

# PROYECTO DE PASANTÍA

---

*Desarrollo e implementación de un sistema  
de reposición de inventario con base en  
pronósticos de demanda para Sportvibes*

---

*Diego Eduardo Espinoza Durán*

Proyecto de Pasantía Ingeniería Civil Industrial  
Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez.  
Segundo Semestre 2023.

Profesor Guía:  
*Raimundo Sánchez*

Santiago, Chile  
2023

## Resumen Ejecutivo

El presente proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema avanzado de gestión de inventario y pronóstico de demanda para la empresa Sportvibes dedicada a la comercialización e importación de artículos deportivos, tiene como objetivo fundamental aumentar los ingresos de la empresa. Este aumento se busca lograr a través de una serie de etapas estratégicamente diseñadas, comenzando con la meticulosa recopilación y procesamiento de datos de ventas e inventario obtenidos mediante la API de Bsale.

Los datos acumulados durante los últimos 12 meses son analizados utilizando herramientas de Python como Streamlit y Plotly, facilitando así la visualización y el análisis. La implementación de modelos predictivos como la media móvil, suavizado exponencial y ARMA, tiene el propósito de optimizar la precisión en las predicciones de demanda. Este enfoque se refuerza con la evaluación del rendimiento de los modelos a través de indicadores como el Error Cuadrático Medio (MSE) y el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ).

Además de mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios, el proyecto incluye el desarrollo de una interfaz de usuario interactiva y programas de capacitación para asegurar un uso eficiente del sistema por parte de los empleados. Las pruebas del sistema y la retroalimentación del personal son fundamentales para realizar ajustes y mejoras. Paralelamente, se elabora una documentación detallada y se establece un protocolo de soporte y seguimiento continuo.

Con este proyecto, se espera no solo mejorar los procesos internos y la precisión en la gestión de inventarios, sino también impulsar un incremento en los ingresos de la empresa. La implementación de esta solución tecnológica está orientada a responder a las dinámicas del mercado y a las necesidades operativas de la compañía, marcando un avance significativo en su evolución tecnológica y capacidad competitiva.

## Abstract

This project focuses on developing an advanced inventory management and demand forecasting system for Sportvibes, a company specializing in the marketing and importation of sports equipment, with the primary goal of increasing company revenue. This enhancement is pursued through a series of strategically designed stages, beginning with the meticulous collection and processing of sales and inventory data obtained through the Bsale API.

The data accumulated over the last 12 months is analyzed using Python tools like Streamlit and Plotly, thus facilitating visualization and analysis. The implementation of predictive models such as moving average, exponential smoothing, and ARMA aims to optimize the accuracy of demand predictions. This approach is reinforced by evaluating the performance of the models using indicators such as Mean Squared Error (MSE) and the Coefficient of Determination ( $R^2$ ).

In addition to improving inventory management efficiency, the project includes the development of an interactive user interface and training programs to ensure efficient system use by employees. System testing and employee feedback are essential for making adjustments and improvements. Concurrently, detailed documentation is developed, and a continuous support and monitoring protocol is established.

With this project, the aim is not only to improve internal processes and accuracy in inventory management but also to drive an increase in company revenue. The implementation of this technological solution is geared towards responding to market dynamics and the operational needs of the company, marking a significant advancement in its technological evolution and competitive capability.

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Contexto.....</b>                               | <b>5</b>  |
| 1.1. Contexto general de la empresa.....              | 5         |
| 1.2. Contexto Área de Logística y Abastecimiento..... | 8         |
| 1.3. Contexto del problema.....                       | 11        |
| <b>2. Objetivos.....</b>                              | <b>14</b> |
| 2.1. Objetivo General.....                            | 14        |
| 2.2. Objetivos Específicos.....                       | 14        |
| 2.3. Medidas de Desempeño.....                        | 15        |
| <b>3. Estado del Arte.....</b>                        | <b>15</b> |
| <b>4. Alternativas de Solución.....</b>               | <b>18</b> |
| <b>5. Desarrollo de Solución.....</b>                 | <b>20</b> |
| 5.1. Metodología.....                                 | 23        |
| 5.1.1. Métodos de pronóstico.....                     | 23        |
| 5.1.1.1. Media Móvil Simple.....                      | 24        |
| 5.1.1.2. Suavizado Exponencial.....                   | 24        |
| 5.1.1.2.1. Suavizado Exponencial Simple.....          | 25        |
| 5.1.1.2.2. Suavizado Exponencial Doble.....           | 25        |
| 5.1.1.2.3. Suavizado Exponencial Triple.....          | 25        |
| 5.1.1.3. Modelo ARMA.....                             | 26        |
| 5.1.2. Selección método de pronóstico.....            | 27        |
| 5.1.3. Desarrollo método de pronóstico.....           | 27        |
| 5.1.4. Visualización de datos.....                    | 29        |
| 5.2. Plan de implementación.....                      | 30        |
| 5.3. Análisis de Riesgo.....                          | 31        |
| 5.4. Evaluación económica.....                        | 32        |
| <b>6. Resultados.....</b>                             | <b>33</b> |
| 6.1. Resultados del desarrollo de la solución.....    | 33        |
| 6.2. Evaluación de métricas de desempeño.....         | 37        |
| <b>7. Conclusiones.....</b>                           | <b>40</b> |
| <b>8. Bibliografía.....</b>                           | <b>42</b> |

## **1. Contexto.**

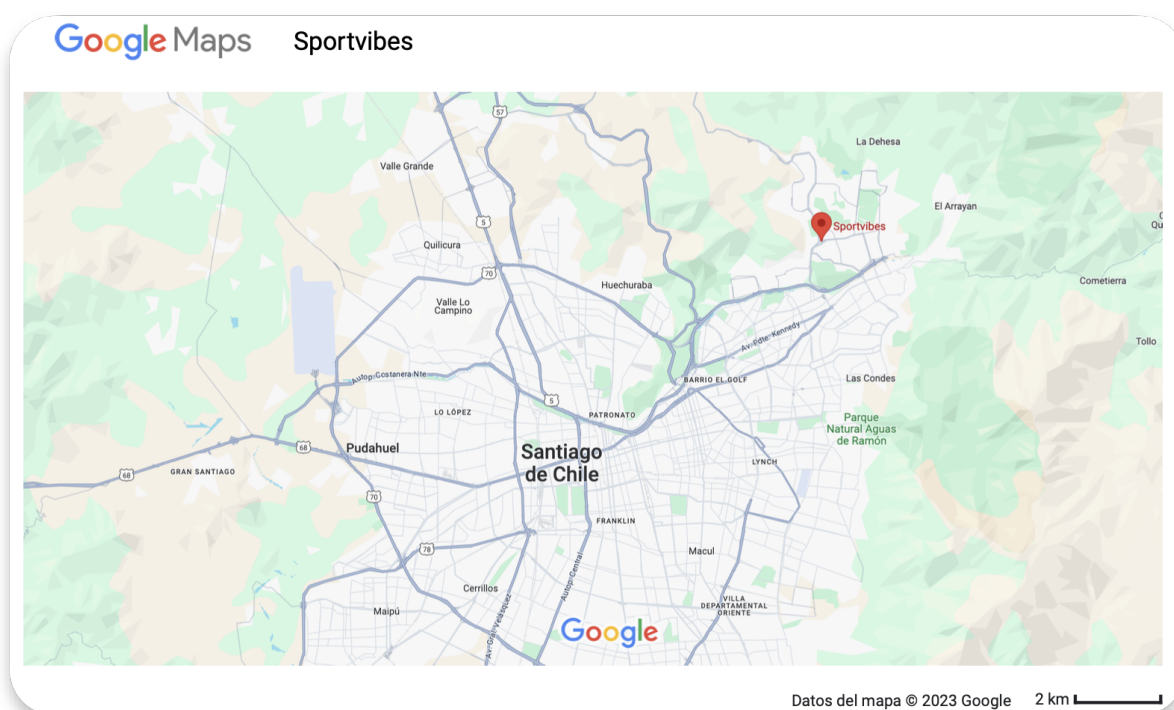
En la sección que se aborda a continuación, se describirán las características principales de la empresa Sportvibes (SV), destacando su posición estratégica en el sector de la importación, comercialización y distribución de artículos y equipamiento deportivo. Este segmento del informe examina no solo la estructura organizativa y la orientación comercial de la empresa, sino también identifica y analiza sus áreas de mejora y oportunidades dentro del contexto de mercado actual. Además, se especificará el área en la que el proyecto fue llevado a cabo, proporcionando un contexto completo para comprender el alcance y los objetivos del proyecto. Este análisis detallado constituye una base esencial para entender la importancia y el impacto del proyecto. Por temas de privacidad de la empresa todos los valores monetarios fueron alterados por un factor  $\lambda$  confidencial.

### **1.1. Contexto general de la empresa.**

Sportvibes (SV), establecida en el año 2016, con sede en Santiago de Chile, se ha destacado en el mercado chileno como una empresa especializada en la importación, comercialización y distribución de artículos y equipamiento deportivo orientado a actividades al aire libre. Esta empresa es reconocida por ser la representante exclusiva de una diversidad de marcas internacionales prestigiosas. Entre su variado portafolio, se encuentran marcas de renombre mundial como Devinci Cycles, Forbidden Bikes, Magura, Praxis Works, SDG Components, Industry Nine, Kenda Tire, Absolute Black, Dumonde Tech y Pillar Spokes, entre otras.

A lo largo de su trayectoria, Sportvibes ha logrado establecer una red de distribución amplia en todo el territorio chileno, logrando así distribuir desde Arica hasta Punta Arenas. Esta expansión se ha basado en la implementación de dos canales de ventas fundamentales. Por un lado, el canal Business to Consumer (B2C), dirigido a consumidores finales, opera a través de su plataforma en línea [www.sportvibes.cl](http://www.sportvibes.cl). Por otro lado, el canal Business to Business (B2B), orientado a las relaciones comerciales entre empresas, gestiona sus operaciones a través del sitio web [www.b2bsportvibes.cl](http://www.b2bsportvibes.cl) y de la aplicación móvil "Sportvibes B2B", disponible en App Store y Google Play. Este canal B2B es crucial para Sportvibes, ya que a través de él, la empresa ha forjado sólidas relaciones comerciales con más de 232 minoristas en Chile.

En su compromiso de ir más allá de las meras transacciones en línea, Sportvibes ha establecido un showroom en la comuna de Lo Barnechea, con la intención de fortalecer la conexión directa con sus clientes. Como se ilustra en el mapa adjunto Figura 1.1, este espacio no solamente ofrece una oportunidad única para la interacción cara a cara, sino que también es un reflejo vivo de la visión y misión de la empresa. Añadiendo valor a su propuesta, la bodega principal de Sportvibes se encuentra en el mismo lugar, una decisión estratégica que facilita la disponibilidad inmediata de productos y una gestión logística eficiente. Esta cercanía entre el showroom y la bodega permite a Sportvibes responder de manera ágil a las necesidades de sus clientes, asegurando que los productos estén listos para su entrega de forma rápida y eficaz tras su adquisición.



*Figura 1.1.1 Representación geográfica del showroom y bodega de Sportvibes ubicada en Camino Los Trapenses 2140, Lo Barnechea, Santiago, Chile. (Elaboración personal con datos de [Google Maps](https://www.google.com/maps).)*

En términos de ventas netas de la empresa, si se analizan los últimos 20 meses, es decir, desde el 1 de enero de 2022 al 31 de agosto del 2023, mostrados en formato tabla en la Figura 1.2 o de forma gráfica en la Figura 1.3, es posible concluir que el valor promedio de las ventas netas por mes de la empresa corresponde a \$582.514.856 .

| Mes - Año | Ventas Netas  |
|-----------|---------------|
| ene-22    | \$595.786.728 |
| feb-22    | \$908.637.779 |
| mar-22    | \$803.307.866 |
| abr-22    | \$504.223.602 |
| may-22    | \$619.327.731 |
| jun-22    | \$392.405.861 |
| jul-22    | \$422.063.728 |
| ago-22    | \$467.407.877 |
| sept-22   | \$653.763.365 |
| oct-22    | \$491.020.648 |
| nov-22    | \$542.842.074 |
| dic-22    | \$697.404.830 |
| ene-23    | \$647.216.738 |
| feb-23    | \$462.882.838 |
| mar-23    | \$624.438.895 |
| abr-23    | \$483.305.664 |
| may-23    | \$597.805.672 |
| jun-23    | \$590.699.529 |
| jul-23    | \$505.076.250 |
| ago-23    | \$640.679.438 |

*Figura 1.1.2 Tabla con valores de ventas netas de los últimos 20 meses. Los meses de febrero y marzo de 2022 son los meses con mayores ventas y junio del mismo año ha sido el mes con menor venta (Elaboración personal con datos obtenidos desde la plataforma Bsale).*

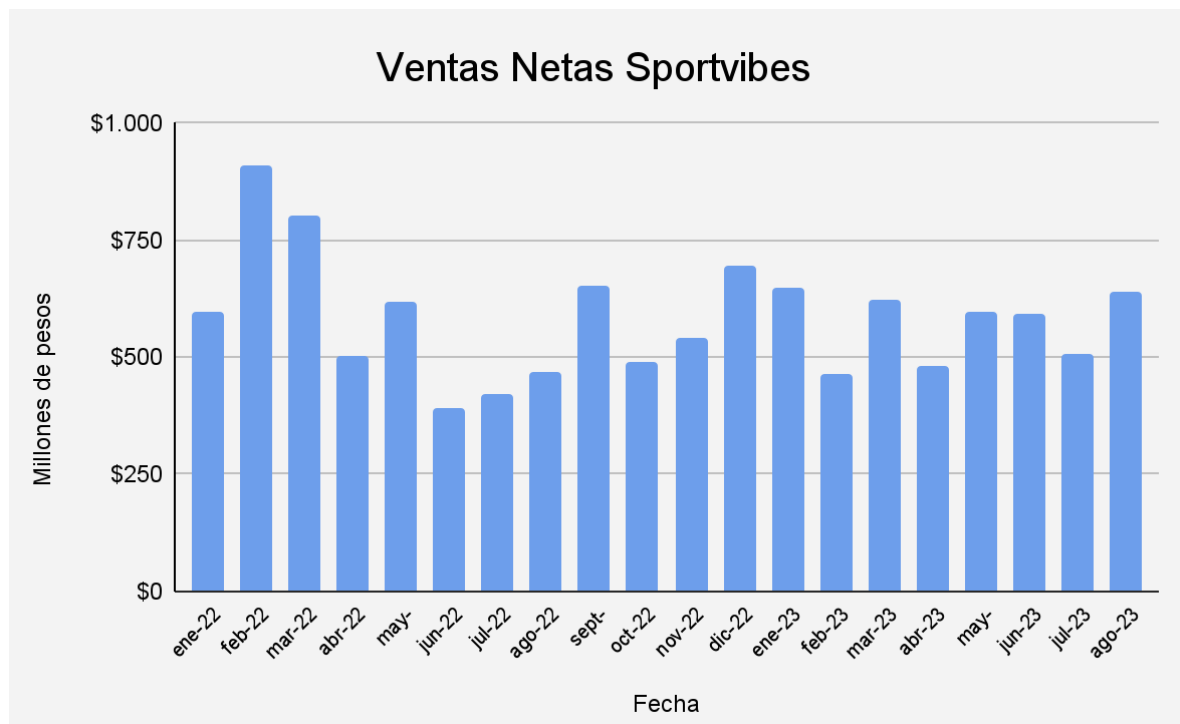


Figura 1.1.3 Tabla con valores de ventas netas de los últimos 20 meses. El eje vertical corresponde a millones de pesos y en eje horizontal corresponde a fecha en periodo de meses (Elaboración personal).

Analizando el gráfico es posible apreciar que el mes con mayor venta fue en febrero del 2022, desde esa fecha se tiene una tendencia a la baja hasta llegar a junio del mismo año que corresponde al mes con menor ventas del periodo analizado. Posterior a eso se tiende al alza pero no logró recuperarse y llegar a valores como los de febrero del 2022.

## 1.2. Contexto Área de Logística y Abastecimiento.

A nivel general, el área de Logística y Abastecimiento es reconocida como un componente esencial en la gestión operativa de cualquier empresa. Esta área es responsable de coordinar eficientemente todas las actividades relacionadas con el flujo de bienes y materiales, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados a los clientes. Su función engloba la planificación del abastecimiento, la gestión de inventarios, y la optimización del transporte y distribución. La eficiencia de esta área no solo impacta la rentabilidad y eficiencia de una organización, sino que también juega un papel crucial en la satisfacción del cliente y la sustentabilidad operativa.



En el caso específico de una empresa importadora y comercializadora de artículos y equipamiento deportivo, el área de Logística y Abastecimiento adquiere particularidades únicas. Esta empresa debe asegurarse de que los productos importados cumplan con las regulaciones y estándares locales e internacionales, lo que requiere una gestión meticulosa de la cadena de suministro y relaciones sólidas con proveedores internacionales.

A modo de ejemplo, en el caso que se importen alimentos para deportistas, estos productos deben cumplir con los requisitos sanitarios exigidos por el Ministerio de Salud.

Una comunicación fluida y detallada con los proveedores es esencial para la coordinación efectiva de órdenes de compra y el manejo de garantías de productos. Al realizar una orden, se debe especificar minuciosamente los productos y cantidades. La confirmación del proveedor es un paso crítico, donde se pueden discutir ajustes, tales como cambios en cantidades disponibles o posibles descuentos por volumen, como un porcentaje de descuento para compras superiores a 200 unidades en productos específicos. Tras la confirmación del pedido, se planifica la logística de envío. Dependiendo de la estrategia operativa, los productos pueden ser enviados a una bodega para su almacenamiento temporal y acopio, o directamente a Chile si la cadena logística lo permite.

Al arribar los productos a Chile, se inicia el procedimiento de trámites aduaneros para la internación de la carga al país. Este proceso implica el pago de los impuestos correspondientes y la declaración detallada de los productos. Una vez completados estos trámites, la carga se transporta a la bodega de la empresa. En esta etapa se efectúa el almacenamiento de los productos, preparándolos para su posterior distribución a nivel nacional.

Sportvibes actúa como el representante oficial en Chile para el 90% de las marcas que ofrece. Esta posición clave le permite establecer relaciones directas con proveedores internacionales, facilitando la negociación de acuerdos comerciales ventajosos y obteniendo beneficios exclusivos relacionados con el volumen de sus compras.

Sportvibes, en su rol de representante oficial en Chile para el 90% de las marcas que gestiona, ha fortalecido su relación con proveedores internacionales. Esta sólida conexión ha sido fundamental para asegurar acuerdos comerciales beneficiosos y ventajas por compras en gran volumen. Un aspecto destacado de esta relación es la capacidad de Sportvibes para agilizar los envíos. Gracias a su estrecha colaboración con los proveedores, los tiempos de entrega de productos desde Estados Unidos a Chile se han reducido a 2-3 semanas para ciertas marcas.

A agosto de 2023, como se muestra en la Figura 1.2.1 la empresa mantiene un registro activo de 70 marcas. De este conjunto, actualmente se trabaja directamente con 50 marcas, lo que refleja una selección estratégica de las marcas más relevantes para las operaciones y objetivos comerciales actuales. Dentro de estas 50 marcas seleccionadas, se ha registrado un stock acumulado de 166.313 unidades en inventario. Este dato no solo indica la magnitud del inventario gestionado, sino que también subraya la importancia de una administración eficiente del mismo, para mantener un equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda.

| Categoría               | Cantidad |
|-------------------------|----------|
| Marcas históricas       | 70       |
| Marcas actuales         | 50       |
| Productos en inventario | 166.313  |

*Figura 1.2.1 Tabla cantidad de marcas históricas, marcas actuales y productos en inventario en agosto del 2023. Se puede apreciar que disminuyen en 20 las marcas que se comercializan y un gran valor de productos en inventario. (Elaboración personal).*

La gestión de inventarios en esta empresa implica un equilibrio entre mantener un stock adecuado para satisfacer la demanda fluctuante de artículos deportivos, a menudo sujetos a tendencias estacionales, y minimizar el almacenamiento excesivo que puede resultar en costes innecesarios o depreciación de los productos. Estrategias como la previsión de demanda y la gestión de inventario dinámico son cruciales en este contexto.

Finalmente, la logística de distribución de la empresa se caracteriza por su agilidad en la preparación y el despacho de pedidos. Se establece como norma que los pedidos realizados hasta las 13:00 horas sean procesados y enviados en la tarde del mismo día. Además, deben ser flexibles en términos de que si un cliente no encuentra un producto poder tener alguna alternativa para su necesidad, ya sea en términos de precios o de productos sustitutos. La eficiencia en la entrega y la precisión en el cumplimiento de los pedidos son esenciales para mantener la confianza y satisfacción del cliente, especialmente en un mercado competitivo como el de artículos y equipamiento deportivo.

En resumen, mientras que el área de Logística y Abastecimiento es vital para cualquier empresa, en una comercializadora e importadora de artículos y equipamiento deportivo, su papel se amplifica convirtiéndose en un pilar clave para garantizar la eficiencia operativa, la calidad del servicio y la competitividad en el mercado.

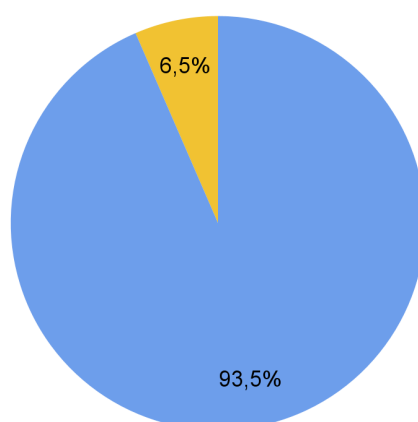
### 1.3. Contexto del problema.

Sportvibes, una empresa conocida y destacada en su rubro, se enfrenta a desafíos significativos en la gestión de su inventario y en el proceso de reposición de productos. El núcleo del problema reside en la incapacidad, conocimiento y tecnología para poder predecir la demanda de los productos, lo cual es esencial para una adecuada gestión de abastecimiento. Esta deficiencia ha ocasionado períodos en los que la empresa no dispone de inventario suficiente para ciertos productos clave, provocando una interrupción en ventas y, por ende, un impacto adverso tanto en la satisfacción del cliente como en los ingresos de la empresa.

En un esfuerzo para mitigar la potencial falta de inventario, Sportvibes ha incrementado sus pedidos de abastecimiento, excediendo las necesidades de la demanda. Esta estrategia ha conducido a un incremento significativo en el nivel de inventario, resultando en una inversión considerable en mercancías que exceden el tiempo de almacenamiento previsto por la empresa, correspondiente a máximo un año de inventario. Esta situación ha generado un capital inmovilizado en inventario, afectando negativamente la liquidez y capacidad financiera de la organización.

En un estudio exhaustivo del inventario realizado en agosto del 2023 ha revelado resultados preocupantes, 108 de los 1.550 SKU (código de producto) que se comercializan presentan disponibilidad de al menos 36 meses de ventas. En la Figura 1.3.1, se muestra de manera porcentual cómo 108 SKU, destacados en color amarillo, se diferencian del total restante equivalente a 1.442SKU, representados en un tono azul.

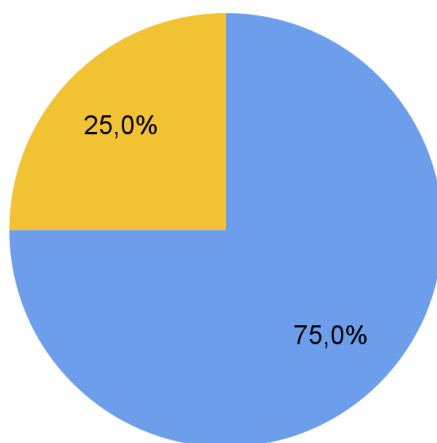
Distribución de Productos con Inventario Superior a 36 Meses



*Figura 1.3.1 Representación gráfica productos con más de 36 meses de inventario. (Elaboración personal).*

Adicionalmente, se observa que estos productos constituyen el 25% del valor total del inventario en el momento del estudio. En la Figura 1.3.2, se ilustra mediante un color amarillo la proporción que los 108 SKU representan con respecto al valor total del inventario.

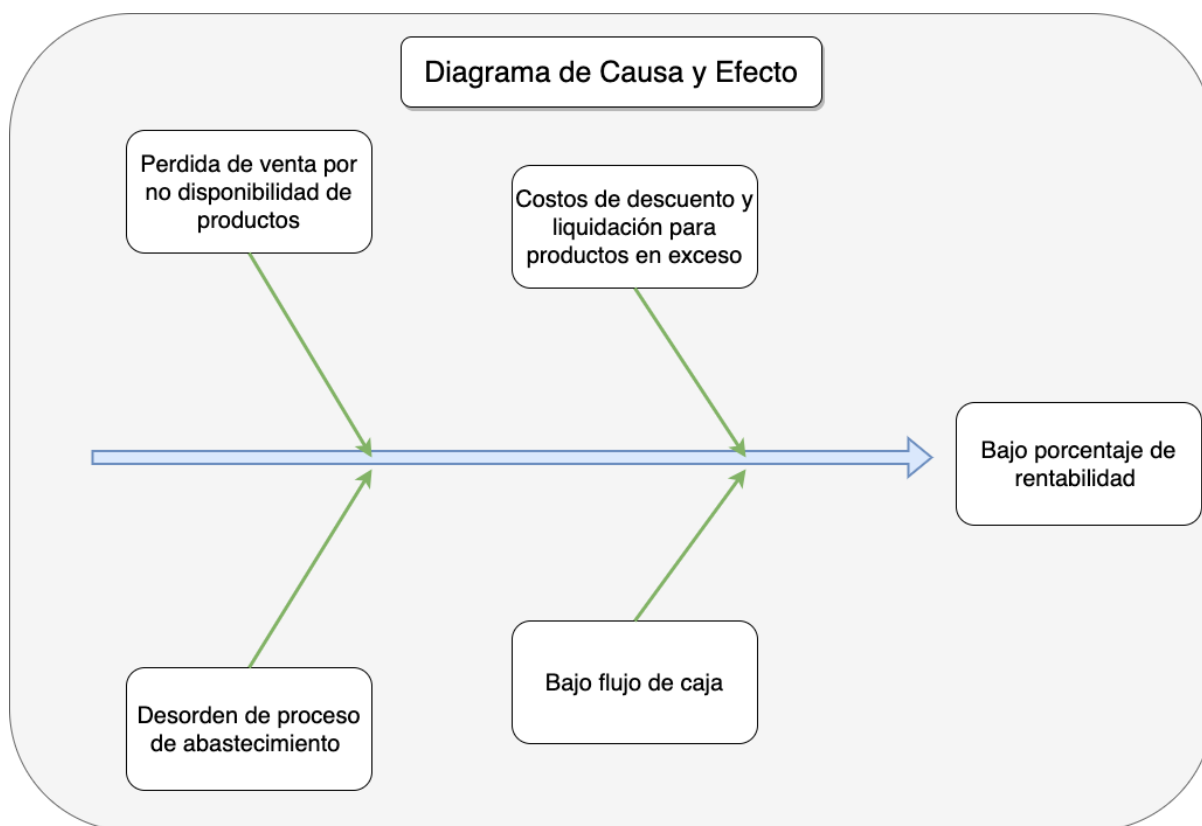
Representación del Inventario: Foco en 108 de 1550 SKU



*Figura 1.3.2 Representación gráfica porcentaje del inventario que es explicado en 108 SKU de un total de 1550. (Elaboración personal).*

Específicamente, en 15 SKU de los 108 se acumula 12,5% del valor total del inventario, evidenciando una urgente necesidad de revisar y mejorar las políticas y estrategias de gestión de inventario.

A continuación se expone un diagrama de causa y efecto, estructurado para ilustrar las múltiples causas que influyen en un problema en específico.



*Figura 1.3.3 Diagrama de Causa y Efecto que profundiza los problemas de la empresa.(Elaboración personal).*

En la Figura 1.3.3 se evidencia el problema de pérdida de venta por no tener la cantidad suficiente de productos para poder concretar un pedido, conocido como desabastecimiento. Sumado a esto, se presenta una falta de claridad tanto en el conocimiento de los períodos donde es más conveniente realizar un pedido, así como también los criterios para definirlo.

Además, como se describe anteriormente, existen 108 SKU con un alto nivel de inventario, lo que produce que sean vendidos a precios bajos sacrificando el margen de los productos. Por consiguiente esto genera bajo flujo de inventario, dado la baja rotación que poseen estos productos.

En resumen, una gestión ineficiente del proceso de abastecimiento ha dado lugar a una disminución en el flujo de efectivo, un exceso en ciertos inventarios y una escasez en productos de alta rotación. Esta situación ha impactado negativamente en la rentabilidad de la empresa, afectando sus resultados financieros.

## **2. Objetivos.**

En respuesta a los retos operativos de Sportvibes, este proyecto define sus objetivos siguiendo los criterios SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, Temporalmente definidos). El objetivo general se construye para poder abordar a modo global una respuesta al problema de SportVibes, mientras que los objetivos específicos detallan acciones específicas y medibles para resolver cada desafío. Esta sección presenta objetivos claros y directos, fundamentales para la eficacia y éxito del proyecto en la mejora de la gestión de inventario y los procesos de abastecimiento en Sportvibes.

### **2.1. Objetivo General.**

Este proyecto tiene como finalidad la creación de un sistema estandarizado para la emisión de recomendaciones de órdenes de reabastecimiento. Dicho sistema se fundamenta en un análisis de demanda y evaluación de rentabilidad de cada producto. La meta es aumentar el Margen Bruto del Retorno de la Inversión de Inventario (GMORI) de la empresa en al menos un 2% en un periodo de 3 meses desde la implementación y reducir la cantidad de horas hombres del proceso de reabastecimiento en al menos un 50%.

### **2.2. Objetivos Específicos.**

Los objetivos específicos del proyecto son fundamentales para alcanzar el objetivo principal en Sportvibes. Cada uno está diseñado para abordar aspectos concretos del desafío de gestión de inventario y abastecimiento, asegurando progreso medible y efectivo.

1. Analizar la rentabilidad general y de cada marca en periodos mensuales, para lo cual se estudiará el GMROI de cada marca con base a los últimos 20 meses.
2. Monitorear mensualmente el valor total del inventario y rastrear los productos de mayor valor económico, con el objetivo de disminuir la inmovilización de capital en productos de baja rotación.
3. Desarrollar predicciones mensuales de demanda de productos, comparándolas con la demanda real, para lograr pronósticos más precisos y confiables.
4. Crear un sistema estandarizado de sugerencias de órdenes de compra, buscando incrementar el rendimiento inventario, mientras se reduce la incidencia de desabastecimiento.
5. Crear documentación del funcionamiento del sistema para capacitar a los empleados.

### **2.3. Medidas de Desempeño.**

En esta sección se presentan las métricas de desempeño esenciales para la evaluación del avance hacia los objetivos establecidos anteriormente. Estas métricas proporcionarán un seguimiento detallado y permitirán ajustes precisos para garantizar la efectividad y el éxito del proyecto.

1. La medición se realizará a partir de la variación porcentual del GMROI general de la empresa y de cada marca mes a mes.
2. Se evaluará el cambio porcentual del valor del inventario medido de forma mensual.
3. Porcentaje de precisión de las predicciones de demanda comparadas con la demanda real.
4. Para evaluar la eficiencia del sistema, se medirá el tiempo de procesamiento y análisis de datos requeridos para generar una recomendación de orden de compra. Esta métrica se centrará en cuantificar el tiempo desde el inicio del análisis de pronóstico hasta la obtención de una recomendación concreta para el abastecimiento, buscando reducir el intervalo de tiempo para agilizar las decisiones de compra.
5. Para evaluar la documentación para el uso del sistema, se medirá el nivel de comprensión y habilidad de los empleados en el uso del sistema, buscando que al menos un 80% de los empleados demuestren competencia en el uso del sistema. Es decir, que estos empleados sean capaces de generar un reporte con el sistema.

### **3. Estado del Arte.**

Esta sección se enfoca en la revisión técnica de las prácticas actuales en la gestión de inventario y los sistemas de reabastecimiento. Se explorarán las metodologías recientes, avances tecnológicos y tendencias en el sector, con el objetivo de identificar técnicas eficientes y soluciones innovadoras aplicables al contexto de Sportvibes. El análisis se centrará en extraer información relevante que pueda contribuir al diseño y la mejora de los procesos de reabastecimiento de la empresa.

Para una empresa es de vital importancia la administración de la cadena de suministro de los productos que comercializa, dado que esto afecta directamente la eficiencia operativa, la rentabilidad y la satisfacción de los clientes. Entendiendo que una cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, para satisfacer la petición de un cliente (Chopra & Meindl, 2013). La cadena de suministro es un sistema extenso que abarca varias entidades y funciones más allá del fabricante y los proveedores.

Incluye a los transportistas, almacenistas, vendedores al menudeo y a los clientes mismos. Dentro de una organización, como un fabricante, la cadena de suministro engloba todas las actividades relacionadas con el cumplimiento de un pedido de cliente, que van desde el desarrollo de nuevos productos y marketing hasta las operaciones, distribución, finanzas y servicio al cliente.

El inventario en una organización se refiere a las existencias de piezas o recursos utilizados en sus operaciones (Jacobs & Chase, 2018). Este concepto abarca mucho más que la mera acumulación de productos o materiales; es, en realidad, un sistema integral que incluye un conjunto de políticas y controles. Estos controles son fundamentales para supervisar los niveles de inventario y tomar decisiones clave como determinar los niveles óptimos de inventario, identificar cuándo es necesario reabastecer y establecer las dimensiones adecuadas de los pedidos. La gestión efectiva del inventario es crucial para mantener un equilibrio entre la disponibilidad de recursos y la eficiencia operativa, impactando directamente en la capacidad de una empresa para satisfacer las demandas de sus clientes y en su rentabilidad general.

Para lograr esto, aunque es imposible predecir con certeza la demanda futura de los productos que se comercializan, es crucial estimarla con un grado significativo de precisión. Esta estimación permite tomar decisiones que optimicen la rentabilidad y mantengan la salud del inventario. Es por esto que surge la necesidad de utilizar modelos de pronóstico, los cuales son herramientas analíticas utilizadas para predecir la cantidad de productos o servicios que los consumidores requerirán y comprarán en condiciones de mercado dadas. Estos modelos son cruciales para planificar la producción, la gestión y la toma de decisiones estratégicas.

Los pronósticos se clasifican en cuatro tipos básicos: cualitativos, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación (Jacobs & Chase, 2018). Es pertinente enfocarse en el análisis de series de tiempo por su relevancia y aplicación práctica en la gestión de inventarios y la planificación de la cadena de suministro. Este método se basa en la utilización de datos históricos para predecir futuros comportamientos y tendencias de la demanda. Al analizar patrones pasados, como variaciones estacionales, tendencias de crecimiento o declive y ciclos repetitivos, se pueden hacer inferencias valiosas para la toma de decisiones futuras.

El análisis de series de tiempo se manifiesta como una herramienta de gran utilidad en contextos donde los patrones de demanda exhiben regularidad y previsibilidad. En el ámbito de la ingeniería industrial, este enfoque es crucial para pronosticar la demanda futura, optimizando así la planificación de inventarios y la gestión de la cadena de suministro. Un



ejemplo ilustrativo de esta aplicación se encuentra en el proyecto "*Rediseño del proceso de adquisiciones y bodegas en AINEL Ltda.*" realizado por Ariel González en 2020 [4]. En este estudio, se emplearon métodos como la media móvil simple y el suavizado exponencial para realizar pronósticos. El proyecto destacó por su enfoque comparativo, en el cual se experimentó con variaciones de estos métodos. Se realizaron dos iteraciones con diferentes valores de variables para ambos modelos, en el caso de media móvil simple para utilizar dos periodos de tiempo distintos usó  $n = 3$  y  $n = 6$ . En el caso de suavizado exponencial utilizó valores de  $\alpha = 0,3$  y  $\alpha = 0,5$ , generando así cuatro pronósticos distintos. Esta metodología permitió una evaluación más exhaustiva y flexible de las tendencias de demanda, demostrando la eficacia de las técnicas de series de tiempo en un entorno empresarial práctico.

En el ámbito del análisis de series de tiempo, los modelos ARMA (Modelos Autoregresivos de Media Móvil) desempeñan un papel crucial. Estos modelos combinan componentes de autoregresión, donde los valores futuros se predicen a partir de los datos pasados, y componentes de media móvil, que ajustan las predicciones considerando los errores de pronóstico anteriores.

Los modelos ARMA son especialmente valiosos en situaciones donde es necesario comprender y predecir patrones complejos en los datos de series temporales. Proporcionan un enfoque más dinámico y adaptable para el análisis de datos, lo que los hace ideales para la planificación y gestión eficientes en la cadena de suministro.

Un caso práctico de la aplicación de estos modelos se observa en el estudio "Planificación de producción en modelo de optimización lineal con pronósticos de venta" de Elías Catalán (2023) [5], donde se utilizaron para planificar la producción en Traverso S.A. Analizando las ventas pasadas mediante modelos ARMA, la empresa pudo realizar pronósticos precisos y ajustar su producción en consecuencia, evidenciando la utilidad y eficacia de esta metodología en un contexto empresarial real.

Los modelos de Machine Learning (Aprendizaje Automático) han cobrado una importancia crítica en el análisis de series de tiempo y la gestión de la cadena de suministro. Estos modelos, que se distinguen de los métodos tradicionales, aplican algoritmos avanzados capaces de aprender de grandes cantidades de datos, facilitando la identificación de patrones complejos y la realización de predicciones precisas. Su habilidad para manejar la variabilidad y adaptarse rápidamente a cambios en el entorno los convierte en herramientas ideales para enfrentar retos como la predicción de la demanda.

Uno de los principales beneficios de los modelos de Machine Learning es su capacidad para analizar distintos tipos de datos, tanto estructurados como no estructurados. Esto permite una comprensión más integral de los factores que afectan la cadena de suministro, optimizando la toma de decisiones estratégicas. Ejemplos de estos modelos incluyen las redes neuronales y los algoritmos de bosques aleatorios, que han probado ser efectivos en predecir la demanda en condiciones de alta irregularidad de patrones.

Este enfoque se evidencia en proyectos como "Aplicación de técnicas de Machine Learning a un problema práctico de reposición de inventario" de Daniel Rodríguez (2020) [7]. En este estudio, se utilizó Machine Learning aplicado a series de tiempo para hacer predicciones en el ámbito de la reposición de inventarios, mostrando la aplicabilidad práctica y la efectividad de estas técnicas en desafíos reales de la cadena de suministro.

A nivel comparativo, no existe una metodología que persistentemente sea mejor que otra a la hora de poder establecer pronósticos, esto dependerá de causas que representan la naturaleza específica del mercado, la disponibilidad y calidad de los datos, y los objetivos particulares de la predicción. Por ejemplo, en mercados con alta volatilidad o donde los patrones de consumo cambian rápidamente, modelos dinámicos como los de aprendizaje automático pueden ser más efectivos, ya que pueden adaptarse y aprender de nuevas tendencias con mayor rapidez. Por otro lado, en mercados más estables con tendencias a largo plazo, los métodos tradicionales como la regresión lineal o el análisis de series temporales pueden ser suficientes. Además, la complejidad del modelo elegido debe estar en equilibrio con la capacidad de interpretación y la facilidad de implementación, especialmente en contextos donde se requiere tomar decisiones rápidas y comunicarlas a diferentes partes interesadas. Esta diversidad en la aplicabilidad y eficacia de los modelos subraya la importancia de un enfoque personalizado en la predicción de la demanda, donde la selección y combinación de métodos dependen de un análisis detallado y consciente de las condiciones específicas y los requisitos del negocio en cuestión.

#### **4. Alternativas de Solución.**

Esta sección aborda el análisis meticuloso de diferentes alternativas técnicas dirigidas a resolver las problemáticas de gestión de inventario y abastecimiento. Se evaluarán distintas opciones considerando sus capacidades técnicas, eficiencia operacional, costos asociados y facilidad de integración. El objetivo de este análisis es identificar la solución más efectiva,

que no solo responda a los desafíos actuales sino que también apoye el crecimiento sostenible y la mejora continua dentro de la organización.

Con base en lo discutido previamente, se ha evidenciado la importancia de una gestión eficaz del inventario. Esta realidad enfatiza la necesidad de implementar estrategias que permitan anticipar con precisión la demanda en futuros periodos, lo cual es fundamental para el manejo efectivo del inventario, lo cual tiene un impacto directo en la eficiencia de la cadena de suministro y en la satisfacción del cliente.

En un primer análisis la solución que plantea Ariel Gonzales [4] es una medida que posee alta probabilidad de ser aplicada para el caso de la empresa Sportvibes. El uso de series temporales mediante la media móvil y el suavizado exponencial es altamente valorado por su aplicabilidad en pronósticos a corto plazo. Estas técnicas, conocidas por su simplicidad y fácil implementación, son herramientas efectivas en el análisis de tendencias recientes y en la predicción inmediata de comportamientos futuros. La media móvil, al promediar datos de un número específico de periodos, facilita la identificación de tendencias actuales, y el suavizado exponencial, otorgando mayor importancia a los datos recientes, se vuelve esencial para detectar con agilidad las variaciones emergentes en los patrones de datos.

Este enfoque resulta especialmente útil en entornos dinámicos y cambiantes, como es común en la gestión de inventarios y la planificación de la demanda, donde las respuestas rápidas y ajustadas a las condiciones actuales del mercado son esenciales. Estas metodologías proporcionan una base sólida y adaptativa para la toma de decisiones estratégicas, permitiendo a los profesionales anticipar y responder eficientemente a las necesidades a corto plazo en diversos sectores industriales y comerciales.

En segundo lugar, existe la opción de utilizar los modelos ARMA, son ampliamente utilizados en el análisis de series temporales, ofreciendo tanto ventajas como limitaciones. Entre sus puntos fuertes se incluye la flexibilidad para adaptarse a varios patrones de datos y su habilidad para capturar autocorrelaciones, lo que los hace valiosos en múltiples campos. Sin embargo, enfrentan desafíos como la complejidad en la selección de parámetros y la necesidad de que los datos sean estacionarios, lo que puede requerir transformaciones previas de los datos. Además, son sensibles a desviaciones atípicas y pueden no ser tan efectivos en datos no lineales. Estas características resaltan la importancia de una cuidadosa aplicación y análisis de los datos al utilizar modelos ARMA.

En tercer lugar, la opción de utilizar Machine Learning ofrece la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos complejos y mejorar con el uso continuo, lo que resulta

invaluable en varios sectores para realizar predicciones precisas. Sin embargo, enfrenta desafíos como la necesidad de grandes conjuntos de datos para el entrenamiento y la falta de transparencia en los procesos de decisión de sus modelos. Además, su implementación y mantenimiento requieren una inversión considerable de tiempo y recursos.

En conclusión, la solución elegida para alcanzar los objetivos de este proyecto implica la creación de modelos de pronóstico de demanda. Para ello, se optará por utilizar modelos de series de tiempo como la media móvil, el suavizado exponencial y los modelos ARMA. Se ha decidido descartar la aplicación de Machine Learning debido a su requisito de una mayor cantidad de datos de los que actualmente se disponen para los pronósticos. Además, los requisitos de tiempo y recursos de procesamiento asociados a Machine Learning hacen inviable su utilización en este contexto específico. La elección de estos modelos tradicionales de series de tiempo se basa en su adecuación a los recursos disponibles y su eficacia comprobada en situaciones con restricciones de datos y capacidad de procesamiento.

## **5. Desarrollo de Solución.**

En esta sección se detalla el proceso de desarrollo de la solución seleccionada para abordar los retos en la gestión de inventarios y abastecimiento. Se describirán los pasos técnicos, las metodologías empleadas y las consideraciones operativas de la solución. Esta parte se enfoca en la práctica y efectiva de la solución, subrayando la importancia de un enfoque estructurado para lograr los objetivos propuestos de una manera eficiente y sostenible.

La elaboración de la solución empieza con una detallada revisión de los datos disponibles para garantizar su robustez y confiabilidad. Se utiliza la información de inventario de los productos y los documentos electrónicos de ventas de la plataforma Bsale, un sistema integral de venta y gestión comercial [8]. Al iniciar el análisis, se descubrió que la información de la marca de los productos no siempre está disponible en los reportes de Bsale, aunque la columna de “Tipo de Producto” siempre es visible. Esta limitación en la obtención de datos de la marca presentó un desafío, ya que era crucial separar los productos por marca para el análisis. Para superar este obstáculo, se adaptó la columna “Tipo de Producto” para incluir la marca correspondiente, información obtenida desde los datos localizados en la sección de Productos y Servicios, en la interfaz de Bsale. Esto permitió una clasificación más precisa y facilitó el avance del proyecto.

| Tipo de Producto |
|------------------|
| Rotores          |
| Herramientas     |
| Repuestos        |

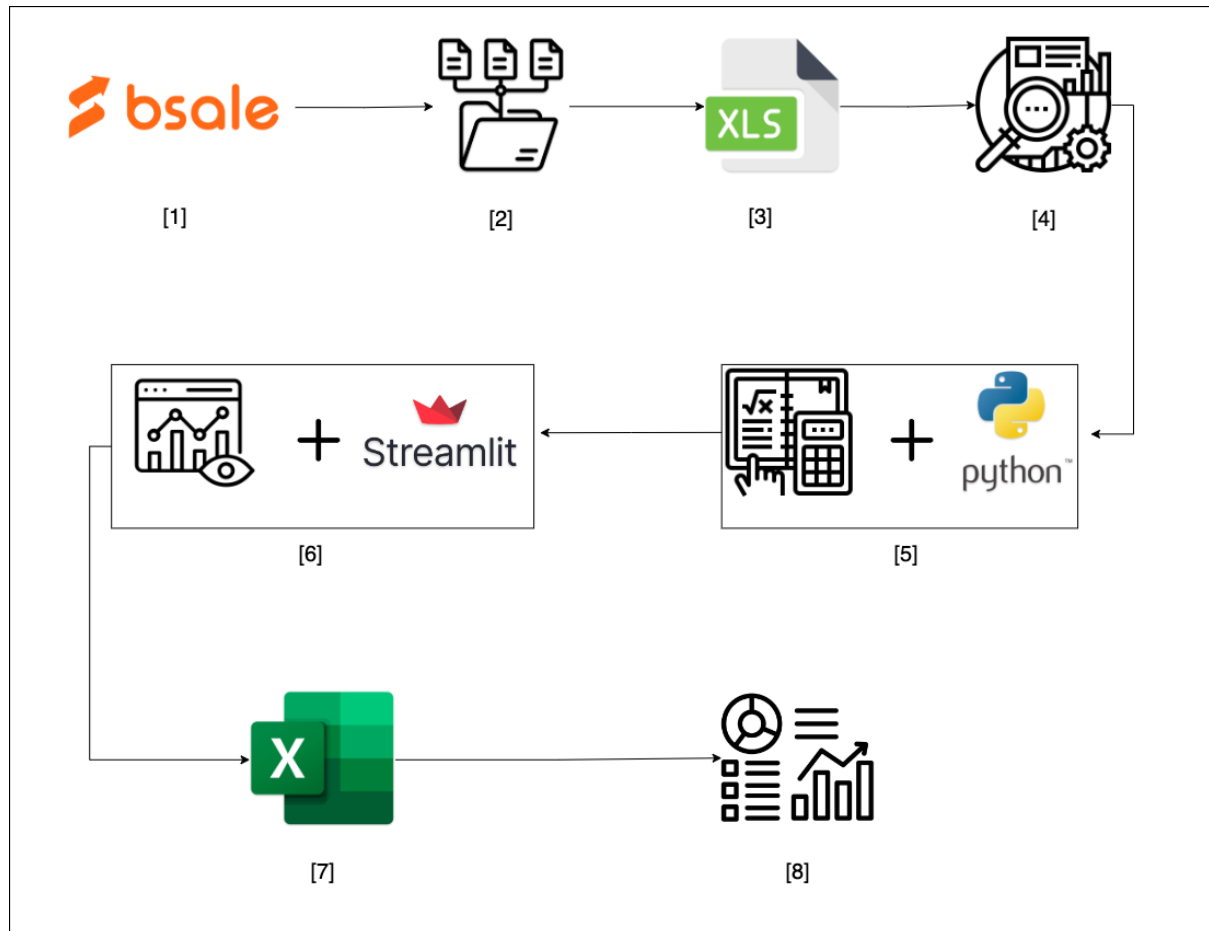
*Figura 5.1 Columna Tipo de Producto antes de realizar cambios, se aprecia que solo incluye el tipo de producto. (Elaboración personal).*

| Tipo de Producto             |
|------------------------------|
| MAGURA - ROTORES             |
| INDUSTRY NINE - HERRAMIENTAS |
| PRAXIS - REPUESTOS           |

*Figura 5.2 Columna Tipo de Producto después de realizar cambios, se aprecia que incluye la información de la marca del producto y el tipo de producto. (Elaboración personal).*

En la Figura 5.1 se aprecia cómo era la columna antes de agregarle la marca a la columna Tipo de Producto y en la Figura 5.2 se aprecia como quedó después del cambio, esta modificación se realizó con una carga masiva para actualizar todos los productos que se encuentran registrados en la plataforma de Bsale.

El diagrama de flujo del desarrollo de la solución se estructura de 8 procesos fundamentales ilustrados en la Figura 5.3 .



*Figura 5.3 Diagrama de flujo para el desarrollo de la solución, consta de 8 procesos fundamentales.  
(Elaboración personal).*

Este diagrama ha sido diseñado para ofrecer una visión clara y estructurada del proceso, desde la fase inicial de recopilación de datos hasta la implementación final.

1. Solicitud de datos de ventas e inventario a través de la API de Bsale.
2. Unificación de datos históricos de los últimos 12 meses de cada SKU.
3. Transformación de datos para capacidad de análisis.
4. Análisis y procesamiento de datos.
5. Creación de modelos predictivos utilizando Python.
6. Creación de una plataforma interactiva para la visualización de resultados utilizando la librería Streamlit.
7. Descarga de archivo Excel en formato.xlsx.
8. Documentación e implementación del sistema.

La exposición detallada de los procesos descritos se abordará en la siguiente sección. En ella, se desglosan meticulosamente cada uno de los pasos, proporcionando un análisis exhaustivo de las etapas involucradas en el desarrollo del proyecto. Este enfoque garantiza una comprensión profunda de las metodologías y técnicas implementadas, subrayando la precisión y el rigor con el que se han abordado cada una de las fases del proyecto.

### **5.1. Metodología.**

En esta sección, presentará la metodología del proyecto, enfocándose en las estrategias y técnicas clave utilizadas para lograr los objetivos establecidos. Este enfoque garantiza un análisis sistemático y efectivo en cada etapa del proyecto.

Para la integración de Bsale con los modelos de pronóstico, se empleó el lenguaje de programación Python, conocido por su eficiencia y capacidad de manejo de datos. La conexión se realizó a través de la API de Bsale, cuya documentación inicialmente se centró en consultas por bloques segmentados, pero no en consultas masivas por periodos de tiempo. Para abordar esta limitación, se exploró en detalle la ruta que Bsale utiliza para el reporte de Reposición de Stock. Esta investigación reveló una consulta de API que retorna un archivo en formato Excel (xls). Aprovechando las capacidades de Python, se extrajo y se codificó esta funcionalidad para permitir consultas personalizadas desde la aplicación en los intervalos de tiempo necesarios, facilitando así la obtención eficiente de datos para los modelos de pronóstico.

#### **5.1.1. Métodos de pronóstico.**

Los métodos de pronóstico son esenciales para anticipar la demanda y las tendencias del mercado, permitiendo a las empresas tomar decisiones estratégicas informadas. En esta sección, examinarán distintos métodos, todos cruciales para una gestión eficaz en el ámbito empresarial.

#### 5.1.1.1. Media Móvil Simple.

Media móvil simple o promedios móviles es una técnica estadística fundamental utilizada para suavizar fluctuaciones a corto plazo y destacar tendencias a largo plazo, especialmente en la gestión de inventario y la previsión de la demanda. Consiste en el uso del promedio de  $n$  intervalos de tiempo pasados para generar pronósticos futuros ( $F_t$ ). La fórmula general para hacer el cálculo es la siguiente:

$$F_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{t-i} \quad (1)$$

Donde:

- $F_t$ : Pronóstico en el tiempo  $t$
- $n$ : Número de intervalos de tiempos considerados.
- $A_{t-i}$ : Valor observado en el periodo pasado.

La elección cuidadosa del número de intervalos  $n$  es clave en su aplicación, haciendo de la media móvil simple una herramienta valiosa y adaptable para una variedad de escenarios analíticos y decisiones estratégicas.

#### 5.1.1.2. Suavizado Exponencial.

El suavizado exponencial en el análisis de series temporales se destaca por su enfoque en dar mayor peso a las observaciones más recientes, una característica esencial para pronosticar tendencias futuras en escenarios como la previsión de demanda o el análisis de mercados financieros. Esta técnica se basa en el factor alpha ( $\alpha$ ), que juega un papel crucial al determinar la relevancia de las observaciones más recientes en comparación con las antiguas. En situaciones donde los datos más recientes son más indicativos de las tendencias futuras, un valor más alto de alpha es ideal, permitiendo que el modelo se ajuste rápidamente a los cambios y reduzca la influencia de datos históricos, lo que resulta en pronósticos más precisos y adaptados a la situación actual. A continuación se exponen las expresiones matemáticas para el suavizado exponencial simple, doble y triple.



#### 5.1.1.2.1. Suavizado Exponencial Simple.

$$F_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (2)$$

Donde:

- $F_t$ : Pronóstico en el tiempo  $t$ .
- $\alpha$ : Parámetro de suavizado, con  $0 < \alpha < 1$ .
- $X_t$ : Valor observado en el tiempo  $t$ .
- $F_{t-1}$ : Pronóstico en el tiempo  $t - 1$ .

#### 5.1.1.2.2. Suavizado Exponencial Doble.

$$F'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(F'_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3)$$

$$b_t = \beta(F'_t - F'_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (4)$$

Añade un componente de tendencia a la fórmula donde:

- $F'_t$ : Pronóstico en el tiempo  $t$ , componente de nivel.
- $\alpha$ : Parámetro de suavizado, con  $0 < \alpha < 1$ .
- $b_t$ : Componente de tendencia.
- $\beta$ : Parámetro de suavizado de tendencia.
- $X_t$ : Valor observado en el tiempo  $t$ .
- $F'_{t-1}$ : Pronóstico en el tiempo  $t - 1$ .

#### 5.1.1.2.3. Suavizado Exponencial Triple.

$$F''_t = \alpha \frac{X_t}{C_{t-L}} + (1 - \alpha)(F''_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$C_t = \gamma \frac{X_t}{F''_t} + (1 - \gamma)C_{t-L} \quad (6)$$

Añade un componente de tendencia y estacionalidad a la fórmula donde:

- $F''_t$ : Pronóstico en el tiempo  $t$ , componente de nivel.
- $\alpha$ : Parámetro de suavizado, con  $0 < \alpha < 1$ .
- $b_t$ : Componente de tendencia.
- $C_t$ : Componente de estacionalidad.

- $\beta$  : Parámetro de suavizado de tendencia.
- $\gamma$  : Parámetro de suavizado de estacionalidad.
- $L$  : Longitud del ciclo estacional.
- $X_t$  : Valor observado en el tiempo  $t$ .
- $F''_{t-1}$  : Pronóstico en el tiempo  $t - 1$ .

En resumen, el suavizado exponencial, con sus variantes simple, doble y triple, emerge como un método efectivo y flexible para el pronóstico en el ámbito de las series temporales. Esta técnica es particularmente valiosa para detectar y adaptarse rápidamente a los cambios en los datos, lo que la hace indispensable en escenarios diversos, que van desde mercados en constante fluctuación hasta patrones de demanda estacionales. Su capacidad para realizar ajustes precisos la convierte en una herramienta clave para analistas y planificadores estratégicos, demostrando su importancia en el análisis y la toma de decisiones basadas en datos.

#### 5.1.1.3. Modelo ARMA.

Los modelos ARMA son una técnica de pronóstico utilizada en el análisis de series temporales. Combinan dos componentes principales: la autoregresión (AR) y la media móvil (MA). La parte AR del modelo utiliza la dependencia entre una observación y un número de observaciones retrasadas. En otras palabras, predice valores futuros basándose en sus propios valores pasados. La parte MA, por otro lado, modela el error del pronóstico como una combinación lineal de errores de pronóstico pasados. Estos modelos son especialmente útiles para series de tiempo donde los datos muestran tanto autocorrelaciones como dependencias con errores pasados. Son aplicables en una variedad de contextos, desde finanzas hasta ingeniería y meteorología, pero requieren que los datos sean estacionarios, es decir, que sus propiedades estadísticas no cambian con el tiempo.

Se define mediante la fórmula:

$$ARMA(p, q) : X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \dots + \theta_{q \in t-p} + \epsilon_t \quad (7)$$

Donde:

- $X_t$  : Valor Actual de la serie en el tiempo  $t$ .
- $p$  : Orden del componente AR.
- $q$  : Orden del componente MA.

- $\alpha_i$  : Coeficiente AR.
- $\theta_i$  : Coeficiente MA.
- $\epsilon_t$  : Término de error en el tiempo  $t$ .

En resumen, los modelos ARMA son herramientas estadísticas eficaces para pronosticar series temporales, combinando elementos autorregresivos y de media móvil. Aunque son potentes en adaptarse a diversos patrones de datos, requieren una selección cuidadosa de parámetros y datos estacionarios para asegurar predicciones precisas.

### **5.1.2. Selección método de pronóstico.**

Para la selección del método de pronóstico, se optó por implementar la media móvil simple, utilizando tres periodos de tiempo distintos:  $n = 2$ ,  $n = 3$  y  $n = 4$  meses. Esta elección tiene como objetivo comparar las predicciones generadas por cada periodo y seleccionar aquella con el menor error. Además, se incorporó el suavizado exponencial simple, valorado por su habilidad para dar mayor peso a los datos más recientes. Se descartaron los modelos de suavizado exponencial doble y triple, ya que ambos consideran la tendencia de los datos. Un análisis previo indicó que las ventas de cada producto no mostraban una tendencia clara, sino más bien una estacionalidad.

Finalmente, se incluyó el modelo ARMA en la metodología de pronóstico. Este método es reconocido por su capacidad para considerar la autoregresión de los valores históricos, combinada con la media móvil para generar predicciones. La elección del modelo ARMA se fundamenta en su efectividad para analizar series temporales donde tanto los valores pasados como las tendencias de error son significativos para la predicción de futuras observaciones.

### **5.1.3. Desarrollo método de pronóstico.**

Para el desarrollo de los métodos de pronóstico seleccionados se utiliza Python, un lenguaje que sobresale por su idoneidad en el análisis de datos y modelado estadístico. La elección de Python se debe a su sintaxis clara y accesible, que simplifica tanto la escritura como la comprensión de códigos complejos, un aspecto crucial en el manejo de modelos estadísticos avanzados. Python se destaca además por su amplia gama de bibliotecas y frameworks, como Pandas y NumPy, que ofrecen herramientas especializadas para el procesamiento y análisis eficiente de grandes volúmenes de datos, aspecto esencial para la elaboración de modelos predictivos eficaces y precisos.

Inicialmente, se realizaron tres solicitudes mediante la API de Bsale, cada una proporcionando datos de ventas de cuatro meses, para acumular información de los últimos 12 meses cerrados, es decir, hasta el último día de cada mes. La razón de esto es la limitación temporal del reporte de Bsale, que no permite obtener reportes elaborados con más de cuatro meses hacia el pasado. Como resultado, se obtuvieron tres archivos Excel en formato *x/s*. Estos archivos fueron unificados en un único documento, utilizando el SKU como filtro para garantizar la correcta agrupación de los datos, asegurando que las ventas registradas correspondan efectivamente a los productos pertinentes.

Tras consolidar los datos históricos de ventas, se procedió a desarrollar funciones específicas para calcular las predicciones de demanda, creando una función individual para cada método de pronóstico y organizando los resultados en una tabla comprensiva.

Además, se implementaron funciones para calcular dos métricas estadísticas clave: el error cuadrático medio (MSE, por sus siglas en inglés) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). El MSE es una medida que evalúa la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por un modelo, ofreciendo un promedio de estos errores al cuadrado. Esto permite cuantificar la precisión de las predicciones. Por otro lado, el coeficiente de determinación,  $R^2$ , mide la proporción de la variación en la variable dependiente que es predecible a partir de la variable independiente en un modelo de regresión. Este coeficiente es esencial para entender cuánto del cambio en la variable dependiente puede ser explicado por el modelo. Estas herramientas estadísticas son fundamentales para evaluar la eficacia y precisión de los modelos predictivos desarrollados. La fórmula matemática de esta métrica son:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (8)$$

Donde:

- $n$  : Es el número total de observaciones.
- $Y_i$  : Es el valor observado en el tiempo  $i$ .
- $\hat{Y}_i$  : Es el valor pronosticada en el tiempo  $i$ .

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (9)$$

Donde:

- $n$  : Es el número total de observaciones.
- $Y_i$  : Es el valor observado en el tiempo  $i$ .
- $\hat{Y}_i$  : Es el valor pronosticada en el tiempo  $i$ .
- $\bar{Y}$  : Es el promedio de los valores observados  $Y_i$ .

La combinación de estos indicadores permite una evaluación completa del rendimiento del modelo, asegurando así la confiabilidad y la validez de las predicciones realizadas.

#### 5.1.4. Visualización de datos.

Para garantizar una integración fluida y efectiva con los datos de Bsale, se optó por emplear Streamlit, una librería de Python que se especializa en la creación rápida y eficiente de aplicaciones web para análisis de datos y Machine Learning. Esta biblioteca permite transformar scripts de Python en aplicaciones web interactivas de manera sencilla, sin necesidad de extensos conocimientos en front-end. Su facilidad de uso y flexibilidad la hacen ideal para desarrollar interfaces que permitan visualizar y manipular datos directamente desde Bsale, facilitando así la interacción con los modelos de pronóstico y mejorando la experiencia de usuario en el análisis de datos. La elección de Streamlit se alinea con el objetivo de crear un sistema accesible y conectado, maximizando la utilidad de los datos recopilados y procesados.

Para la presentación de datos, se implementó la biblioteca Plotly de Python, reconocida por su capacidad para crear gráficos interactivos. Esta herramienta ha sido clave en la visualización de las ventas de los últimos 12 meses y los pronósticos de demanda, proporcionando una interfaz gráfica clara y dinámica. Plotly permite no solo una representación detallada y comprensible de las tendencias de ventas, sino también una interactividad que facilita el análisis profundo de los datos.

Adicionalmente, se integró una funcionalidad que permite a los usuarios descargar los datos en formato Excel (xlsx), ofreciendo así flexibilidad en el manejo y procesamiento de la

información. Esta característica es particularmente útil para los funcionarios que prefieren trabajar con datos en un formato más familiar o que requieren realizar análisis adicionales o presentaciones fuera de la aplicación web. La combinación de la visualización avanzada de Plotly y la opción de exportación de datos refuerza la usabilidad y accesibilidad del sistema, asegurando que los usuarios puedan interactuar eficientemente con la información proporcionada.

Para asegurar la efectividad y adecuación del sistema implementado, se planifica la realización de al menos dos ciclos de pruebas con los empleados. Este procedimiento es clave para detectar áreas de mejora y realizar ajustes precisos que respondan a las necesidades específicas del personal. Durante esta evaluación, se considerarán aspectos cruciales como la conectividad, la seguridad de la información, la claridad y comprensión del sistema, así como la organización y facilidad de uso.

Paralelamente, se desarrollará una documentación exhaustiva junto con un programa de capacitación dirigido a los usuarios. Este material desempeñará un papel fundamental en facilitar una comprensión profunda y un manejo efectivo del sistema. La documentación incluirá instrucciones detalladas sobre cómo personalizar los parámetros del sistema y explicará las limitaciones inherentes a los modelos utilizados. Estas iniciativas son imprescindibles para garantizar una transición fluida y una integración exitosa del sistema en las operaciones diarias, contribuyendo así a una mayor eficiencia y productividad en el entorno laboral.

## **5.2. Plan de implementación.**

Para asegurar la efectividad y adecuación del sistema implementado, se planifica la realización de al menos dos ciclos de pruebas con los empleados. Este procedimiento es clave para detectar áreas de mejora y realizar ajustes precisos que respondan a las necesidades específicas del personal. Durante esta evaluación, se considerarán aspectos cruciales como la conectividad, la seguridad de la información, la claridad y comprensión del sistema, así como la organización y facilidad de uso.

Paralelamente, se desarrollará una documentación exhaustiva junto con un programa de capacitación dirigido a los usuarios. Este material desempeñará un papel fundamental en facilitar una comprensión profunda y un manejo efectivo del sistema. La documentación incluirá instrucciones detalladas sobre cómo personalizar los parámetros del sistema y explicará las limitaciones inherentes a los modelos utilizados. Estas iniciativas son imprescindibles para garantizar una transición fluida y una integración exitosa del sistema

en las operaciones diarias, contribuyendo así a una mayor eficiencia y productividad en el entorno laboral.

### 5.3. Análisis de Riesgo.

En el marco del desarrollo del proyecto de un sistema de reposición de inventario basado en proyecciones de demanda, es imperativo realizar un análisis de riesgos. Este análisis es esencial para prevenir y mitigar posibles obstáculos que puedan afectar la eficiencia y entrega del proyecto. A continuación, se presenta una matriz de riesgo Figura 5.3.1 detallada para evaluar y priorizar los riesgos identificados en función de la probabilidad de ocurrencia y su potencial impacto en el proyecto. Para cada riesgo se ha propuesto una estrategia de mitigación específica, con la finalidad de minimizar los posibles contratiempos que puedan surgir.

| Riesgo   | Probabilidad | Impacto | Puntuación<br>(Probabilidad por Impacto) | Estrategia de mitigación   |
|--|--------------|---------|--|--|
| Error en los datos.                                    | 3            | 5       | 15                                       | Implementar procedimientos de validación y limpieza de datos.                              |
| Cambios en la tendencia del mercado.                   | 2            | 3       | 6  | Constante monitoreo del mercado tanto nacional como internacional.                         |
| Fallo de conexión con Bsale.                           | 3            | 4       | 12                                       | Posibilitar la opción de suministrar los datos de manera manual.                           |
| Inexactitud de los pronósticos.                        | 3            | 4       | 12                                       | Desarrollar modelos robustos y flexibles que permitan adecuarse a las condiciones.         |
| Falta de alineación con las necesidades de la empresa. | 1            | 5       | 5  | Comunicación constante con la empresa y revisión periódica con los objetivos del proyecto. |
| Limitaciones de procesamiento de datos.                | 2            | 3       | 6  | Realizar procesamiento parcelado de datos según las necesidades del usuario.               |
| Seguridad de datos y privacidad                        | 3            | 5       | 15                                       | Implementar limitaciones de ingreso al sistema a personas externas a la empresa.           |
| Resistencia al cambio de los trabajadores.             | 2            | 3       | 6  | Programa de comunicación de beneficios del sistema.  |
| Falta de experiencia del personal.                     | 2            | 4       | 8  | Capacitación personalizada, junto con documentación explicativa del sistema.               |

*Figura 5.3.1 Matriz de riesgo, plantea posibles problemas del proyecto y se le asigna un peso a cada uno con una estrategia de mitigación . (Elaboración personal).*

Para la evaluación de riesgo se utilizó una escala del 1 al 5 tanto para la probabilidad de ocurrencia como para el impacto de cada riesgo. Esta clasificación es detallada de la siguiente manera:

- 1 (Muy Bajo): Probabilidad mínima de ocurrencia y un impacto insignificante.
- 2 (Bajo): Probabilidad baja de ocurrencia y un impacto leve, pero controlable.
- 3 (Medio): Probabilidad moderada de ocurrencia y de impacto, con consecuencia notables.
- 4 (Alto): Probabilidad alta de ocurrencia y un impacto significativo, con serias consecuencias.
- 5 (Muy Alto): Probabilidad certera de que ocurrirá y un impacto desastroso.

La matriz de riesgo desarrollada presenta una visión integral y estructurada de los potenciales desafíos que podrían ocurrir durante el proceso de este proyecto. La implementación de las estrategias de mitigación detalladas será fundamental para minimizar los impactos y asegurar la entrega exitosa del proyecto según lo planeado.

#### **5.4. Evaluación económica.**

La evaluación económica de un proyecto es fundamental para asegurar su viabilidad financiera y su impacto a largo plazo. Mediante el análisis riguroso de costos, beneficios y riesgos, esta evaluación permite una toma de decisiones estratégica y fundamentada, garantizando que los recursos se inviertan en iniciativas rentables y sostenibles. Es un paso crucial en la planificación y gestión de proyectos, clave para el éxito y la eficiencia económica.

La empresa Sportvibes presenta un aproximado de \$451.000 en contribuciones netas promedio por ticket, a la fecha de este proyecto 50 pedidos mensuales no se finalizan por falta de inventario. Lo que se traduce a un equivalente de \$22.550.000 en contribuciones netas no obtenidas mensuales.

En cuanto a los costos, el desarrollo de un sistema que emplea el lenguaje de programación Python junto con Streamlit para la visualización de información no implica costos adicionales. Sin embargo, posee limitantes de 1 gigabyte (GB), solo una aplicación privada e ilimitadas aplicaciones públicas. Como la seguridad de la información es clave para la empresa se utiliza una aplicación privada.



En cuanto a la plataforma de Bsale el costo mensual es de 2,4 + IVA UF, el cual se debe considerar dado que es desde esta plataforma que se obtienen los datos necesarios para la solución propuesta.

En cuanto a la creación del sistema en términos de horas hombre necesarias para la evaluación, desarrollo e implementación, se estima que representa un 70% de la duración total de la pasantía. Esto equivale al 70% de 810 horas, lo que corresponde a 567 horas hombre. El valor de horas hombre para la persona que realizó este proyecto corresponde al sueldo neto multiplicado por el factor  $\rho$  confidencial, dividido por la cantidad de horas de trabajo mensuales.

$$\text{Valor hora hombre} = \frac{\$275.00 \times \rho}{180 \text{ horas}} \quad (10)$$

Se obtiene que el valor hora hombre es de  $\$1.527 \rho$ , multiplicado por las 567 horas necesarias, se obtiene un valor de  $\$866.250\rho$ .

En conclusión, se debe tener consideración las limitantes que presenta Streamlit, en cuanto a costos fijos mensuales se debe considerar con un costo mensual de 2,4 + IVA UF por el uso de la plataforma Bsale. Además, se deberá pagar por el tiempo de trabajo para la creación del proyecto, el cual corresponde a un valor menor a \$5.000.000, lo que se traduce en un valor menor al 22% de beneficio que se obtendría si se logra finalizar los 50 pedidos no finalizados mensualmente.

## **6. Resultados.**

Esta sección del informe está dedicada a presentar los resultados obtenidos tras el desarrollo de la solución en la gestión de inventario y reabastecimiento. Se analizarán de manera detallada los datos recopilados, las mejoras logradas y el rendimiento general del sistema implementado. Este análisis se centra en la evaluación objetiva de los resultados en comparación con los objetivos específicos establecidos, proporcionando una visión clara del impacto y la eficacia.

### **6.1. Resultados del desarrollo de la solución.**

Respecto a los resultados obtenidos en la implementación de las técnicas y metodologías mencionadas. Se logró una serie de hitos que responden a los objetivos y preguntas planteadas en un principio con respecto al problema.

Específicamente, el primer acercamiento de los resultados obtenidos es la implementación del producto digital, una herramienta interna (back office) completamente operativa y en uso de producción. Dicha herramienta, actualmente al nivel de desarrollo actual, está obteniendo los datos correspondientes al reporte de los últimos 12 meses.

Respecto al producto digital se permitió procesar los datos de forma parametrizada, es decir, actualmente existen diferentes variables que pueden modificarse por parte del usuario en la aplicación web, tales como:

- Fecha límite de la obtención de datos.
- Número de SKUs a mostrar ordenados en forma descendente.
- Marca deseada para la visualización y descarga.

A continuación se muestra el segmento señalado:

### Sistema de predicción Sportvibes.

Ingresar la fecha final del reporte (YYYY-MM-DD):

2023-11-30

Cantidad de Productos a mostrar:

10

- +

Selecciona una marca para el análisis:

MAGURA

▼

*Figura 6.1.1 Vista de usuario del sistema ejecutado en mediante Streamlit. (Elaboración personal).*

Esta herramienta cuenta con disponibilidad en la nube, está publicada y su uso está específicamente habilitado, protegido y encriptado para los trabajadores de Sportvibes mediante invitación. Además existe un enlace que permite su visualización bajo invitación [9] (*Sistema de predicción Sportvibes*, 2023).

Al día de hoy, esta herramienta tiene la capacidad de usarse continuamente, adaptándose a los requerimientos de los trabajadores de Sportvibes, reduciendo el tiempo en que se crean reportes específicos para la empresa de forma drástica, en efecto, esto significa que si se compara el tiempo promedio por empleado elaborando el reporte de forma manual por cada marca, obtenemos las siguientes métricas.

| Empleado   | Reporte Manual (min) | Reporte Automático (min) | Diferencia (min) | Mejora % |
|------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------|
| Empleado 1 | 17                   | 0.5                      | 16.5             | 97.5%    |
| Empleado 2 | 32                   | 0.5                      | 31.5             | 98.43%   |
| Empleado 3 | 31                   | 0.5                      | 30.5             | 98.39%   |

*Figura 6.1.2 Tabla comparativa tiempos de reporte manual, automático en minutos. (Elaboración personal).*

Observando los resultados a modo general, se ve una mejora promedio de 98.1%, manifestado en una notable reducción de los tiempos. Es importante señalar también, que no solo se mejoran los tiempos de cada trabajador, sino que se iguala el tiempo que les toma y unifica la información, significando que si un empleado realiza un reporte, no tendrá diferencias sustantivas con el reporte elaborado por otra persona sobre el mismo período y marca, por errores de arrastre o equivocaciones humanas.

Por otro lado, en relación a los datos obtenidos y sus características, se verificó que los valores numéricos y planillas procesadas por una persona calzaran precisamente con los resultados computados de forma automática mediante el software que se creó con este propósito.

Estos resultados son altamente variables dependiendo de cada marca y particularmente de cada SKU, razón por la cual es crucial que el estudio se haga prioritariamente a través de cada producto de forma singular y no de forma agregada.

A continuación es posible visualizar, para un producto, su respectivo gráfico entregado en conjunto de las métricas evaluadas y la selección del método óptimo dadas sus condiciones y precisión.

MAGURA 15.C PADS - 4 PISTONES con SKU 2182637, representa uno de los productos de mayor relevancia, y el análisis de su comportamiento de ventas se traduce en lo siguiente:

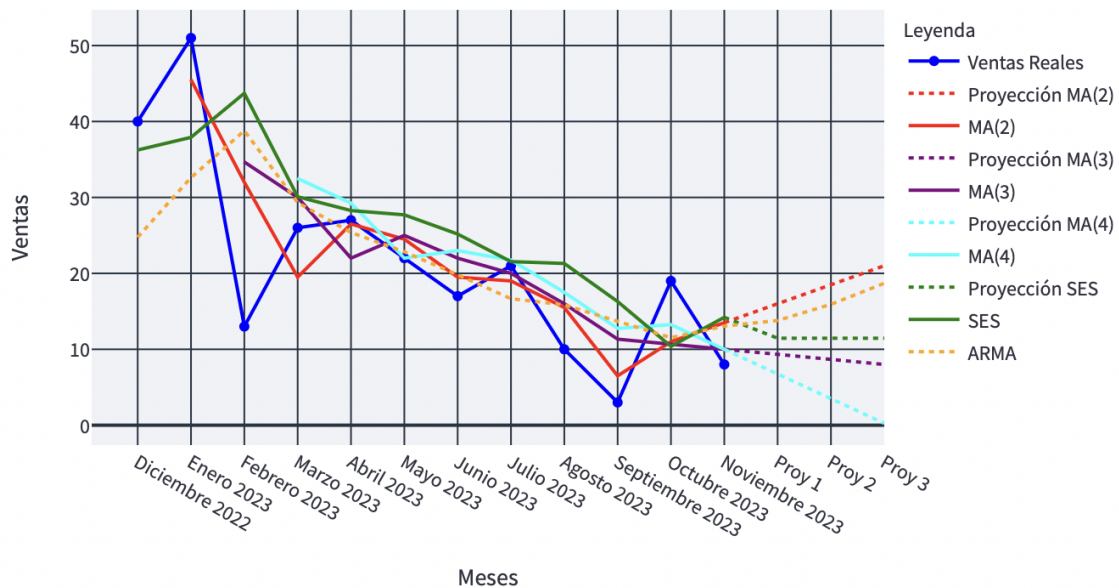


Figura 6.1.3 Gráfico generado por el sistema en mediante Streamlit, vista de usuario. (Elaboración personal).

Es posible observar para este resultado, cómo se ilustra el comportamiento de las variables de ventas reales, medias móviles, suavizado exponencial simple y ARMA, con sus respectivas proyecciones. A rasgos generales, se evidencia una clara tendencia negativa en la curva azul (ventas reales), replicándose en nuestros métodos predictivos de forma suavizada a medida que avanza en el tiempo. Se aprecia, sobre todo, que la variabilidad de las ventas reales tiende a poseer fluctuaciones considerables de un mes a otro, afectando la estabilidad de los modelos en sus predicciones. Esto último, representa un factor clave cuando se necesita priorizar a un modelo por sobre otro, ya que habrá curvas que poseen mejor adaptabilidad que otras ante cambios sensibles en ventanas temporales reducidas. Similarmente, también es posible considerar que cuando la mayoría de las curvas se encuentra oscilando en un rango acotado de ventas, tienden a tener mayor capacidad predictiva exitosa, y ayudan a crear límites superiores e inferiores al momento de orientar a una decisión de venta.

En este caso en particular, se observa que  $MA(2)$ , es decir, la Media Móvil con  $n = 2$  posee un desempeño superior, ya que sus valores se acercan más a la curva a la real, con unos valores de  $MSE = 53,36$  y  $R^2 = 0,6425$ . También, otra Media Móvil con un desempeño aún más importante es  $MA(4)$ , cuyo  $MSE = 30,25$  y  $R^2 = 0,5068$ . En este caso, dependiendo de los diferentes criterios que se prioricen por la persona que visualiza este

gráfico, se podrá elegir alguno para realizar predicciones cuando se compara entre estabilidad de la tendencia versus la variabilidad de la misma. Como  $MA(4)$  posee mayor cantidad de períodos para su cálculo, tenemos certeza de que las predicciones de este método son más estables a lo largo del tiempo, por el contrario, con  $MA(2)$ . Si llegara a ocurrir un evento anómalo en los datos, las predicciones de este último estimador se verían altamente comprometidas. Un ejemplo claro de esto se observa entre los meses Septiembre y Noviembre, donde la cantidad de períodos explica de forma clara e ilustrativa cómo la línea roja  $MA(2)$ , responde a los cambios de tendencia de forma abrupta respecto a la línea celeste  $MA(4)$  que, por el contrario, posee en términos relativos a la primera, una variación considerablemente menor, donde la tendencia no se ve afectada en mayor magnitud.

Dado que estos son criterios que necesitan balancearse al momento de tomar una decisión, la elección automática del modelo óptimo para este caso está asignada por su desempeño matemático, razón por la que, considerando la métrica del mínimo error cuadrático medio a lo largo de todos los datos existentes, en este caso se elige a  $MA(4)$  como estimador óptimo de la demanda futura. No se considera como criterio categórico el hecho de tener un alto  $R^2$  por la razón de que esta métrica no busca explicar la precisión del modelo en el futuro, sino que la calidad del ajuste del estimador en los datos, al no ser una métrica que provee información del error directo como  $MSE$ , es esta última la que juzga el mejor estimador.

Estas condiciones pueden observarse a lo largo de una variedad de productos analizados, con resultados altamente diferentes a causa de sus estacionalidades y fluctuaciones volátiles, diferentes métricas y desempeños, que se podrán discutir de forma agregada en el siguiente punto.

## **6.2. Evaluación de métricas de desempeño.**

A rasgos generales, y como fue mencionado anteriormente, los resultados para cada producto en el inventario poseen una variedad alta por sus diferentes condiciones y su naturaleza de demanda.

A la hora de comparar escenarios previos a la implementación de este proyecto, es posible señalar que antes no existía una capacidad predictiva para la demanda de los productos, ni una metodología que permitiera formar un criterio para designar los productos a elegir en el reabastecimiento. En ese sentido, se logra mediante la implementación de este software, respuesta a las preguntas de nuestras métricas de desempeño de la siguiente forma:

Respecto al GMROI, dado que este proyecto no ha sido implementado sobre un período de tiempo significativo, no es posible desprender variaciones concluyentes en esta métrica, sin embargo, en el siguiente gráfico es posible apreciar los últimos valores.

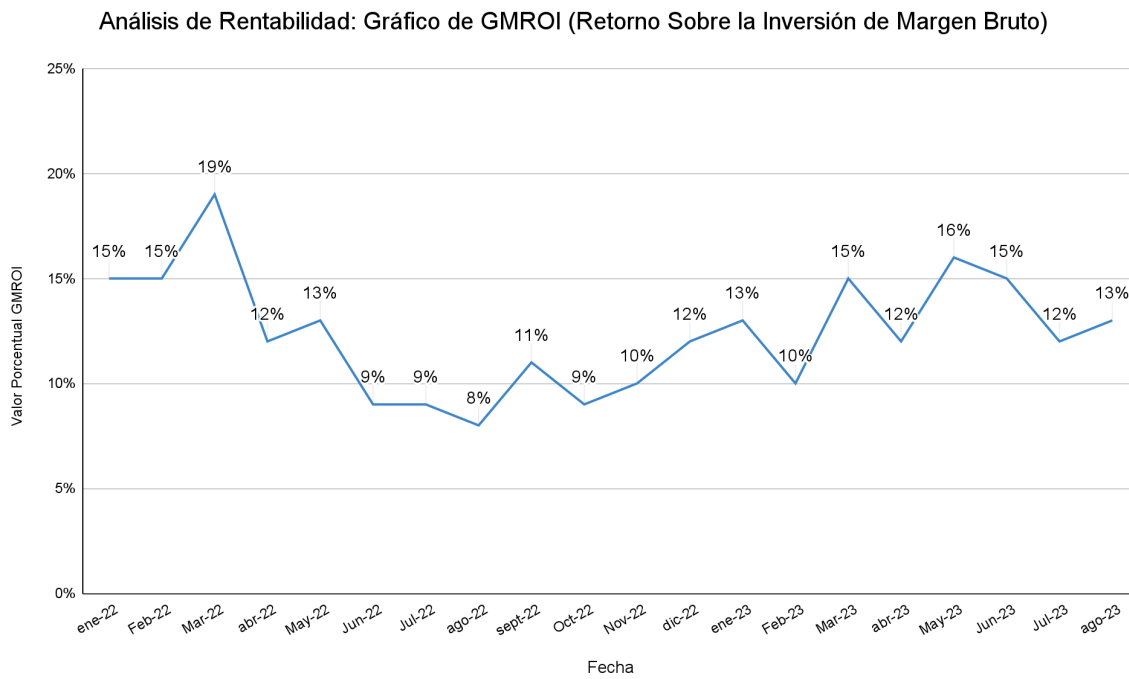


Figura 6.2.1 Gráfico GMROI, eje vertical porcentajes y eje horizontal fechas en meses. (Elaboración personal).

Luego, en relación a la rotación de inventarios, es posible desprender sobre los últimos valores, que su comportamiento es altamente oscilatorio y multicausal, sin embargo, su tendencia general se ha asentado por sobre el 15% en promedio por los últimos 4 meses (Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre), con un valor a la fecha de 17.62%.

| Fecha               | Agosto 2023 | Septiembre 2023 | Octubre 2023 | Noviembre 2023 |
|---------------------|-------------|-----------------|--------------|----------------|
| Rotación Inventario | 22%         | 12%             | 26%          | 10%            |

Figura 6.2.3 Tabla valores rotación inventario desde agosto a noviembre del año 2023. (Elaboración personal)

Como se mencionó anteriormente, los tiempos de procesamiento se vieron significativamente beneficiados con la implementación de este software, evidenciando una reducción del 98% del tiempo que le toma a los empleados generar el reporte.

Finalmente, relativo a la precisión de las demandas en los modelos de predicción, como se señaló previamente, dependerá exclusivamente de la variabilidad y naturaleza del producto específico pero, en rasgos generales, para los productos con mayor cantidad de datos y demanda, que son el foco principal inicial en Sportvibes, es posible elegir una muestra de una canasta de productos que tienen relevancia significativa para su discusión.

En el siguiente ejemplo, observamos métricas específicas para la capacidad de ajuste y error en la marca Magura.

| Producto                              | $R^2$       | MSE         |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| MAGURA FLEXIBLE MT LINE 2.5M C/ BANJO | 0.758272059 | 5.977272727 |
| MAGURA STORM HC 180 MM                | 0.55246991  | 14.75       |
| MAGURA SRAM SHIFTMIX 3 - RIGHT        | 0.645945093 | 18.54545455 |
| MAGURA SRAM SHIFTMIX 3 - LEFT         | 0.448464402 | 19.59090909 |
| FRENO MAGURA MT7 PRO HC1              | 0.506556246 | 23.63636364 |
| MAGURA 9.C PADS - 4 PISTONES          | 0.506793478 | 30.25       |
| FRENO MAGURA MT5 NEXT ALLOY LEVER     | 0.535951327 | 38.13636364 |

*Figura 6.2.3 Tabla métricas específicas de coeficiente de determinación y error cuadrático medio para la marca Magura. (Elaboración personal)*

En promedio, para esta canasta específica de productos, podemos abstraer los valores promedio de  $R^2 = 0,5649$  y  $MSE = 21,56$ . Notar que estos valores difieren considerablemente cuando se analizan otras canastas de productos, sin embargo la selección de esta responde a una canasta que es altamente referenciada en la operación y por lo tanto presenta relevancia práctica.

En cuanto a la documentación y a la capacidad de uso del sistema por parte de los empleados, un 100% logró utilizarlo de manera correcta, es decir que lograron generar un reporte con el uso del sistema.

## 7. Conclusiones.

En esta sección, se presentan las conclusiones derivadas del proyecto realizado en Sportvibes, enfocándose en los hallazgos clave, las lecciones aprendidas y las implicaciones de la solución desarrollada en la gestión de inventario y abastecimiento. La evaluación de los objetivos alcanzados y las recomendaciones basadas en la experiencia adquirida se presentan desde una perspectiva integral y técnica, alineada con los principios planteados.

La empresa Sportvibes ha experimentado una mejora significativa en la gestión y toma de decisiones basadas en datos, gracias a la adopción de una metodología ingenieril y tecnológica avanzada. Esta transformación ha permitido optimizar procesos, reduciendo el tiempo y los recursos humanos previamente necesarios para tareas específicas. Aunque el análisis de métricas como el GMROI no pudo ser extenso debido a la naturaleza de la operación, se han sentado las bases para un análisis más profundo en el futuro, estableciendo mecanismos que faciliten la comprensión y explicación de estos indicadores.

Un aspecto crucial de este proyecto ha sido la capacidad de predecir la demanda, proporcionando a la empresa herramientas para tomar decisiones más informadas sobre la eficacia y rentabilidad de sus procesos. La aplicación de métodos estadísticos y matemáticos en un escenario real ha reforzado el aprendizaje ingenieril y ha demostrado ser de gran valor práctico. Además, la colaboración con el equipo de Sportvibes ha sido una fuente de intercambio de conocimientos, beneficiando tanto a quien realiza el proyecto como a la empresa en su conjunto.

Este proyecto no solo ha mejorado la eficiencia operativa de Sportvibes, sino que también ha conseguido un camino hacia un crecimiento sostenible y una gestión más informada y estratégica. Se recomienda continuar con la aplicación y adaptación de los métodos y herramientas introducidos, manteniendo una revisión continua para alinearlos con las cambiantes necesidades y desafíos del mercado y de la propia empresa.

Para futuras mejoras en los pronósticos, sería beneficioso trabajar con una cantidad más amplia de datos históricos. Esto proporciona una base más rica de información, potencialmente aumentando la precisión de los modelos predictivos. Con una comprensión más profunda de las tendencias pasadas y los patrones de ventas, los modelos pueden ajustarse para ser más exactos y fiables en sus predicciones.



Adicionalmente, la implementación de un sistema de alertas para los productos de mayor venta podría ser una estrategia valiosa. Este sistema notificará al personal cuando los niveles de stock de estos productos esenciales bajen de un umbral crítico, permitiendo priorizar su reabastecimiento. Esta medida aseguraría que los productos más demandados estén disponibles consistentemente, minimizando el riesgo de pérdida de ventas en períodos futuros. La incorporación de estas mejoras no sólo fortalecería la capacidad predictiva del sistema, sino que también contribuiría a una gestión de inventario más eficiente y orientada a la demanda.

## 8. Bibliografía.

1. *Google Maps*. (2023, diciembre). <https://maps.google.com/>
2. Chopra, S., & Meindl, P. (2013). Administración de la cadena de suministro (Quinta edición). [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil\\_Chopra.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil_Chopra.pdf)
3. Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros (Decimotercera edición). <https://ucleanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>
4. González Borges, A. (2020). Rediseño del proceso de adquisiciones y bodegas en AINEL Ltda.. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176974>
5. Catalán Ibarra, E. (2023). Planificación de producción en modelo de optimización lineal con pronósticos de venta. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/194839>
6. Santibáñez Vera, S. (2023). Propuesta de mejora a los procesos administrativos de inventario a una empresa del sector del retail. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/193440>
7. Rodríguez Suárez, D. (2020). Aplicación de técnicas de Machine Learning a un Problema práctico de reposición de inventario. Disponible en <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20619>
8. *Bsale* | Sistema de ventas con Control de inventario. (2023). <https://www.bsale.cl/>
9. Sistema de predicción Sportvibes. (2023, diciembre). <https://sportvibes-sv-f5dxew2fek35o7mma5johx.streamlit.app/>