sus centros de distribución, ahorrando tanto en materias primas como en costos de transporte, convirtiendo su cadena de suministro en “pull” y no en “push”, es decir, la demanda dicta lo que se produce, a diferencia de hoy, que lo que se produce dicta lo máximo que se vende.

Finalmente, reflexionando sobre el impacto ético, social, al medio ambiente o comunidades relevantes al proyecto, se concluye que el proyecto se encuentra ética y socialmente cubierto, ya que las soluciones son para mejorar la manera en que los trabajadores realizan su trabajo, sin interrumpirlos, sirviendo como herramienta de apoyo para mejorar su día a día facilitándoles la manera de cumplir con su carga laboral. Respecto al medio ambiente o comunidades, el proyecto

no genera impacto alguno, únicamente podría hacerlo si la empresa desea implementar el modelo de predicción para ajustar su plan de producción, con lo que al generar solo lo que se necesita, disminuiría su contaminación al medio ambiente.

12.- Referencias

- 1.- Romero, C, & Sandoval, J. (2023). *Implementación de la metodología ABC para incrementar la productividad en el almacén de Supermercado Lima, 2023.*
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/127724/Romero_RCASandoval_AJF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 2.- IKEA. (27 de mayo de 2021). *Using AI for smarter demand forecasting.*
<https://www.ikea.com/global/en/stories/design/using-artificial-intelligence-for-smarter-demand-forecasting-210527/>
- 3.- Mecalux. (s. f.). *IKEA Components automatiza su bodega de Malacky sin interrumpir las operativas.*
<https://www.mecalux.es/casos-practicos/ikea-components-eslovaquia-automatizacion>
- 4.- Betancourt, D. (22 febrero de 2022). *Análisis ABC PASO a PASO para clasificar inventarios. Ingenio Empresa.*
<https://www.ingenioempresa.com/analisis-abc/>
- 5.- SAP. (s. f). *¿Qué es un sistema de gestión de almacenes (WMS)?*
<https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html#:~:text=Un%20WMS%2C%20o%20sistema%20de,el%20momento%20en%20que%20sale%20n>
- 6.- Mishbah, L. (7 de Agosto de 2019). *THE IMPLEMENTATION OF DEMAND FORECASTING AND AGGREGATE PLANNING IN SMALL MEDIUM ENTERPRISES OF FURNITURE PRODUCTS IN JEPARA CITY, CENTRAL JAVA PROVINCE, INDONESIA.*
<https://core.ac.uk/reader/324148530>
- 7.- Banco Central de Chile. (s.f). *Tasa de interés.*
<https://www.bcentral.cl/inicio>

13.- Anexos

2	SKU	DESCRIPCION	jul	ago	sept	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	SUMA	PROM VENTAS	% PARTC	%ACUM	STOCK EN AGOSTO	STOCK OCT	INV NUEV	STOCK TABLA	UBICACIONES
3	13013199	VELADOR FERRARA	65	72	123	156	1426	1364	1495	1488	1922	1944	3390	1524	2041	17010	1308	19,01%	19,01%	1330	582	818		1829
4	13013197	RESPALDO FERRARA 2 PLAZAS	33	34	84	67	741	536	657	575	833	854	1637	712	907	7670	590	8,57%	27,58%	524	430	432		632
5	13015531	VELADOR ISSEY GRAFITO	97	104	69	145	716	396	493	540	683	675	1133	438	519	6008	462	6,71%	34,30%	403	71	202		392
6	13019613	VELADOR TABOR GRAFITO	60	64	28	81	682	640	701	533	805	752	783	352	466	5947	457	6,65%	40,94%	203	361	351		326
7	13011262	VELADOR TABOR	29	31	54	28	494	567	717	538	618	329	629	344	257	4635	357	5,18%	46,12%	179	276	238		624
8	13019611	RESPALDO TABOR GRAFITO 1 1/2 PL	50	54	20	64	356	299	323	307	380	481	428	216	216	3194	246	3,57%	49,69%	166	156	144		201
9	13011261	RESPALDO TABOR 1 1/2 PL	35	30	10	27	259	291	418	387	491	236	505	243	218	3150	242	3,52%	53,21%	88	327	288		519
10	13013196	RESPALDO FERRARA 1 1/2 PLAZA	8	33	18	35	281	281	238	170	258	254	455	197	266	2494	192	2,79%	56,00%	196	308	316		265
11	13019612	RESPALDO TABOR GRAFITO 2 PL	36	42	22	29	467	230	281	204	379	201	245	103	169	2408	185	2,69%	58,69%	144	166	349		72
12	13020757	VELADOR FERRARA CHOCOLATE	0	0	0	0	0	0	19	74	298	355	516	257	301	1820	140	2,03%	60,73%	394	354	403		396
13	13019608	VELADOR DOLCE	44	39	25	60	139	191	179	139	201	181	226	172	176	1772	136	1,98%	62,71%	0	414	302		544
14	13006839	VELADOR VENETO DERECHO	16	16	17	17	154	540	142	109	161	123	193	110	64	1662	128	1,86%	64,57%	166	116	109		128
15	13013198	RESPALDO FERRARA KING	7	6	5	12	109	142	102	144	158	132	264	104	130	1315	101	1,47%	66,04%	64	39	78		123
16	13018513	VELADOR SICIJA	20	40	21	45	145	101	81	95	129	124	127	51	106	1085	83	1,21%	67,25%	106	136	113		151
17	13020759	RESPALDO RACHEL 2PL CHOCOLATE	0	0	0	0	0	0	10	42	178	135	326	139	165	995	77	1,11%	68,36%	201	276	216		184
18	13011260	RESPALDO TABOR 2 PL	15	13	7	10	142	145	179	96	78	68	89	65	30	937	72	1,05%	69,41%	93	152	147		132
19	13020775	SACO ARENA 25 KG	0	19	40	241	169	143	241	25	25	10	5	0	10	928	71	1,04%	70,44%	427	268	258		0
20	13016661	VELADOR VENETO IZQUIERDO	8	7	10	17	126	70	115	83	101	92	139	74	47	889	68	0,99%	71,44%	154	82	72		110
21	13018535	VELADOR ANNA	14	26	178	17	73	39	45	71	96	98	132	85	45	919	71	1,03%	72,46%	154	50	50		96
22	13006837	RESPALDO VENETO 2PL	10	3	6	11	108	52	90	92	110	85	154	77	68	866	67	0,97%	73,43%	62	36	30		40
23	13006836	RESPALDO VENETO 1 1/2 PL	7	9	12	2	46	474	41	38	76	32	48	46	28	859	66	0,96%	74,39%	85	36	37		18
24	13020758	RESPALDO RACHEL 1 1/2 PL CHOCOLATE	0	0	0	0	0	0	22	51	134	164	186	106	147	810	62	0,91%	75,30%	209	271	235		89
25	13015829	VELADOR BRERA 52CM	28	11	10	18	68	113	75	75	102	75	112	72	59	818	63	0,91%	76,21%	35	107	100		94
26	13019022	VELADOR ROBIN TOSTADO	6	32	14	19	119	69	32	85	128	54	111	56	51	776	60	0,87%	77,08%	92	49	47		120
27	13018520	VELADOR CHARLES	36	40	22	35	67	47	59	50	79	62	134	43	76	750	58	0,84%	77,92%	7	0	0		14
28	13013952	VELADOR ISSEY VISON	11	22	8	12	61	27	63	62	79	57	97	51	55	605	47	0,68%	78,59%	130	64	54		59
29	13020412	VELADOR ROBIN CHOCOLATE	10	7	11	14	76	84	51	60	49	60	95	42	41	600	46	0,67%	79,26%	73	68	62		135
30	13019606	RESPALDO DOLCE 2PL	14	8	6	16	36	53	52	44	64	45	77	54	44	513	39	0,57%	79,84%	30	245	208		251

Anexo 1: Imagen del modelo ABC de Pareto, de la familia de muebles y terraza, con lo que se logró identificar los productos más influyentes.