

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Diseño metodológico para la planificación y administración
de inventarios y la optimización de materiales en una
empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: Andrés Myrie Palacios

TUTOR: ING. Walter Chanto Herrera

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA
AGOSTO, 2025**

CONTENIDO

CONTENIDO	I
TABLAS	III
FIGURAS.....	IV
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
EPÍGRAFE	IX
RESUMEN.....	X
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 ANTECEDENTES.....	6
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i>	6
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i>	8
1.5 PROYECCIONES.....	10
1.5.1 <i>Alcances</i>	11
1.5.2 <i>Limitaciones</i>	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES	15
2.1.1 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	15
2.1.2 <i>FODA</i>	16
2.1.3 <i>Clasificación ABC</i>	18
2.1.4 <i>PROMEDIO MÓVIL SIMPLE</i>	21
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE.....	22
MEDICIÓN DEL ERROR DEL PRONÓSTICO.....	23
DAM (DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA)	23
EMC (ERROR MEDIO CUADRADO)	23

PEMA (PORCENTAJE DE ERROR MEDIO ABSOLUTO)	23
PME (PORCENTAJE MEDIO DE ERROR)	24
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	52
2.2.1 <i>Visión / Misión</i>	52
2.2.2 <i>Antecedentes históricos</i>	52
2.2.3 <i>Ubicación geográfica</i>	54
2.2.4 <i>Estructura organizacional</i>	56
2.2.5 <i>Cantidad de empleados</i>	57
2.2.6 <i>Tipos de productos</i>	57
2.2.7 <i>Mercado de exportación</i>	57
2.2.8 <i>Descripción general del proceso productivo</i>	58
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	60
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	63
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	65
3.3.1 <i>Sujetos de información</i>	67
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS	67
3.5 INSTRUMENTOS	69
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	69
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
4.1 DEFINIR	72
4.2 MEDIR	79
4.3 ANALIZAR	90
CAPÍTULO V. PROPUESTA	109
5.1 MEJORAR	110
5.2 CONTROLAR	119
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES	128
REFERENCIAS	129
APÉNDICES Y ANEXOS	132
ANEXO 1	133
PROJECT CHARTER	133

TABLAS

Tabla 2.1	57
Cantidad de empleados por área	57
Tabla 3.1:	68
Variables de la investigación por objetivo específico	68
Tabla 4.1	73
Diagrama SIPOC – Planificación de Inventarios en Telecomunicaciones	73
Tabla 4.3	80
Definición necesidad de ítems por evento	80
Tabla 4.2	91
Lluvia de ideas	91
Tabla 4.3	92
Impacto	92
Tabla 4.4.	92
Probabilidad de ocurrencia	92
Tabla 4.5.	93
Priorización de causas	93
Tabla 4.6	94
Análisis 5 por qué?	94
Tabla 4.7	95
Validación de causas	95
Tabla 4.8.	96
Análisis 5W +1H	96

FIGURAS

Figura 2.1	16
Ejemplo de Diagrama de Ishikawa	16
Figura 2.2	17
Ejemplo de FODA	17
Figura 2.3: Imagen análisis ABC	21
Figura 2.4	31
Plantilla para Lean Six Sigma	31
Figura 2.5	34
Kaisen	34
Figura 2.6	36
Ejemplo del análisis metodológico	36
Figura 2.7	40
Método de las 5s	40
Figura 2.8	42
Árbol de decisión	42
Figura 2.9	46
Representación Simétrico	46
Figura 2.10	46
Representación Asimétrico	46
Figura 2.11	47
Representación Acantilado	47
Figura 2.12	47
Representación dos picos	47
Figura 2.13	48
Representación Aplanado	48
Figura 2.14	48
Representación pico aislado	48
Figura 2.15:	54
Mapa satelital de Los Patitos S. A	54
Figura 2.16	56
Organigrama de empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones	56
Figura 2.17	58
Flujo del proceso productivo	58
Figura 3.1	70
Mapa conceptual metodológico	70
Figura 4.1	74
Análisis FODA	74
Figura 4.2	77
Encuesta al personal.	77

Figura 4.4	81
Fórmula para el cálculo de la necesidad en unidades	81
Figura 4.5	82
Estimación de necesidades basado en ventas proyectadas	82
Figura 4.6:	83
Estimación de necesidades con ejemplo de pestañas	83
Figura 4.7	84
Plan de ventas vs ejecución real	84
Figura 4.8.	87
Pareto de materiales	87
Figura 4.9.	88
Seguimiento a KPI de optimización	88
Figura 4.10.	97
Diagrama de Ishikawa empresa de telecomunicaciones	97
Figura 4.11	99
Identificación de conceptos claves	99
Figura 4.12	100
Metodología de pronóstico	100
Figura 4.13	101
Metododologia de pronóstico	101
Figura 4.14	102
Metododologia de pronóstico	102
Figura 4.15	103
Criterios de urgencia	103
Figura 4.16	104
Definición de cobertura	104
Figura 4.17	105
Niveles de inventario	105
Figura 4.18	106
Visualización del comportamiento de un ítem	106
Figura 4.19	107
Visualización del balance de inventario	107
Figura 5.1	111
Gantt del proceso para el Power BI	111
Figura 5.1	112
Tiempo estimado del proyecto	112
Fuente: autor, 2025.	112
Figura 5.2	112
Costo del desarrollo con servicios externos	112
Figura 5.3	113
Costo del desarrollo con servicios internos	113
Figura 5.4:	114

Página de inicio del <i>Dashboard</i>	114
Figura 5.5	116
Catálogos creados	116
Figura 5.6	117
Tablas de contenido	117
Figura 5.7	118
Catálogo de semanas	118
Figura 5.8	120
Actividades de control propuestas	120
Figura 5.9	121
Disminución de inventario sin rotación	121
Figura 5.10	122
Inventario en poder de frentes de trabajo	122
Imagen 5.11	123
Balance de inventarios para optimizar	123
Imagen 5.12	123
Comportamiento del material y existencias por región	123

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios Todopoderoso, fuente de vida, sabiduría y entendimiento. A Él, que ha iluminado mi camino, fortalecido mi espíritu en los momentos de dificultad y guiado cada paso en este proceso.

A mi familia, base y refugio de mi existencia. A mi esposa e hijos, por ser motor de inspiración y razón de perseverancia. A mis padres, por inculcarme valores, esfuerzo y amor, recordándome siempre que somos una extensión de quienes nos dieron la vida. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes. Gracias por su apoyo, paciencia y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ser supremo y dador de vida, por concederme la fuerza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar este objetivo. A mi familia, por su apoyo constante y amor incondicional; a mi madre, quien ha sido inspiración y pilar fundamental desde el inicio de mis estudios, brindándome siempre su ejemplo y respaldo. A mis amigos y compañeros, que como ángeles terrenales me alentaron, motivaron y acompañaron en los momentos más desafiantes de este camino, impulsándome a cerrar con éxito esta etapa. Y, de manera especial, a mi tutor, por su guía, paciencia y compromiso, que fueron clave en la culminación de este proceso académico.

EPÍGRAFE

“El principio de la sabiduría es el temor de Dios; buen entendimiento tiene todos los que practican sus mandamientos.” — Salmos 111:10

RESUMEN

El presente estudio titulado “*Diseño metodológico para la planificación y administración de inventarios y la optimización de materiales en una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones*” se desarrolló en una organización del sector de telecomunicaciones en Costa Rica, la cual brinda servicios de operación y mantenimiento a nivel nacional.

En el **Capítulo 4**, correspondiente al análisis de la situación actual, se identificaron como principales hallazgos la ausencia de procedimientos estandarizados en la gestión de inventarios, una limitada integración entre las áreas operativas y administrativas, y deficiencias en la trazabilidad de materiales. Asimismo, se evidenció un *sobrestock* en ciertos insumos críticos, mientras que otros presentaban desabastecimientos recurrentes, lo cual repercutía directamente en los costos y en los tiempos de respuesta al cliente.

En el **Capítulo 5**, donde se propone el diseño metodológico, se desarrolló un modelo integral de planificación y control de inventarios basado en principios de gestión industrial. Dicho modelo incluyó la clasificación de materiales según su criticidad y rotación, el establecimiento de parámetros de reabastecimiento y la incorporación de herramientas tecnológicas para mejorar la trazabilidad y reducir pérdidas.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el objetivo general del estudio —diseñar un método para optimizar la planificación y administración de inventarios de materiales en la empresa— fue cumplido satisfactoriamente, ya que el modelo propuesto ofrece una solución práctica y adaptable a la realidad de la organización, generando mejoras en la disponibilidad de insumos, la reducción de costos y la eficiencia en la operación.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este estudio se realiza en una empresa que presta servicios de instalaciones y reparación de averías telefónicas a nivel nacional, en redes de cobre y fibra óptica.

La metodología de planificación de inventarios empleada por la empresa de telecomunicaciones se basa en un modelo para el cual no hay aleatoriedad o incertidumbre en el proceso modelado, ni un respaldo a través de herramientas que permitan estimar pronósticos de una manera más precisa.

La ausencia de una metodología que aplique el conocimiento y prácticas profesionales en la gestión de inventarios ha generado que en algunos códigos de materiales la rotación de inventarios sea muy baja o nula, generando dinero ocioso en almacenes, en lugar de buscar mejores alternativas para destinar los recursos de la empresa; en otros casos se dan desabastecimientos que afectan las operaciones y hacen a la empresa susceptible de multas por atraso en la entrega de los servicios contratados. Entre las causas más relevantes se pueden citar:

- Uso del modelo determinístico sin uso de herramientas como el Delphi, que permitan acercar el pronóstico lo más posible a la realidad.
- Ausencia de análisis de datos históricos para extrapolar el comportamiento de datos históricos en pronósticos.

Producto de lo indicado se han materializado las siguientes consecuencias reales:

- Eficacia y eficiencia deficiente en la estimación del presupuesto.
- Altos niveles de inventario que provocan altos costos de almacenaje.
- Inventarios en condición de nula rotación o sobre existencia, afectando, claro está, las finanzas al contar con inventarios ociosos.
- Líneas de inventario insuficiente que han provocado desabastecimiento e interrupción en la continuidad de servicios prestados, con las consecuentes multas.

Lo anterior repercute de manera directa en la competitividad de la empresa, generado que su lenta acción a las necesidades de la globalidad y la poca optimización de procesos creen un rezago en todos sus campos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Dotar a la empresa de un diseño metodológico para la planificación y administración de inventarios y para la optimización de materiales, mediante herramientas analíticas basadas en la metodología DMAIC, que facilite el tratamiento estadístico, matemático y lógico que, de manera automatizada acreciente su competitividad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de la planificación y administración de inventarios, buscando oportunidades de mejora.
- Diseñar una metodología de planificación de inventarios basada en el enfoque DMAIC, incorporando modelos matemáticos, estadísticos y herramientas de automatización que optimicen la gestión del inventario y la reducción de costos operativos.
- Implementar una metodología útil para el personal que coadyuve en la optimización del inventario mediante el balance de los centros logísticos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a que los recursos son escasos las empresas deben equilibrar el uso de este entre las operaciones ordinarias que generan ingresos ordinarios y las inversiones que se necesitan para generar nuevos ingresos.

La metodología actual de la empresa es susceptible de mejora con la aplicación de técnicas de planificación de inventarios que permitan una mayor precisión y exactitud en los pronósticos, para evitar que los excesos o déficit de inventarios generen pérdidas o despilfarro de los recursos.

En la actualidad el recurso especializado y el conocimiento del negocio es escaso, lo que es destinado a diferentes labores. Esta implementación vendrá a dar un respiro para que los analistas encargados de la planificación del inventario cuenten con una herramienta matemática, estadística y sobre todo apoyada en conceptos indispensables para el pronóstico de inventarios.

Entender correctamente el impacto de las diferentes variables en la política de inventario de una empresa, es vital para la salud financiera y la eficiencia de ésta, ya que es posible alcanzar los niveles de servicio mínimos requeridos con menos inventario de seguridad, como lo indica la revista tecnológica en marca *On-line version* ISSN 0379-3982 *Print version* ISSN 0379-3982, o bien el coeficiente de variación, como lo indica el artículo del Dialnet: Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo, donde resumen: “La investigación permitió concluir que, debido a las particularidades en la rotación y al comportamiento heterogéneo de la demanda de los productos en cada sitio de distribución, es conveniente realizar una clasificación por cada punto y definir modelos de pronósticos de manera individual”.

Como se evidencia en los párrafos anteriores, la aplicación adecuada de estos conceptos beneficiará a la empresa y sus colaboradores, dotando a estos de una herramienta facilitadora de la estandarización de procesos, mejorando de manera clara y precisa, no solo la adquisición de bienes, sino dando fluidez a la rotación de estos por sus diferentes centros logísticos, permitiendo entre otras cosas aumentar la productividad, reducir los costes operativos, optimizar el tiempo de

trabajo y eliminar errores humanos provocados por la digitación, para finalmente aumentar la satisfacción del cliente.

1.4 ANTECEDENTES

A continuación, se describen antecedentes nacionales e internacionales que permiten una mejor comprensión del contexto del proyecto.

1.4.1 Antecedentes nacionales

En Costa Rica, el mundo de las telecomunicaciones es de vital importancia para, no solo el desarrollo del país en materia de modernización, sino también para el establecimiento y crecimiento de las empresas encargadas de dar los servicios indicados.

- En esa búsqueda de la eficacia y la eficiencia que lleven a la empresa a ser competitiva en su campo puede mencionarse como ejemplo el proyecto de graduación “Sistema de gestión de pavimentos flexibles”, realizado por Rodolfo Rothe Cordero del año 2020 para la Municipalidad de Heredia, disponible en el Repositorio de Trabajos de Graduación del TEC. Este proyecto pretende maximizar la eficiencia de la industria, comercio y turismo; así como mejorar la calidad de vida de la población al considerar los factores sociales, ambientales, económicos y técnicos en un proceso de toma de decisiones.
- Se puede mencionar también el trabajo de graduación “Optimización de Inventarios en la Industria Manufacturera Costarricense”. En un estudio realizado por la Universidad Técnica Nacional (Morales y López, 2022), se analizó la situación de la gestión de inventarios en empresas manufactureras de Costa Rica. Se encontró que muchas de estas empresas siguen utilizando métodos tradicionales de control de inventarios, lo que genera costos adicionales por el exceso de *stock* o por falta de productos. El estudio recomendó la implementación de herramientas digitales y sistemas ERP para mejorar la precisión en la planificación y reducir los costos operativos.
- Según un informe de la Cámara de Comercio de Costa Rica “La implementación de Tecnología en la Gestión de Inventarios en Empresas de Retail”, las empresas de retail en el país han comenzado a implementar sistemas de gestión de inventarios más avanzados, como el uso de sistemas ERP integrados con módulos de planificación de demanda. Estas

empresas reportaron mejoras en la eficiencia del control de inventarios, reduciendo tiempos de respuesta y optimizando la rotación de productos, lo que también impactó positivamente en la satisfacción del cliente. Lo anterior como lo indica la publicación de The Food Tech de diciembre de 2021.

- El estudio realizado por la Universidad Nacional de Costa Rica: “Análisis de la Planificación de Inventarios en el Sector Agroindustrial Costarricense” (González et al., 2020), centrado en el sector agroindustrial del país, reveló que las empresas enfrentaban serios problemas de gestión de inventarios debido a la alta variabilidad en la demanda de productos frescos. Se sugirió la implementación de modelos de previsión estadística y sistemas automatizados que permitieran mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios y reducir las pérdidas de productos perecederos.
- El proyecto desarrollado en la Universidad Latina de Costa Rica “Propuesta de mejora en el proceso de gestión de inventarios para la planificación y rotación de suministros en la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.” (2022), propuso mejoras en el proceso de gestión de inventarios de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A. Se enfocó en la planificación y rotación de suministros para optimizar la eficiencia y reducir costos operativos, generado por Ricardo Hernández Larios, director ejecutivo.

Estos antecedentes evidencian la relevancia de la gestión eficiente de inventarios en diversas empresas costarricenses y aportan valiosas referencias para el desarrollo de metodologías de planificación y administración de inventarios.

1.4.2 Antecedentes internacionales

- La experiencia internacional y la mejora a sus procesos demuestra una vez más y refuerza la importancia de que la empresa donde se desarrolla el análisis metodológico se apalanque en la gestión eficiente del inventario con una automatización de análisis, como lo evidencian:
- La implementación de modelos de planificación de inventarios en la industria automotriz (Alemania, 2021). Un estudio realizado por la Universidad Técnica de Múnich (Schneider & Weber, 2021) analizó la optimización de inventarios en la industria automotriz alemana mediante el uso de modelos de planificación basados en inteligencia artificial. La investigación concluyó que la aplicación de algoritmos predictivos permitió reducir en un 35% los costos de almacenamiento y mejorar la disponibilidad de piezas en las líneas de producción, evitando interrupciones.
- Uso de sistemas ERP para la gestión de inventarios en el sector retail (Estados Unidos, 2022). Según un informe de la National Retail Federation (NRF, 2022), más del 70% de las grandes cadenas de retail en Estados Unidos han implementado sistemas ERP con módulos avanzados de planificación de inventarios. Se observó que estas herramientas han mejorado la rotación de productos en un 40% y han optimizado la toma de decisiones estratégicas basadas en datos en tiempo real.
- Optimización de inventarios en la industria farmacéutica con modelos de pronóstico de demanda. (India, 2020). Un estudio publicado en el International Journal of Supply Chain Management (Sharma et al., 2020) evaluó la gestión de inventarios en la industria farmacéutica de India, donde la variabilidad de la demanda representa un reto significativo. La investigación demostró que la implementación de modelos de pronóstico avanzados, combinados con sistemas de planificación automatizados, permitió reducir en un 20% el desperdicio de medicamentos y mejorar la disponibilidad de productos esenciales en hospitales y farmacias.

- Estrategias de planificación de inventarios en el comercio electrónico (China, 2021). Un estudio de la Universidad de *Tsinghua* (Li & Zhang, 2021) analizó el impacto de la digitalización en la gestión de inventarios en el comercio electrónico en China. Se encontró que empresas como Alibaba y JD.com han desarrollado metodologías de planificación basadas en *big data* e inteligencia artificial, lo que ha reducido los tiempos de entrega en un 50% y ha mejorado la precisión del stock en los centros de distribución.
- Automatización de la gestión de inventarios en el sector agroindustrial (Brasil, 2023). La Universidad de São Paulo (Silva et al., 2023) realizó un estudio sobre la automatización en la gestión de inventarios en la agroindustria brasileña. Se concluyó que el uso de sistemas de monitoreo con *IoT* y *blockchain* mejoró la trazabilidad de los productos en la cadena de suministro, reduciendo en un 30% las pérdidas por almacenamiento inadecuado y optimizando la distribución de productos perecederos.

Queda demostrado, inclusive en los datos internacionales aportados, que los procesos de análisis y automatización de los procesos no solo reducen el error humano, sino que son un pilar fundamental para la mejora y crecimiento de la empresa que vaya a implementarlo de una manera seria y correcta.

1.5 PROYECCIONES

Dentro de las proyecciones que se pretenden obtener con la propuesta para el diseño de una metodología de planificación de inventarios, apoyada en un sistema que permita administrar de manera eficaz y eficiente, así como optimizar los materiales que utiliza una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, es posible mencionar lo siguiente:

- **Optimización de inventarios:** Reducir costos operativos mediante una gestión eficiente de materiales, evitando la sobre existencia y la escasez de insumos críticos para la operación y mantenimiento de los servicios de telecomunicaciones, principalmente los que no son adquiridos en el mercado local y cuya dificultad es mayor.
- **Mejora en la disponibilidad de materiales:** Plantear un escenario de planificación donde los materiales y repuestos necesarios estén disponibles en el momento y lugar adecuados, minimizando tiempos de espera y retrasos en la ejecución de proyectos y mantenimiento.
- **Reducción de pérdidas y obsolescencia:** Implementar estrategias que permitan reducir pérdidas por deterioro o caducidad de materiales, maximizando el aprovechamiento de los recursos y disminuyendo desperdicios o envíos de materiales y/o equipos a procesos de recuperación o desecho, sin tener la oportunidad de salir al mercado.
- **Automatización y control en la gestión de inventarios:** Implementar un sistema automatizado, que, mediante la programación de variantes lógicas, matemáticas y estadísticas, facilite el seguimiento del inventario, mejorando la trazabilidad, el control y la toma de decisiones basadas en datos precisos y actualizados.
- **Eficiencia en la planificación y abastecimiento:** Desarrollar una metodología que permita prever la demanda de materiales con base en análisis históricos y tendencias, optimizando los procesos de compra y distribución para mejorar la productividad y la calidad del servicio.

En conclusión, la implementación de esta metodología de planificación de inventarios, respaldada por un diseño metodológico de gestión eficiente, traerá consigo múltiples ventajas para la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.

La optimización de los inventarios y la mejora en la disponibilidad de materiales permitirán reducir costos operativos y tiempos de respuesta, fortaleciendo la continuidad y calidad del servicio. Asimismo, la reducción de pérdidas y obsolescencia, junto con la automatización de la gestión de inventarios, permitirá contar con un control más preciso y una toma de decisiones basada en información en tiempo real.

Finalmente, la eficiencia en la planificación y abastecimiento contribuirá a una mayor productividad y competitividad en el mercado, posicionando a la empresa como un referente en la gestión inteligente de sus recursos.

1.5.1 Alcances

El estudio se genera en una empresa de telecomunicaciones que presta servicios de instalaciones y reparación de averías telefónicas a nivel nacional, en redes de cobre y fibra óptica, con la finalidad de aumentar la competitividad con herramientas como *kaizen* de procesos.

El proyecto se desarrolla en un área *Staff* de una de las direcciones de esta empresa de telecomunicaciones, cuyo nombre es Gestión Disponibilidad de las Operaciones. La idea de este es la definición de un modelo lógico y matemático, basado en el comportamiento de los materiales que posee la empresa, dando una mayor seguridad en la planificación de necesidades, así como la automatización de las acciones que permitan la optimización de inventarios, un mejor balance en los centros de distribución de la empresa, así como el mejoramiento de las finanzas en ingresos, producto de contar con inventarios sanos.

El proyecto tiene su origen en el departamento indicado en el párrafo anterior; sin embargo, su alcance podría llegar eventualmente a nivel de toda la dirección a la cual este pertenece, ya que el

modelo y la automatización será compartida con el personal de las regiones con la finalidad de, entre otras cosas:

- Automatizar los cálculos necesarios para planificar necesidades.
- Contar con una herramienta que le permita toma de decisiones de manera segura, rápida y gerencial.
- Contar con información a un clic de distancia.
- Controlar semanalmente los indicadores definidos.

1.5.2 Limitaciones

Dentro de las limitaciones que se encuentran para el desarrollo de este proyecto se mencionan:

i. Disponibilidad y calidad de la información

- La precisión del diseño dependerá de la confiabilidad de los datos históricos y actuales del inventario, los cuales son muy controlados debido a la confidencialidad de los datos, ya que la empresa analizada tiene políticas restrictivas con el tema, por situaciones de competencia.

ii. Restricciones tecnológicas

- La implementación del sistema puede verse limitada por la infraestructura tecnológica disponible en la empresa, incluyendo software, hardware, permisos, accesos y limitantes de capacitación al personal que utilizará el desarrollo.

iii. Resistencia al cambio

- La adopción de la nueva metodología y sistema podría enfrentar barreras organizacionales, como la falta de capacitación o la resistencia del personal que tiene arraigo a metodologías antiguas y mucho tiempo bajo el modelo existente.

iv. Capacidad operativa y de recursos humanos

- La implementación del sistema puede verse afectada por la disponibilidad y capacitación del personal encargado de gestionar los inventarios y operar la nueva metodología.

- v. Rigidez en normativas y procedimientos administrativos
- Las regulaciones y procesos burocráticos asociados con la gobernanza y ejecución pueden dificultar la implementación de nuevas metodologías, retrasando la aprobación de cambios y la adopción del sistema propuesto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o de espina de pescado, es un organizador gráfico que representa las distintas causas de un problema, con el objetivo de encontrar una solución; o de un hecho, con la finalidad de conocer qué eventos lo produjeron. Este diagrama fue inventado alrededor de 1940 y posteriormente fue mejorado por Kaoru Ishikawa, un químico y administrador de empresas nacido en Japón, para analizar los distintos factores que intervienen en un proceso empresarial y determinar cuáles son los que producen un problema.

Una vez que se detecta qué elemento genera el inconveniente, es posible plantear una solución para mejorar la calidad de un servicio o un producto, alcanzar la eficiencia en un proceso o lograr un objetivo.

Si bien este diagrama se utiliza principalmente en los ámbitos empresarial e institucional, también se puede emplear en el científico y el educativo para conocer las causas de un fenómeno o explicar distintos temas.

Cabeza. Se encuentra a la derecha, puede tener la forma de una cabeza de pez, un círculo o un rectángulo y es la parte en la que se escribe el problema, el evento o el efecto.

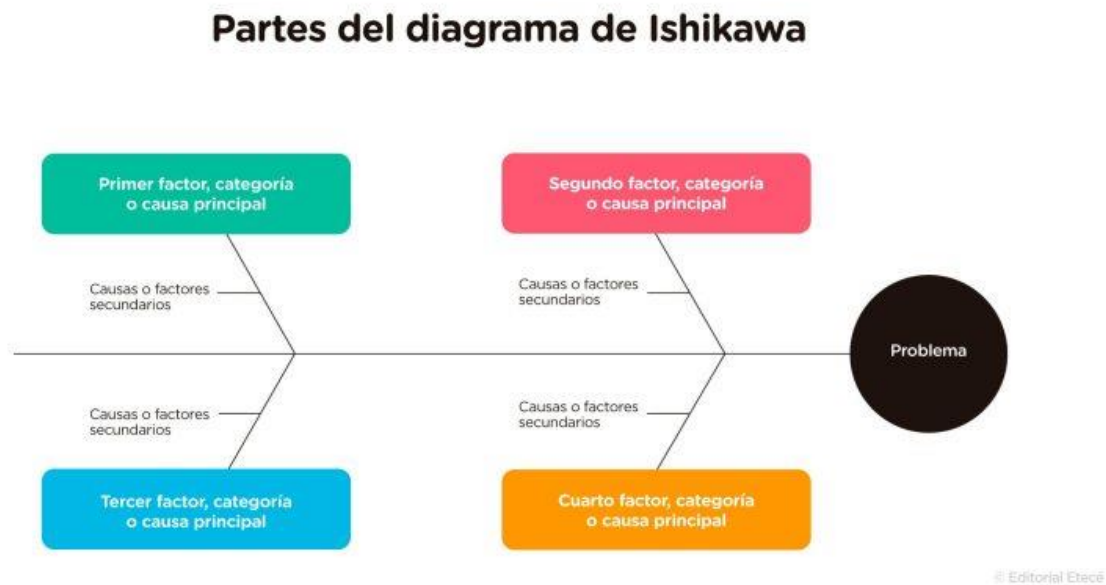
Espina central. Es una línea que se desprende de la cabeza.

Espinas principales. Son líneas en diagonal que se desprenden de la espina central y que contienen las causas, las categorías o los factores principales.

Espinas secundarias. Son líneas que se desprenden de las espinas principales y que contienen las causas o los factores secundarios.

Figura 2.1

Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Editorial Etecé, Enciclopedia Concepto, 24 de octubre de 2024.

2.1.2 FODA

Como indica Alicia Reaburn en su artículo “Análisis FODA: qué es y cómo usarlo”, el análisis FODA permite identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas de un proyecto específico o de un plan de negocios general. Con esta herramienta, el equipo puede planificar estratégicamente y mantenerse a la vanguardia de las tendencias del mercado.

Si bien, por lo general, se usa muchísimo en pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro, empresas grandes y otras organizaciones; el análisis FODA se puede aplicar tanto con fines profesionales como personales.

El análisis FODA es una herramienta simple y, a la vez, potente que ayuda a identificar las oportunidades competitivas de mejora. Permite trabajar para mejorar el negocio y el equipo mientras te mantienes a la cabeza de las tendencias del mercado.

¿Qué significa FODA?

FODA significa fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Es muy importante analizar cada uno de estos factores para planificar correctamente el crecimiento de las organizaciones. Aquí es donde el análisis entra en juego.

Figura 2.2

Ejemplo de FODA



Fuente: Alicia Raeburn, Análisis FODA: que es y cómo usarlo, 1 de julio de 2024.

- Fortalezas

Las fortalezas de FODA o DAFO hacen referencia a las iniciativas internas que funcionan bien. Se podrían comparar con otras iniciativas o con un costado competitivo externo. Al analizar estas áreas puedes entender qué es lo que ya funciona. Entonces, puedes aplicar esas técnicas que sabes que funcionan bien —las fortalezas— en otras áreas que pueden necesitar un refuerzo extra como la mejora de la eficiencia del equipo.

- Debilidades

Las debilidades en FODA se refieren a las iniciativas internas que no funcionan como es debido. Es una buena idea analizar las fortalezas antes que las debilidades para generar referencias de lo que significan el éxito y el fracaso. La identificación de las debilidades internas ofrece un punto de partida desde el cual mejorar los proyectos.

- Oportunidades

Las oportunidades en FODA son el resultado de las fortalezas y las debilidades, junto con cualquier iniciativa externa que te colocará en una posición competitiva más sólida. Podría ser cualquier cosa, debilidades que quisieras mejorar o áreas que no se hubieran identificado en las primeras dos etapas del análisis.

- Amenazas

Las amenazas en FODA se refieren a las áreas que tienen el potencial de causar problemas. Difieren de las debilidades en que las amenazas son externas y, por lo general, están fuera de nuestro control. Pueden ser eventos como la pandemia o un cambio en el panorama competitivo.

2.1.3 Clasificación ABC

Como lo explica la empresa Ar-racking, el método de clasificación de inventarios ABC es un sistema para segmentar y organizar los productos de un almacén con base en su importancia, relevancia para la empresa, valor económico, beneficios aportados, rotación generada, entre otros.

Con la clasificación ABC se pretende priorizar las mercancías más importantes de un almacén para la empresa, como pueden ser los productos con mayor impacto en los beneficios de la empresa y las que mayor rotación suponen, en lugar de tratar a todas las referencias por igual o de organizarlas por su tamaño, peso o cantidad.

- **Origen y explicación del análisis ABC del stock**

El origen del método ABC de gestión del stock proviene de la conocida como regla del 80/20 o principio de Pareto, según el que una pequeña parte del total de las cosas es la que contribuye a la mayor parte de la consecución de los resultados. Aplicando la regla 80/20 a la realidad de la empresa, un 20% del total de referencias, son las que generarían el 80% de los beneficios.

Extrapolando el principio de Pareto a la logística, resultaría en que en un almacén en torno a un 20% de las referencias de productos son las que generan el 80% de los movimientos del almacén y también de los ingresos de la empresa.

Utilizando este principio como base, se pueden seguir diversos criterios para organizar y priorizar esta parte más importante de la mercancía en función de las características de cada empresa.

El método de clasificación ABC utiliza este principio de Pareto para segmentar las mercancías de un almacén en tres categorías (A, B y C) con base en su importancia según el criterio elegido, y de esta forma destinar más recursos a las referencias que son clave para la empresa, en este caso las elegidas en el grupo A.

- **Categorías de productos en el sistema ABC**

Como no todos los productos del almacén nos aportan la misma rentabilidad e ingresos, no se debe destinar la misma cantidad de recursos a todos por igual.

A continuación, se presenta qué tipo de referencias de producto se deben incluir en cada categoría A, B y C.

- **Productos de Categoría A**

Según el sistema ABC, las referencias de la categoría A son las más importantes para la empresa. Son solo en torno a un 20% del inventario, pero suponen la mayoría del movimiento habitual del almacén, con mayor rotación y también los que aportan en torno al 80% de los ingresos de la empresa.

Al ser la categoría de referencias prioritaria, la empresa deberá destinarle más recursos para llevar a cabo controles de stock más exhaustivos y complejos y realizados de forma periódica y frecuente.

Cualquier problema en el inventario de los productos de la Categoría A, como escasez o ruptura de stock, supondrá importantes pérdidas a la empresa.

La ubicación de la mercancía categorizada como A en el modelo ABC deberá situarse en zonas de fácil acceso y cercanas a la zona de expedición, para agilizar el proceso de preparación de pedidos. Es muy importante tener claro esto para definir el *layout* del almacén y organizar correctamente todo el stock.

Los productos de esta categoría se pueden almacenar en sistemas de almacenaje con acceso rápido y directo las unidades de carga, o en su caso en sistemas de almacenaje automatizados para optimizar los tiempos de carga y descarga de la mercancía.

- **Productos de Categoría B**

Las referencias de producto categorizadas como B en la clasificación ABC son las que tienen una importancia y rotación moderada para la empresa. Generalmente suponen en torno al 30% del total de productos del almacén y por norma, no suelen generar más del 20% de los ingresos de la empresa.

Al ser una categoría intermedia entre la A y la C se debe revisar periódicamente su estatus, valorando la posibilidad de que se convierta en una referencia de categoría A o C en el futuro.

El control de stock de esta categoría de productos también debe realizarse periódicamente, pero en menor frecuencia que los de categoría A que absorberán el grueso de la carga de trabajo en almacén.

Su localización en el almacén será en los lugares más accesibles y directos disponibles una vez haya organizado y reservado las mejores ubicaciones para las referencias A. Generalmente, los productos de categoría B se almacenan en niveles intermedios en los que el acceso es rápido, pero no siempre directo a todas las unidades de carga.

- **Productos de Categoría C**

Según el principio de Pareto que sigue el modelo ABC, las referencias de la categoría C serán las más numerosas, pero también las que menos ingresos aportan a la empresa. Pueden suponer más del 50% de las referencias de productos, pero en términos de ingresos no alcanzan ni el 5% del total.

Su rotación en el almacén será muy baja, al ser referencias menos demandadas y por lo tanto son productos en los que se debe intentar reducir al máximo los recursos destinados a ellos.

El control de inventarios puede ser esporádico y con métodos simples, lo suficiente para evitar problemas de obsolescencia o caducidad y su ubicación en el almacén será la de los puntos alejados de la zona de expedición y en los niveles superiores o con peor accesibilidad.

Con las referencias de categoría C se debe realizar una valoración para estudiar si merece la pena destinar recursos de la empresa a su almacenaje y stock, ya que puede darse la situación de que los costes derivados de su almacenaje sean superiores a la rentabilidad obtenida con su comercialización.

Figura 2.3: Imagen análisis ABC



Fuente: Im WordPress.com, 2025.

2.1.4 Promedio Móvil Simple

Un promedio móvil se obtiene encontrando la media de un conjunto específico de valores y empleándolo después para pronosticar el siguiente periodo. Esto se define mediante la siguiente ecuación:

$$M_t = \frac{(Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-n+1})}{n}$$

En donde:

M_t = promedio móvil en el periodo t .

Y_t = valor real en el periodo t .

n = número de términos en el promedio móvil.

Este modelo funciona mejor con datos aleatorios. No maneja muy bien la estacionalidad o la tendencia. El analista debe escoger el número de periodos n . Entre mayor sea el orden del promedio, mayor será el efecto de atenuación. Empleado como un pronóstico, un promedio móvil grande presta poca atención a las fluctuaciones en la serie de datos.

Suavización exponencial simple

La suavización exponencial define el pronóstico del próximo periodo como el pronóstico del periodo actual, más un porcentaje de la desviación entre el valor pronosticado para el periodo actual y el valor real obtenido.

Según la ecuación:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (D_t - F_t)$$

En donde:

F_t = Pronóstico para el periodo actual (se toma como variable la letra F , porque en inglés pronosticar se escribe *Forescasting*).

F_{t+1} = Pronóstico para el próximo periodo.

D_t = Valor real presentado en el periodo actual.

Alfa es un valor entre 0 y 1, es decir, es un porcentaje que debe escoger la persona que hace el análisis. La fórmula tal como está planteada tiene una naturaleza adaptativa, cuando el pronóstico anterior falla por debajo, es decir F_t es menor que D_t , para el próximo periodo, toma este pronóstico y le suma un porcentaje del error de forma positiva y lo mismo sucede, al contrario. Entre más grande sea el valor de Alfa, el pronóstico responderá más rápido a los cambios que se presenten en la variable que se desea pronosticar, pero también puede hacer variar el pronóstico mucho hacia el lado incorrecto.

Medición del error del pronóstico

A continuación, se describen las técnicas de medición del error para los pronósticos:

DAM (Desviación Absoluta Media)

Mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores pronóstico (valores absolutos de cada error), como se muestra en la siguiente representación. La DAM resulta de gran utilidad cuando el analista desea medir el error de pronóstico en las mismas de la serie original.

$$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

EMC (Error Medio Cuadrado)

Este enfoque penaliza los errores mayores de pronóstico, ya que eleva cada uno al cuadrado. Esto es importante pues en ocasiones pudiera ser preferible una técnica que produzca moderados a otra que por lo general tenga errores pequeños, pero que ocasionalmente arroje alguno en extremo grande.

$$EMC = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

PEMA (Porcentaje de Error Medio Absoluto)

El Porcentaje de Error Medio Absoluto (PEMA) se calcula encontrando el error absoluto en cada periodo, dividiendo este entre el valor real observando para ese periodo y después promediando estos errores absolutos de porcentaje. Este enfoque es útil cuando el tamaño o magnitud de la variable de pronóstico es importante en la evaluación de la precisión del pronóstico. El PEMA proporciona una indicación de qué tan grandes son los errores de pronóstico comparados con los valores reales de la serie. También se puede utilizar para comparar la precisión de esta u otra técnica sobre dos series completamente diferentes.

$$PEMA = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n}$$

PME (Porcentaje Medio de Error)

A veces resulta necesario determinar si un método de pronóstico está sesgado (pronóstico consistentemente alto o bajo). En estos casos, se emplea el Porcentaje Medio de Error, que se calcula encontrando el error en cada periodo, dividiendo esto entre el valor real de ese periodo y promediando después estos porcentajes de error. Si un enfoque de pronóstico no está sesgado, la ecuación producirá un porcentaje cercano a cero. Si el resultado es un porcentaje negativo grande, el método de pronóstico está sobreestimado de manera consistente. Si el resultado es un porcentaje positivo grande, el método de pronóstico está subestimado en forma consistente.

$$PME = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t}}{n}$$

2.1.5 Análisis Pestel

Como lo indica el artículo de Managment, marketing del 11 de octubre de 2022, titulado “Análisis PESTEL de una empresa: qué es y cómo hacerlo”, realizar un análisis externo de una empresa es una tarea esencial para anticiparse a los problemas y adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado.

Analizar los factores externos que afectan a una empresa es fundamental para su supervivencia, ya que determina su capacidad para adaptarse a los cambios del mercado. Existen diferentes herramientas que permiten detectar los riesgos y oportunidades del entorno, una de las más conocidas es el análisis DAFO, aunque el análisis PESTEL es un instrumento más poderoso y completo.

El análisis PESTEL es una herramienta que se utiliza para identificar las fuerzas externas a nivel macro que influyen sobre un negocio y pueden determinar su evolución, tanto en términos económicos como de reputación. El acrónimo PESTEL se refiere a los factores que se analizan: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales. Por lo tanto, el análisis PESTEL es un estudio de mercado únicamente de factores externos que afectan a una empresa.

¿Cómo hacer un análisis PESTEL?

Para realizar el análisis del entorno externo de una empresa hay que preguntarse cómo los factores macro pueden afectar el negocio. Con este ejemplo del análisis PESTEL de Apple se podrá comprender mejor.

1. **Factores políticos.** Se analizan las políticas del país donde opera la empresa, la estabilidad gubernamental y los cambios en los acuerdos internacionales. En el caso de Apple, las tensiones comerciales entre Estados Unidos y China, país donde el gigante tecnológico fabrica sus iPhones, sumado a las presiones del gobierno estadounidense para que traslade su producción a suelo nacional, son factores desestabilizantes.
2. **Factores económicos.** Los cambios en la normativa fiscal, las crisis económicas, la inflación, los tipos de cambio e interés, así como la tasa de empleo, son también factores externos que afectan a una empresa. Para Apple, la pérdida de poder adquisitivo de la clase media europea y estadounidense, unido al aumento de los costos de fabricación por los incrementos salariales en China, son importantes factores que atentan contra su negocio.
3. **Factores sociales.** El análisis PESTEL incluye una valoración de los patrones culturales, valores compartidos, movimientos geográficos de los consumidores y cambios en sus hábitos de consumo. En el caso de Apple, la preocupación por la ética empresarial debido a sus fábricas en China, así como la creciente reacción negativa hacia los productos caros y la obsolescencia programada, representan grandes riesgos para la marca.
4. **Factores tecnológicos.** El coste de acceso a la tecnología, las inversiones en I+D y las actualizaciones tecnológicas son aspectos esenciales para el análisis externo de una empresa. Apple, por ejemplo, debe enfrentarse a grandes competidores como Google y Samsung que responden más rápido a los cambios en las necesidades de los consumidores. El entorno restringido de iOS es otro factor en contra de la marca.

5. **Factores ecológicos.** Son todos los aspectos relacionados con la preservación del medioambiente, desde la contaminación que emite la actividad empresarial y el uso de los recursos naturales hasta la gestión de los residuos. En este sentido, los mayores problemas de Apple son: la eliminación de sus dispositivos electrónicos, la contaminación que producen sus fábricas y el impacto medioambiental de su cadena de suministro.
6. **Factores legales.** Se incluyen las leyes que afectan a la empresa y limitan su actuación, desde las normativas que regulan el empleo hasta aquellas en materia de seguridad laboral, propiedad intelectual, protección al consumidor y/o consumo de energía. En el caso de Apple, su dependencia de las leyes de propiedad intelectual para el software y la música que distribuye le hace vulnerable a la piratería y los litigios.

2.1.6 Mapa mental

Un mapa mental es una representación espontánea de pensamientos que se ramifica desde un concepto central. La organización visual del diagrama fomenta la tormenta de ideas, la toma de notas efectiva, una retención mayor y una presentación impactante. Los mapas mentales pueden ser simples o elaborados y dibujarse a mano o en una computadora. En función del propósito y el tiempo, el mapa mental puede incluir elementos significativos y creativos, como imágenes, dibujos, líneas curvas de grosor variable y múltiples colores.

El mapa mental tiene sus orígenes en Tony Buzan, autor británico y estrella de televisión, quien popularizó el término "mapa mental" en la década del 70 en su serie de televisión de la BBC Usa tu cabeza y en sus libros, como *Modern Mind Mapping for Smarter Thinking*. Sin embargo, el concepto de trazar ideas de forma visual se remonta a una época más temprana.

A Porfirio, un filósofo del siglo III que vivió en Grecia y Roma, se le atribuye el crédito de la creación de mapas visuales de la obra *Categorías* de Aristóteles. Su invento, el Árbol de Porfirio, no incluía ilustraciones, pero otros pensadores las agregaron más adelante. En el siglo XIII, el filósofo Ramon Llull también usó este tipo de diagrama, incluido un Árbol de Porfirio ilustrado.

2.1.7 Lluvia de ideas

Como se ha investigado en diferentes citas, el Equipo editorial Etecé define el concepto de lluvia de ideas, popularmente conocida como *brainstorming* (del inglés “tormenta mental” o “tormenta de ideas”, es una técnica de trabajo grupal que consiste en proponer libremente ideas y asociaciones a partir de un concepto determinado, con el propósito de obtener ideas innovadoras y perspectivas originales.

Muy popular en los entornos del marketing y la publicidad, la lluvia de ideas fue popularizada y formalizada como método a mediados del siglo XX por el publicista y teórico de la creatividad estadounidense Alex F. Osborn (1888-1966). Osborn acudió a ella para salvar su agencia publicitaria durante un período de crisis, según relata en su libro *Imaginación aplicada* de 1953.

En principio, la lluvia de ideas consiste en reunir a los creativos publicitarios, proponer un tema a pensar y después recopilar las ideas que surgieran libremente, teniendo en cuenta una única regla de oro: no discutir.

La efectividad de la lluvia de ideas es objeto de debate entre psicólogos y estudiosos de la mente. Existen estudios que afirman una mayor capacidad creativa de los individuos en solitario que estando en grupos, ya que existe una cohibición natural ante la presencia y las opiniones del otro, un cierto afán por cautivar y complacer. Sin embargo, el *brainstorming* continúa usándose en diferentes ámbitos como una herramienta para fomentar el caos creativo.

Para llevar a cabo una lluvia de ideas se deben seguir los siguientes pasos:

- Elegir a los participantes. El grupo idóneo para una sesión de *brainstorming* está compuesto por personas distintas entre sí, con labores diferentes y valores distintos, pero con el suficiente espíritu institucional o la suficiente disciplina como para no enfrascarse en diatribas personales. Uno de ellos debe ser el moderador; idealmente alguien que tenga cierta autoridad en la materia. Una vez elegidos, siempre en un grupo limitado, deben reunirse en un espacio aparte, sin contacto con otras personas ni interrupciones.

- Sentar las reglas de juego. Es importante que los participantes estén comprometidos con la sesión, dispuestos a colaborar y que comprendan las reglas elementales de la lluvia de ideas, que son:
- Suspensión del juicio. Durante la lluvia de ideas no se criticará ni evaluarán los aportes, sino que se sumarán y se apuntarán todas las ideas posibles. El debate quedará para después.
- Las ideas no son de nadie. No se trata de una competencia de creatividad o popularidad, sino de una sesión intensiva de pensamiento libre. Por ende, no hay ganadores ni perdedores, ni es necesario competir por tener más y mejores ideas y es totalmente posible tomar las ideas de otro para complementarlas, modificarlas o hacerlas crecer.
- Todos los participantes deben aportar. Nadie debe quedarse en silencio. Todas las ideas son igualmente válidas y deben anotarse, sin distinción ni discriminación alguna. Las ideas expuestas pueden ser de distinto tipo, graciosas, severas, atrevidas, sin restricción.
- Llevar un registro de la sesión. Cuando la lluvia de ideas comience, lo ideal es contar con una pizarra o soporte de algún tipo para anotar las ideas que surjan de modo tal que sean visibles para todos. La sesión debe durar un tiempo establecido y ocurrir en un aire de confianza, colaboración y, de ser posible, comunión.
- Elegir las mejores ideas registradas. Una vez transcurrido el tiempo de la lluvia de ideas, se debe dar paso a la evaluación y discusión de las ideas anotadas, teniendo en cuenta los pros y contras de cada una, hasta dar de esta manera con las mejores. Estas ideas finales deben verse como el fruto de la actividad y por lo tanto derivadas del aporte colectivo.

2.1.8 Diagrama de Pareto

Según lo expuesto por Luly Capuz Muñoz (2018) es una gráfica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los factores en un determinado problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores.

2.1.9 Teoría de las restricciones

Según el artículo realizado por Julia Martins (2024) indica que en el ámbito de la gestión de proyectos, la teoría de las restricciones (TOC o *theory of constraints*) es una metodología de resolución de problemas que ayuda a identificar los obstáculos más importantes o el factor limitante que se interpone en el camino de los objetivos y metas del proyecto que se realice. Por ejemplo, se puede imaginar que los lanzamientos de los productos se retrasan con frecuencia. Utilizar la teoría de las restricciones para identificar el factor que más obstaculiza los lanzamientos. Luego, utilizando los cinco pasos de focalización, es posible “romper” esa restricción para que ya no tenga un impacto negativo en los lanzamientos de los productos.

Según la teoría de las limitaciones, cada proyecto tiene una restricción principal. Esto se basa en la idea del eslabón más débil de una cadena crítica. Al resolver la restricción principal o el eslabón más débil, se puede hacer que el proceso del proyecto sea más fluido.

Una vez que se identifica cuál es la mayor restricción de un proyecto o proceso, es posible mejorar esa restricción hasta que ya no sea un factor limitante. Después de resolver la primera restricción, habrá una nueva restricción principal. Entonces, se puede trabajar para solucionar esa restricción de manera iterativa y así sucesivamente. El objetivo de la teoría de las restricciones es abordar cada uno de los eslabones interdependientes más débiles hasta que no haya más limitaciones para el proyecto.

2.1.10 Lean Six Sigma

Como lo indica el proyecto “Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. Un enfoque tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma”, realizado por Olgalucía Matilla y José Manuel Sánchez, 2012, Lean Six

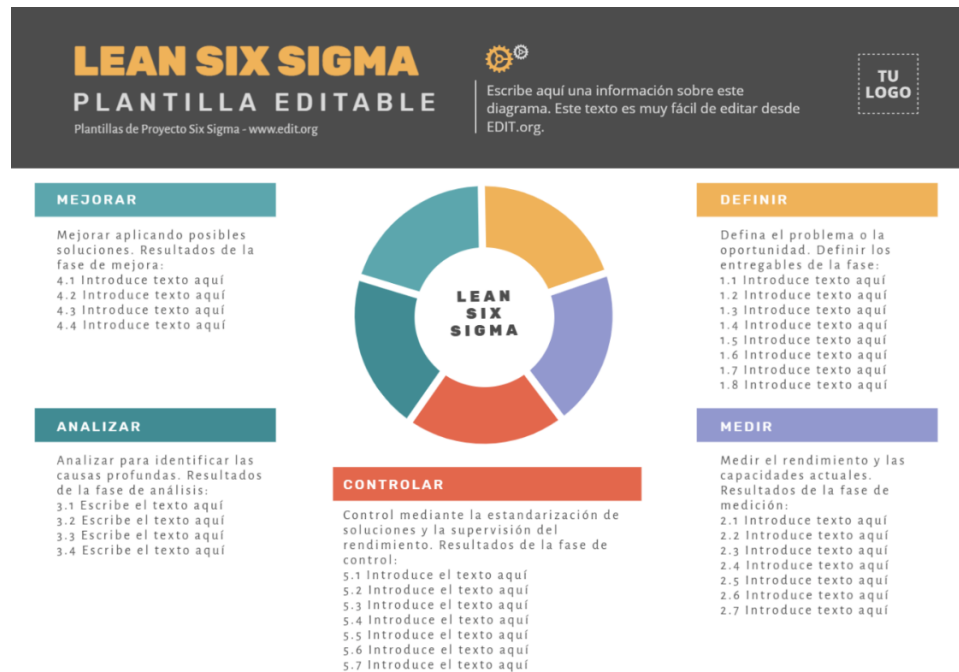
Sigma a lo largo de los años se han desarrollado metodologías y filosofías con el fin de maximizar el valor para las empresas como se ilustra en el cuadro evolutivo de la Imagen 2.1.10.1; sin embargo, los enfoques y objetivos de estas metodologías y filosofías han sido limitados al área productiva, al igual que sus herramientas. Lean Six Sigma es una filosofía y metodología que combina la manufactura esbelta con seis sigma y establece cómo mejorar los procesos en una forma que involucra los costos de la mala calidad, procesos fuera de control, el desperdicio y los factores críticos de los requerimientos de los clientes.

Como lo expresa Spector (2006, p. 42) “El pensamiento esbelto y seis sigmas son dos de las técnicas más efectivas de mejoramiento disponibles hoy día, sin embargo, muchas empresas siguen luchando para aprovechar una o dos disciplinas para lograr los resultados deseados”.

La conveniencia de la aplicación conjunta del pensamiento esbelto y seis sigmas es poder alcanzar los mejores resultados que ofrecen cada una de las filosofías, como lo afirman Hoon et al. (2006a) en sus recomendaciones para el futuro de seis sigma.

En la tabla 1 se encuentran algunas características tanto positivas, como por mejorar de cada una de estas filosofías. En el numeral 3 del presente trabajo se presenta el modelo sugerido para el mejoramiento de procesos logísticos, que además de considerar lo previamente mencionado, pretende superar algunas críticas realizadas a estas dos metodologías (Hines, Holwe y Rich, 2004), tales como la falta de perspectiva estratégica, la falta de mayor enfoque en el cliente y el nivel de servicio, se aplican solo a ciertos ambientes (manufactura y diseño), las interacciones del sistema no son consideradas y los procesos de mejoramiento son independientes.

Figura 2.4
Plantilla para Lean Six Sigma



Fuente: Sitio de plantillas EDIT.org.

2.1.11 KPI

Según lo explicado por Juia Martins el 16 de agosto de 2024 en el sitio asana.com, “Un KPI, sigla que proviene de la frase en inglés key performance indicator (indicador clave de rendimiento), es una métrica cuantitativa que muestra cómo tu equipo o empresa progresa hacia tus objetivos empresariales más importantes”.

Las empresas usan KPI en varios niveles. Puedes establecer KPI para toda la empresa, específicos del equipo o individuales, dependiendo de las métricas a las que quieres dar seguimiento. Un buen KPI puede darte una idea de si vas por el camino correcto para alcanzar tus objetivos estratégicos.

Como la mayoría de los buenos objetivos, un KPI efectivo debe ser específico y medible. El propósito de definir los KPI es brindar una imagen clara de lo que los equipos de trabajo quieren lograr, para cuándo y cómo medirás ese logro.

Un buen KPI:

- Ayuda a lograr los objetivos estratégicos.
- Informa sobre la planificación de los recursos.
- Puede medirse.
- Hace un seguimiento de lo que puedes controlar e influir.
- Conecta métricas con objetivos estratégicos.
- Brinda a los miembros del equipo una idea clara de cómo sus proyectos contribuyen a los objetivos de la empresa.

Indicador clave de rendimiento (KPI): Un KPI es una excelente manera de medir el rendimiento a lo largo de un periodo. Un buen KPI debe dar seguimiento a un valor medible en el que en el equipo se pueda influir de manera oportuna.

Las métricas de negocio son formas cuantificables de medir el progreso hacia objetivos comerciales específicos. Luego de establecer un KPI, se debe utilizar métricas de negocio para dar seguimiento y medir si se está progresando o no hacia el objetivo final.

Antes de poder crear un KPI, se debe definir qué es exactamente lo que se desea lograr. Establecer objetivos de manera efectiva es fundamental para lograr el plan estratégico (por ejemplo, en una campaña de *marketing*). Según una investigación reciente, solo el 16 % de los trabajadores del conocimiento afirman que su empresa establece y comunica los objetivos de manera efectiva.

Una vez que se hayan definido los objetivos comerciales, deberán realizar una toma de decisiones con respecto de qué métricas comerciales son relevantes para cada objetivo. Las métricas comerciales son indicadores que impactan directamente si se logra o no los objetivos.

KPI es la sigla en inglés que significa indicadores clave de rendimiento. Pueden existir varias métricas o indicadores que tengan un impacto en tu objetivo final. Crear el KPI correcto significa

capturar los detalles más importantes y asegurarse de dar seguimiento a esas métricas. No todas las tareas o proyectos deben tener un KPI asociado.

Como puede observarse, la implementación de esta metodología es una herramienta de mejora, no solo para el proceso que se analice, sino también para la competitividad y desempeño de la empresa.

2.1.12 Círculos de calidad

Como indica el libro Círculos de calidad teoría y práctica de Francisco Javier y Palom Izquierdo, 1991, se considera a Kaoru Ishikawa como el padre de los círculos de calidad. Su contribución es tan sencilla como genial. En efecto, él argumenta que en lugar descentralizar el control de la calidad del trabajo de producción cotidiano, para confiárselo exclusivamente a un servicio especializado, lo que se necesita es integrar ese control al proceso de fabricación. Así, la calidad de la producción se convierte en asunto de todos los servicios, en lugar de ser la carga de uno sólo.

La Lockheed Missile & Space Company y la Honeywell fueron las primeras en utilizar este método. Después de conocerse el éxito del programa de Lockheed, muchas empresas manufactureras establecieron programas de círculos de calidad o iniciaron métodos semejantes, en equipo, de resolución de problemas. Entre ellas estaban Westinghouse, General Electric, Cincinnati Milacron, Ford Motors, Martin Marietta Corporation, General Dynamics, Bank of America, Dover Corporation y Coors Beer Company. Luego organizaciones de servicio, como hospitales, sistemas escolares y unidades estatales y federales de gobierno se sumaron a la nueva propuesta. En 1977 se formó la Asociación Internacional de Círculos de Calidad, que ahora es la Asociación para la Calidad y la Participación.

2.1.13 Kaizen

La investigación de Daniela Armijo (2013), muestra la figura 2.5 sobre la etimología de Kaizen.

Figura 2.5

Kaisen



Fuente: Carmelina, estudio de la etimología Kaizen, 2014.

Es un sistema enfocado en la mejora continua de toda empresa y sus componentes de manera armónica y proactiva, cuyo objetivo es calidad más alta, costo más bajo, tiempo de entrega más corto, mediante la eliminación del desperdicio en tiempo y actividad.

Esta técnica tiene varios enfoques:

- Gradual:

No requiere de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas, no requiere una inversión necesariamente grande para implementarse, si una gran cantidad de esfuerzo continuo y dedicación.

- Gran salto:

Conforma la innovación de procesos, llamado también reingeniería de procesos, implica la introducción de grandes cambios administrativos y tecnológicos.

Es importante recordar que el Kaizen es una filosofía de mejora continua originaria de Japón, cuyo significado es cambio para mejor. Se basa en la premisa de que pequeñas mejoras constantes generan grandes beneficios a largo plazo. Su aplicación se centra en optimizar procesos, reducir desperdicios y aumentar la eficiencia en las operaciones.

Kaizen sigue principios como:

- Identificación y eliminación de desperdicios (Muda).
- Enfoque en procesos y no solo en resultados.
- Uso del ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act o Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).
- Trabajo en equipo y participación de todos los niveles.
- Normalización de mejoras.

¿Qué se obtiene con esta metodología? Se pueden indicar:

Beneficios de aplicar Kaizen en la planificación de inventarios.

- Reducción de costos operativos y financieros.
- Mayor disponibilidad de materiales críticos.
- Disminución de desperdicios y obsolescencia.
- Procesos más eficientes y flexibles ante cambios en la demanda.
- Cultura organizacional enfocada en la mejora continua.

Esta metodología permitirá a la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones administrar los materiales de manera eficiente, asegurando disponibilidad sin excesos y optimizando costos operativos.

2.1.14 Mapeo de procesos

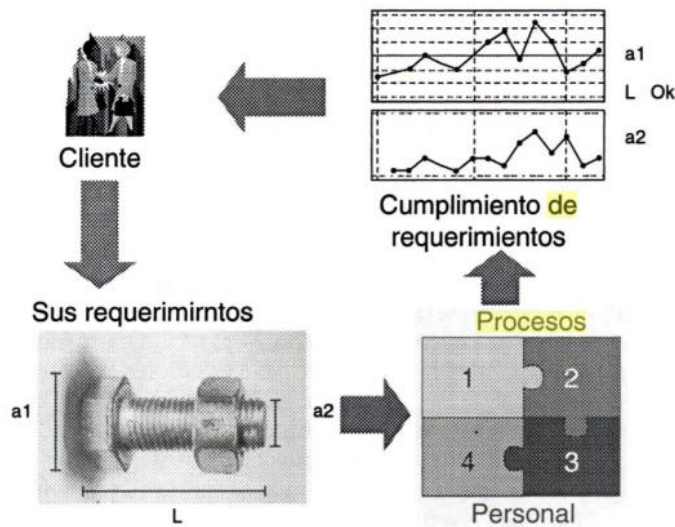
Según el libro Seis Sigma de Luis Néstor Miranda (2006), el mapeo de procesos es una metodología que permite orientar y redefinir los principales elementos del proceso para la reinvención de este, de acuerdo con lo que el cliente considera de valor. Conocer el mapa del proceso permite planear e identificar los elementos de entrada y salida para mejorar su diseño y operación entre los aspectos más importantes, con el objeto de establecer las estrategias necesarias para resolver las necesidades de nuestros clientes (interno/ externo); además permite resaltar los principales obstáculos y oportunidades que se pueden presentar; por lo anterior, es la mejor manera de medir los avances en forma sistemática y de comunicar los requerimientos a toda la empresa.

Dentro de los beneficios que se puedan obtener cabe mencionar:

- Elemento importante para satisfacer y dar valor superior al cliente.
- Causalidad sistemática entre procesos y resultados.
- Documentación de ciclos de madurez organizacional.
- Optimización de procesos al mejorar productividad y eliminar desperdicios.

Figura 2.6

Ejemplo del análisis metodológico



Fuente: Seis Sigma de Luis Néstor Miranda, 2006.

2.1.15 Método Poka-Yoke

Como indica Jéssica González, 2021, el método Poka-Yoke es una técnica que se usa para evitar errores en las operaciones de una empresa. Su traducción significa << a prueba de errores>> o <<evitar errores inadvertidos>>.

Se creó en 1960 en la fábrica de Toyota en Japón por el ingeniero Shigeo Shingo. El propósito de desarrollar esta técnica de mejor continua fue eliminar deficiencias en los procesos de producción.

Los tres principios de *Poka-Yoke*:

- Los errores son inevitables; los defectos no lo son.
- Hay que detectar el error antes de convertirse en defecto.
- La mejor herramienta para prevenir un defecto es la que logra aislar la fuente del problema.

Este método engloba algunas estrategias de optimización de procesos como el método *Kaizen* y las 5S. El método *Poka-Yoke* fue ideado para prevenir los errores humanos. Dentro de la visión *lean manufacturing* es considerada como una herramienta de calidad que, por ende, busca aumentar la calidad de los productos elaborados e incrementar su nivel de eficiencia. Entre algunas de sus ventajas podemos encontrar las siguientes:

- Mejora la calidad de las operaciones o procesos.
- Mejora la eficiencia y productividad de los procesos.
- Minimiza la posibilidad de cometer errores humanos.
- Es de fácil y más barata aplicación que el costo de los errores.
- Evita correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
- Mejora la experiencia de uso de los clientes.

Ventajas y desventajas:

El método *Poka-Yoke* tiene como principal ventaja promover un mejor control de calidad en los procesos de manufactura de mercancías. Esto es necesario para identificar y solucionar problemas con los bienes ofertados, pero también para evitar accidentes o riesgos en la cadena productiva. Por supuesto, esto conlleva beneficios económicos, ya que al mantener una cadena de producción segura y optimizada y al ofrecer productos de gran calidad, no tendrás gastos derivados por devoluciones, quejas o accidentes laborales; pero así como existen grandes ventajas en su implementación, también existen algunos aspectos a considerar antes de hacerlo. Por ejemplo, establecer una estrategia *poka-yoke* puede representar inversiones de tiempo y de recursos importantes. Al final del día, tendrá que modificar la metodología de trabajo y capacitar al personal. Esto puede ser una limitante debido a que las empresas deben hacer espacio en la producción para evaluar procesos.

2.1.16 5s

Según el sitio Eurofin (2024), el **método de las 5s** es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua y consigue mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas.

¿Cuál es el Origen y objetivo del método de las 5s?

El método 5S surge en Japón tras la Segunda Guerra Mundial. Se implantó por primera vez en los años 60 dentro de una fábrica de producción de Toyota. Su principal objetivo es mantener y mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza, así como mejorar las condiciones de trabajo, seguridad, clima laboral, motivación personal y eficiencia. No es, por tanto, una mera cuestión de estética, sino más bien una cultura de trabajo, mediante la práctica planificada de los conceptos básicos de la calidad total. La implantación del método de «las 5S» supone un pilar básico para edificar un proceso de mejora continua firme y duradera.

¿Qué significa cada una de las 5S?

Las «5S» son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen el método:

1. SEIRI – CLASIFICACIÓN. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos.
2. SEITON – ORDEN. Se trata de establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
3. SEISO – LIMPIEZA. Basada en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
4. SEIKETSU – ESTANDARIZACIÓN. El objetivo es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos dando lugar a un control visual.

5. SHITSUKE – DISCIPLINA. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Mientras las tres primeras fases son operativas y orientadas al entorno físico, las dos últimas están orientadas a las personas. La cuarta tiende a mantener el estado alcanzado en las anteriores y la quinta permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo.

Ahora bien, la teoría cuenta también con una adición de las «4 S» a las «5 S» conformando las «9 S». Por ello a las «5S» clásicas ya mencionadas se pueden añadir otras «4S», etapas que tratan de involucrar aún más al personal en la consecución de una mejora continua que lleve a la organización empresarial a la excelencia en la gestión:

- SHIKARI – CONSTANCIA. Es la capacidad de una persona para mantenerse firmemente en una línea de acción.
- SHITSUKOKU – COMPROMISO. Es cumplir con lo pactado.
- SEISHOO – COORDINACIÓN. Para lograr un ambiente de trabajo de calidad se requiere unidad de propósito, armonía en el ritmo y en los tiempos.
- SEIDO – SINCRONIZACIÓN. Para mantener el ritmo en el trabajo debe existir un plan de trabajo, normas específicas que indiquen lo que cada persona debe realizar.

Las 5S son universales, se pueden aplicar en **todo tipo de empresas y organizaciones**, tanto en talleres como en oficinas, incluso en aquellos que aparentemente se encuentran suficientemente ordenados y limpios. Por tanto, cualquier tipo de organización, ya sea industrial o de servicios, que desee iniciar el camino de la mejora continua puede implementarlo en áreas como el mantenimiento de activos e instalaciones.

Figura 2.7
Método de las 5s



Fuente: Eurofin, 2024.

2.1.17 Benchmarking

Como explica el blog de Salesforce Latinoamérica (2021), crear una estrategia desde cero muchas veces es una tarea difícil, ya que no sabemos desde dónde empezar o cómo alcanzar determinado objetivo. En medio de tanta información y datos, un **estudio sobre la competencia** puede ser la clave para entender no sólo lo que está ocurriendo en el mercado, sino para conocer a tu propio negocio.

El *benchmarking* (en español, punto de referencia) consiste en un estudio profundizado sobre tus competidores para entender las estrategias y mejores prácticas utilizadas por ellos. Siendo así, este análisis permite que tu empresa reproduzca o adapte algunas de las acciones para atraer al público y reconquistarlo.

Actualmente existen diferentes tipos de benchmarking, desde estudios enfocados en los competidores hasta análisis que traen referencias del mercado internacional.

- *Benchmarking* Competitivo

Como el propio nombre lo dice, este tipo está enfocado en las técnicas de los competidores directos que se disputan los mismos clientes que tu empresa. Siendo así, se utilizan datos

oficiales divulgados como crecimiento de la empresa para entender cómo está tu empresa en comparación con otros negocios del mismo segmento.

- *Benchmarking* Funcional

Lo bueno del benchmarking es que también permite hacer estudios de empresas que no son de tu segmento, ese es el caso del benchmarking funcional. Aquí, el objetivo es analizar negocios de otros mercados, pero que de alguna manera pueden traer *insights* interesantes para ti.

- *Benchmarking* Internacional

En este modelo la idea es tener un panorama de las empresas internacionales para prever posibles tendencias y adelantar a los competidores nacionales. Dependiendo del segmento, el mercado internacional está más desarrollado en relación con las nuevas tecnologías y metodologías, por eso muchas veces vale la pena estudiar lo que está ocurriendo afuera.

- *Benchmarking* Genérico

El benchmarking genérico es utilizado cuando la empresa quiere analizar procesos específicos de otra empresa. Por ejemplo, la logística de los productos de una tienda de electrónicos puede ser relevante para optimizar y perfeccionar la logística de una tienda de juguetes.

- *Benchmarking* Interno

Por último, está el benchmarking interno. En este caso el enfoque está puesto en analizar y comparar las áreas de una empresa, entendiendo cómo se desenvuelven a partir de niveles de productividad y resultados alcanzados.

Como puede verse, esta herramienta no solo sirve para conocer el funcionamiento de la competencia, sino también es una fuerte herramienta para la mejora continua.

2.1.18 Diagrama de árbol de decisión

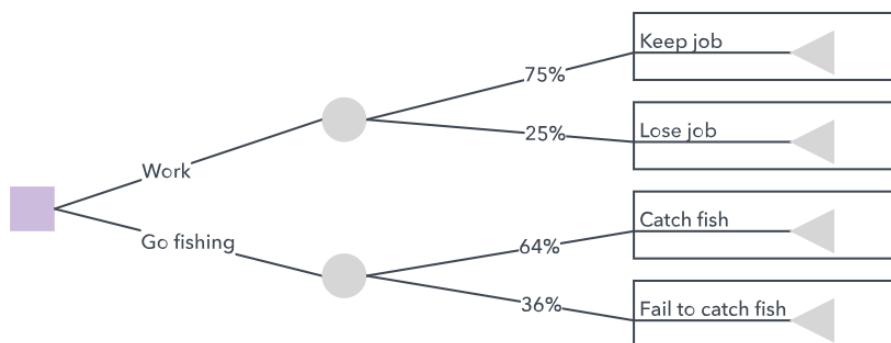
Como bien explica el sitio en español *lucidchart*, un árbol de decisión es un mapa de los posibles resultados de una serie de decisiones relacionadas. Permite que un individuo o una organización comparen posibles acciones entre sí según sus costos, probabilidades y beneficios. Se pueden usar para dirigir un intercambio de ideas informal o trazar un algoritmo que anticipe matemáticamente la mejor opción.

Un árbol de decisión, por lo general, comienza con un único nodo y luego se ramifica en resultados posibles. Cada uno de esos resultados crea nodos adicionales, que se ramifican en otras posibilidades. Esto le da una forma similar a la de un árbol.

Hay tres tipos diferentes de nodos: nodos de probabilidad, nodos de decisión y nodos terminales. Un nodo de probabilidad, representado con un círculo, muestra las probabilidades de ciertos resultados. Un nodo de decisión, representado con un cuadrado, muestra una decisión que se tomará, y un nodo terminal muestra el resultado definitivo de una ruta de decisión.

Se puede representar mediante la siguiente imagen:

Figura 2.8
Árbol de decisión



Fuente: Lucidchart, 2025.

Un árbol de decisión también puede usarse para ayudar a crear modelos predictivos automatizados, que puedan emplearse en el aprendizaje automático, la minería de datos y las estadísticas. Conocido como "el aprendizaje basado en árboles de decisión", este método toma en consideración las observaciones sobre un elemento para predecir su valor.

En estos árboles de decisión, los nodos representan datos en lugar de decisiones. Este tipo de árbol también se conoce como "árbol de clasificación". Cada ramificación contiene un conjunto de atributos o reglas de clasificación asociadas a una etiqueta de clase específica, que se halla al final de la ramificación.

De igual manera esta herramienta, brinda a la empresa que la utilice, un mecanismo para hacer crecer la empresa de manera positiva, mejorando sus procesos.

2.1.19 Simulación

Como bien lo expone Pearson (2020), al explicar conceptos de redes, protocolos y herramientas de simulación como NS-3., abordando los fundamentos de redes de telecomunicaciones, simulación y modelado de tráfico.

La simulación es una técnica que permite modelar y analizar sistemas reales mediante representaciones digitales o matemáticas para predecir su comportamiento en diferentes condiciones. Se basa en algoritmos y herramientas computacionales que imitan la operación de un sistema sin necesidad de intervenir en la realidad, reduciendo costos y riesgos.

En el sector de telecomunicaciones, la simulación es una herramienta clave para el diseño, análisis y optimización de redes y servicios. Se utiliza en diversas aplicaciones, como:

1. Diseño y Planificación de Redes

Redes de acceso y transporte

- Simulación de cobertura y capacidad en redes móviles (4G, 5G).
- Modelado de propagación de señales y optimización de antenas.
- Evaluación del impacto de la infraestructura antes de su despliegue.

Redes de datos y transmisión

- Simulación de tráfico en redes IP, MPLS y SDN.
- Prueba de rendimiento de protocolos de comunicación.

- Evaluación de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

2. Optimización y Mantenimiento

Gestión del rendimiento de redes

- Análisis de congestión y balanceo de carga.
- Identificación de cuellos de botella y optimización de rutas.
- Simulación de cambios en topología para evitar fallas.

Mantenimiento predictivo

- Modelos de predicción de fallas mediante Machine Learning.
- Simulación del impacto de cambios en infraestructura.
- Evaluación de estrategias de recuperación ante desastres.

3. Seguridad y Resiliencia

Ciberseguridad

- Simulación de ataques DDoS y pruebas de vulnerabilidad.
- Evaluación de estrategias de mitigación y respuesta a incidentes.

Dentro de los beneficios que podemos citar al utilizar esta herramienta de mejora a los procesos se pueden mencionar los siguientes:

- Minimización de riesgos antes de implementar cambios.
- Mayor precisión en la planificación de redes.
- Optimización de la calidad y disponibilidad del servicio.
- Reducción de costos en pruebas físicas.

Como es posible analizar, la herramienta reduce tiempos y si se logra una correcta carga de datos, puede ser muy efectiva.

2.1.20 Histograma

Para este punto al igual que en los elementos anteriores de análisis se identifica el histograma, una herramienta clave en el análisis de datos en telecomunicaciones, ya que permite visualizar patrones, identificar anomalías y optimizar procesos.

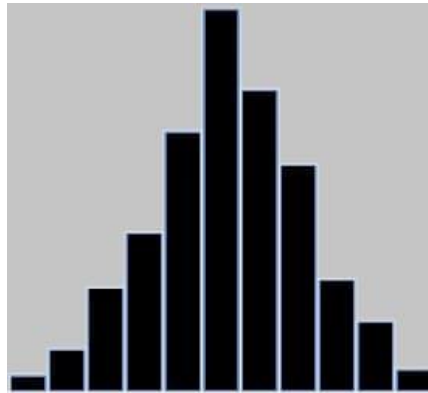
En el mundo de las telecomunicaciones existen varias herramientas para generar estos análisis, algunas son:

- Matplotlib y Seaborn (Python) – Para análisis de datos en tiempo real.
- Excel y Power BI – Para reportes de gestión y monitoreo de redes.
- Wireshark – Para análisis de tráfico de red.
- MATLAB – Para modelado matemático y simulación de señales.

Un histograma pretende ilustrar cómo se distribuye una muestra particular de datos o población con la información, con el fin de facilitar la visualización de la distribución de los datos. Al mismo tiempo, destaca la ubicación del valor central y la distribución de los datos en torno a este valor central.

Así, cuenta con dos ejes con diferentes funciones, donde el eje horizontal se divide en pequeños intervalos, demostrando valores asumidos por la variable de interés. El eje vertical es proporcional a la frecuencia de las observaciones de la muestra donde los valores pertenecen a esa clase o rango. Existen varios tipos como por ejemplo los indicados en las siguientes figuras:

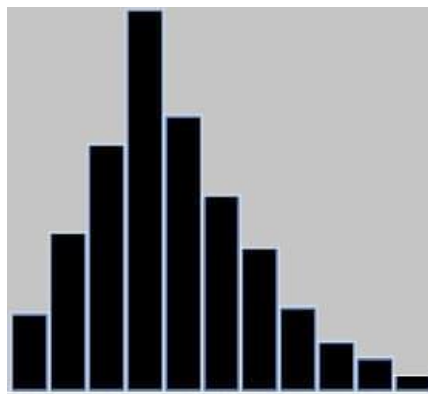
Figura 2.9
Representación Simétrico



Fuente: Histograma simétrico, blog consultoría en educación, 2025.

En primer lugar, este tipo de histograma es característico porque tiene la frecuencia más alta en el centro y también se puede llamar distribución normal. Es común que se utilice para representar datos promedio, que se utilizan para hacer comparaciones con otra información de investigación o en procesos estandarizados en líneas de producción.

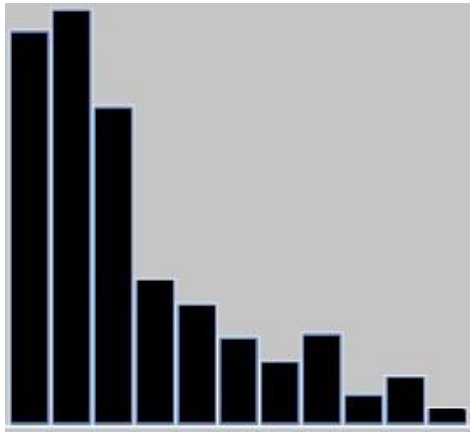
Figura 2.10
Representación Asimétrico



Fuente: Histograma asimétrico, blog consultoría en educación, 2025.

Al igual que en el histograma simétrico, el histograma asimétrico tiene solo un pico resaltado, lo que indica una gran variación entre los datos. Por lo tanto, el gráfico asume esta forma asimétrica cuando ejerce el control de un solo límite de especificación de un proceso.

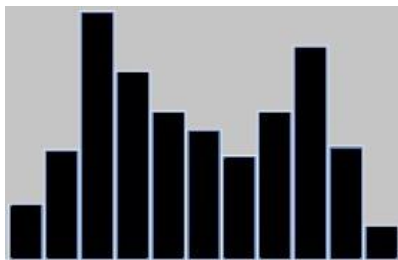
Figura 2.11
Representación Acantilado



Fuente: Histograma Cliff, blog consultoría en educación, 2025.

En este caso, los valores más altos se concentran en la derecha o la izquierda, con su valor promedio fuera del centro. Esto se usa más comúnmente cuando hay una falta de algunos de los datos estadísticos.

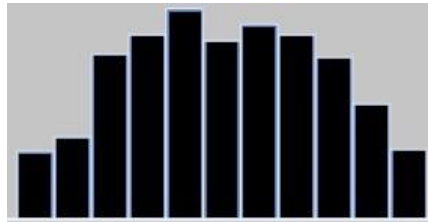
Figura 2.12
Representación dos picos



Fuente: Histograma de dos picos, blog consultoría en educación, 2025.

Este tipo de gráfico llamado histograma bimodal es característico de dos picos más altos en diferentes regiones. Esto indica que hay más de una alta frecuencia en los datos.

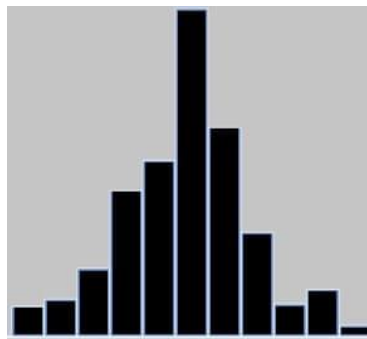
Figura 2.13
Representación Aplanado



Fuente: Histograma aplanado, blog consultoría en educación, 2025.

También llamado meseta, este histograma es característico porque tiene frecuencias de nivel equivalentes muy cercanas entre sí.

Figura 2.14
Representación pico aislado



Fuente: Histograma de isla aislada, blog consultoría en educación, 2025.

Por último, este tipo de histograma es característico porque presenta una barra con gran protagonismo en relación con la otra. En general, indican fallas en la recopilación de datos estadísticos.

2.1.21 AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

Dentro de esta seguidilla de herramientas, se encuentra el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) que es un método proactivo para descubrir posibles fallos en los procesos empresariales, con el fin de evitar que se produzcan o mitigar su efecto, averiguando dónde pueden producirse y determinando su impacto. El enfoque sistemático del AMFE para identificar y abordar las causas de los fallos puede ayudar a prevenir costosos problemas de fabricación, mejorar la calidad del producto y la fiabilidad del servicio, así como aumentar la satisfacción del cliente.

El AMFE suele llevarse a cabo durante la fase de diseño o durante la propuesta de cambios en un proceso existente, con el fin de conocer de forma proactiva dónde pueden producirse fallos y descubrir la posible gravedad de estos. La realización del AMFE es importante porque ayuda a determinar qué partes de un proceso necesitan ser priorizadas para los cambios que pretenden eliminar o reducir la probabilidad de fallos.

Pronunciado como su acrónimo «F-M-E-A» o a veces leído como «fah-me-ah», pero que no debe confundirse con FEMA, el AMFE tiene dos partes:

- Primera parte: Modos de fallo o aquellos fallos, cuestiones, problemas o errores que se producen dentro de los procesos, productos o servicios.
- Segunda parte: El análisis de los efectos corresponde a la parte en la que se determinan y analizan los efectos o consecuencias de los fallos.

La metodología del AMFE suele consistir en una sesión de *brainstorming* a cargo de un equipo compuesto por miembros experimentados e interfuncionales que están familiarizados con los procesos de la empresa y concluye con un nuevo análisis de los riesgos de fallo después de que se hayan aplicado medidas correctoras para eliminar o mitigar el riesgo de fallos.

Los pasos a seguir para su ensamblaje son:

Paso 1: Determinar lo que hay que abordar.

Paso 2: Crear un equipo de AMFE interfuncional.

Paso 3: Establecer el proceso, el sistema o los pasos.

Paso 4: Analizar cada paso y determinar las áreas problemáticas.

Paso 5: Seleccionar los temas a los que dar prioridad.

Paso 6: Aplicar los cambios.

Paso 7: Supervisar la aplicación de los cambios y medir su eficacia.

Como queda evidenciado, las herramientas son múltiples y variadas, pero todas trabajan y funcionan por un bien común, que es el mejoramiento continuo de procesos, actividades, líneas

de producción, tareas y demás gestiones que existen en las diferentes empresas para lograr que sea eficaz y eficiente.

2.1.22. 5 ¿Por qué?

¿Qué son los 5 Por qué?

Es un método de análisis de causa raíz que se basa en repetir la pregunta "¿Por qué?" alrededor de cinco veces (pueden ser más o menos) para descubrir el origen de un problema, en lugar de quedarse con los síntomas.

¿Cómo se aplican? (Pasos)

1. Identificar claramente el problema.

Ejemplo: "Un cliente quedó sin servicio de internet".

2. Hacer la primera pregunta: ¿Por qué ocurrió?

Ejemplo:

- ¿Por qué quedó sin servicio? → Porque el módem no estaba conectado correctamente.

3. Hacer la segunda pregunta sobre la respuesta anterior.

- ¿Por qué no estaba conectado correctamente? → Porque el técnico no lo instaló bien.

4. Continuar profundizando.

- ¿Por qué no lo instaló bien? → Porque no sabía cómo configurar ese modelo de módem.
- ¿Por qué no sabía configurarlo? → Porque no recibió capacitación para ese nuevo modelo.
- ¿Por qué no recibió capacitación? → Porque el área de formación no fue informada del cambio de equipos.

Resultado: La causa raíz no era la instalación, sino una falla en la comunicación interna sobre nuevos equipos.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se presentan los detalles más importantes de la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones donde se realizará el estudio.

2.2.1 Visión / Misión

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

Visión

“Empresa propiedad del Estado, competitiva, líder en el mercado de las telecomunicaciones, información e industria eléctrica con la mejor tecnología y recurso humano al servicio del cliente y la sociedad costarricense, que contribuya con el desarrollo económico, social y ambiental, promoviendo la universalidad del servicio en el ámbito nacional y el uso racional de los recursos naturales”. (Empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, 2025).

Misión

"Servir a los mercados de la industria eléctrica y de las telecomunicaciones e información, con niveles de competitividad internacional, a través de un enfoque de multiservicios y aplicaciones, para satisfacer las crecientes y variadas necesidades de los clientes, manteniendo una posición de liderazgo en los nuevos segmentos de estas industrias y segmentos asociados, de acuerdo con el marco jurídico vigente". (Empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, 2025).

2.2.2 Antecedentes históricos

La empresa de telecomunicaciones donde se realiza el proyecto y que por temas de confidencialidad se conocerá como “empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones”, fue creada por el Decreto - Ley No.449 del 8 de abril de 1949 como una institución autónoma, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Está dotada de plena autonomía e independencia administrativa, técnica y financiera. Le corresponde, por medio de sus empresas, desarrollar, ejecutar, producir y comercializar todo tipo de servicios públicos de electricidad y telecomunicaciones, así como actividades o servicios complementarios a estos.

Como objetivos primarios la empresa debe desarrollar, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad. A su vez, se encarga de desarrollar y prestar los servicios de telecomunicaciones, con el fin de promover el mayor bienestar de los habitantes del país y fortalecer la economía nacional.

Su creación fue el resultado de una larga lucha de varias generaciones de costarricenses que procuraron solucionar, definitivamente, los problemas de la escasez de energía eléctrica presentada en los años 40 y en apego de la soberanía nacional, en el campo de la explotación de los recursos hidroeléctricos del país.

Posteriormente, en 1963 y por medio de la Ley No. 3226, la Asamblea Legislativa le confirió a la empresa un nuevo objetivo: el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, radiotelegráficas y radiotelefónicas en el territorio nacional. Tres años más tarde, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron su desarrollo.

La empresa amplía la cobertura eléctrica (que era de un 14%), pone en servicio más plantas hidroeléctricas y le apuesta a la protección de las cuencas, los cauces de los ríos y las corrientes de agua. Con el paso de las décadas, incursiona en la explotación de otras energías renovables, como la geotérmica, la eólica y la solar.

El éxito en la electrificación propició que en 1963 el Estado le asignara la responsabilidad histórica de convertir las telecomunicaciones del país (en ese momento, las más atrasadas de Centroamérica) en una verdadera herramienta de crecimiento económico, social y tecnológico. A partir de entonces, la empresa instaló 24 centrales telefónicas automáticas y más de 34.200 líneas telefónicas (la primera en 1966, en Escazú, con una capacidad de las 1000 líneas). En los años 70 avanzó vertiginosamente en esta materia. A nivel internacional, por ejemplo, con la Red Centroamericana de Microondas y, más adelante, el Sistema de Marcación Directa de Abonado (MIDA), con el cual el cliente podría marcar directamente a otros países.

Así, mientras que en los años 70 se contaba con apenas una línea de telefonía fija por cada 100 habitantes, a finales de 2008 este indicador fue de 34 líneas por cada 100, uno de los índices más

altos en Latinoamérica. Para entonces, también contaba con una red de 22.000 teléfonos públicos en todo el país.

Los años 80 trajeron cambios en las centrales telefónicas, de analógicas a digitales. Esta modernización permitió mayor rapidez en las comunicaciones y nuevos servicios, como el correo de voz, llamada en espera, desviación de llamadas y teléfono despertador.

La telefonía celular llegó con tecnología analógica en 1994. Al poco tiempo, debido a la alta demanda del mercado pasó a la TDM y GSM. Ese mismo año, la numeración telefónica pasó de 6 a 7 dígitos y en 2008 a 8 dígitos.

A partir de 2009, la empresa amplió su cartera de servicios; con la tecnología móvil 3G (UMTS), plataformas para IPTV y VoIP (televisión y voz sobre el protocolo de Internet), que le permiten incursionar como un operador Triple Play; es decir, envío instantáneo de voz, datos y video.

Hoy la empresa cubre con electricidad el 99,7% del país y es protagonista en la descarbonización de la economía, a través de la electromovilidad y la consolidación de ciudades inteligentes, gracias a sinergias con sus empresas hermanas.

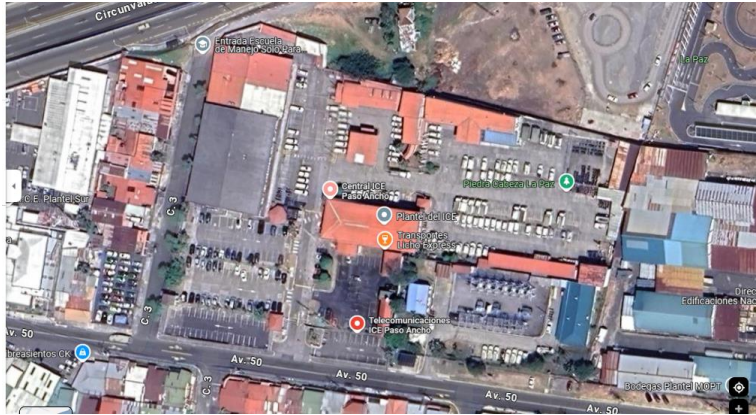
Además, es el operador dominante del mercado celular, con una marca desarrollada para este fin, que para efectos se conocerá como “ranita” y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo.

2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa donde se requiere realizar el proyecto se encuentra en Paso Ancho, San José, de la Guacamaya 300 metros este.

Figura 2.15:

Mapa satelital de Los Patitos S. A.



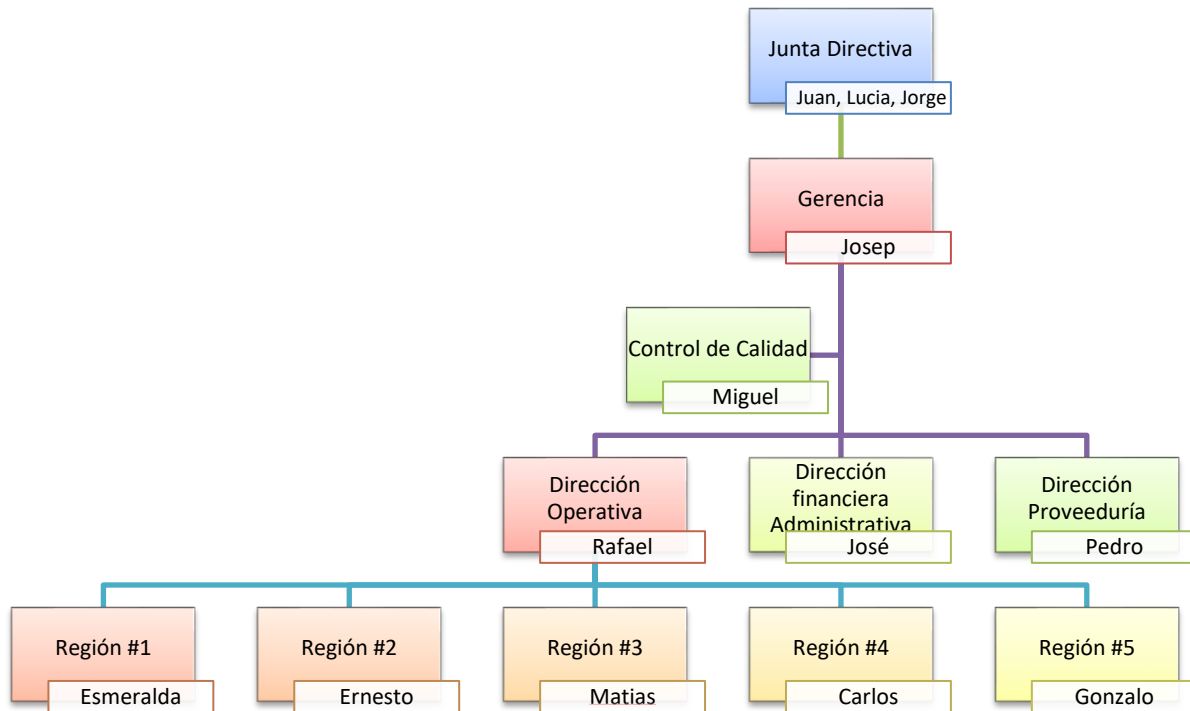
Fuente: Google Maps, 2025.

2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación en la figura 2.16:

Figura 2.16

Organigrama de empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones



Fuente: RR.HH. Empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, 2025. (Por motivos de confidencialidad se restringe el acceso al organigrama original, en su lugar se genera esta representación).

Como se puede observar, el organigrama de la empresa es bastante grande y presenta una cobertura a nivel nacional.

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 2.1

Cantidad de empleados por área

Puesto o Área	Cantidad
Dirección operativa	1500
Total	1500

Fuente: RR.HH. Empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, 2025 (por motivos de confidencialidad se restringe el acceso al organigrama original, en su lugar esta representación general).

El estudio y proyecto se desarrolla en la Dirección Operativa de esta empresa, la representación organizacional se ejemplifica de una manera general por motivos de confidencialidad.

2.2.6 Tipos de productos

Esta empresa está destinada a brindar servicios asociados a las telecomunicaciones, como:

- Telefonía celular.
- Internet móvil.
- Telefonía fija.
- Televisión por suscripción.
- Conectividad empresarial.
- Fibra óptica.
- Telecomunicaciones satelitales.

2.2.7 Mercado de exportación

La empresa sólo tiene cobertura nacional.

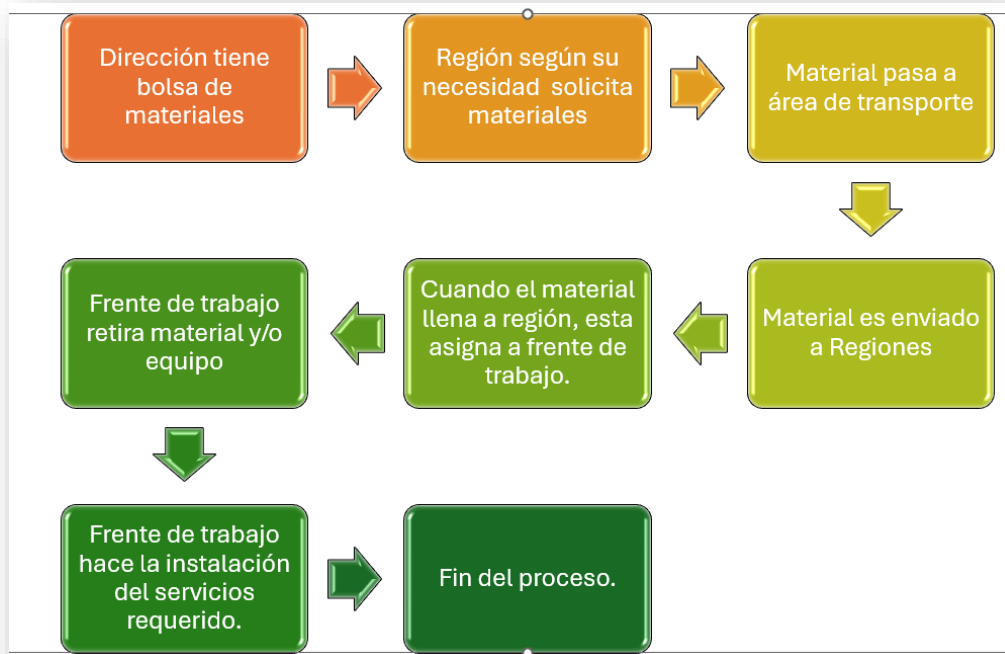
2.2.8 Descripción general del proceso productivo

El proceso inicia con la existencia de una bolsa de materiales en la Dirección, la cual sirve como fuente de suministro. Posteriormente, cada región solicita los materiales según su necesidad, lo que da paso a la transferencia del material al área de transporte. Desde ahí, el material es enviado a las regiones solicitantes.

Una vez recibido, el material es asignado a un frente de trabajo, que procede a retirar los equipos y materiales necesarios. Finalmente, el frente de trabajo realiza la instalación del servicio requerido, concluyendo así el proceso.

Figura 2.17

Flujo del proceso productivo



Fuente: Datos propios, 2025.

1. La Dirección operativa es la encargada de asignar materiales y equipos a las regiones.
2. Las regiones según sus necesidades en ventas mensualmente solicitan abastecimiento a la Dirección.
3. Según existencias e índice de rotación, la Dirección genera la asignación en el sistema de inventarios.

4. El material una vez asignado pasa al área de transportes.
5. Transportes alista el pedido y lo envía a los centros logísticos regionales.
6. Con el material recibido en los centros, este puede ser asignado a los frentes de trabajo de cada región.
7. Los frentes de trabajo proceden a atender las necesidades de instalaciones según las asignaciones que tenga cada región de los servicios requeridos por los clientes finales.
8. Se genera el cierre de atención para la orden del servicio que el cliente haya solicitado.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El marco metodológico tiene como propósito fundamental utilizar las herramientas necesarias que la ingeniería industrial brinda, para analizar la situación actual de la empresa, con la finalidad de conocer su presente en cuanto al manejo y planificación de inventarios, en pro de mejorar los procesos; además, generar una opción para automatizar la mejora en el control de inventarios.

Este enfoque se desarrollará en un marco de investigación mixta, ya que cuenta con elementos cualitativos y cuantitativos.

El diseño de una metodología de planificación de inventarios apoyada en un sistema de administración eficiente de materiales para una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones requiere un enfoque mixto, ya que combina la recolección y análisis de datos cuantitativos con el estudio de aspectos cualitativos que influyen en la gestión de inventarios.

Justificación del enfoque cuantitativo

El componente cuantitativo de la investigación es fundamental porque permite analizar y optimizar el uso de materiales mediante técnicas estadísticas y modelos matemáticos. Algunas de las razones clave para su inclusión son:

- **Análisis de demanda y consumo de materiales:** Se recopilan datos históricos de consumo de materiales, tiempos de reposición y niveles de *stock* para identificar patrones y tendencias. Esto se hace bajo una pequeña porción de información debido a la confidencialidad de datos que solicita la empresa.
- **Modelado de inventarios:** Se aplican técnicas como modelos de pronóstico, promedio móvil simple y análisis de series temporales para optimizar la planificación de inventarios.
- **Métricas de desempeño:** Se establecen indicadores clave de desempeño (KPIs) que evalúan la eficiencia y eficacia del sistema de gestión de materiales.

Justificación del Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo es necesario para comprender los factores organizacionales, operativos y humanos que impactan la planificación y administración de inventarios. Este componente es clave para:

- **Identificación de problemas y oportunidades:** A través de entrevistas con expertos, encuestas a colaboradores y análisis documental, se identifican desafíos en los procesos actuales.
- **Evaluación de la aceptación del sistema:** Se analiza cómo los usuarios perciben la metodología y el sistema propuesto y qué ajustes pueden mejorar su usabilidad y efectividad.
- **Factores contextuales:** Se estudian aspectos organizacionales, normativos y operativos que afectan la implementación de la metodología, el tema cultura es muy importante.

Adecuación del Enfoque Mixto a la Investigación

El enfoque mixto es el más adecuado para este estudio, porque permite:

1. **Una visión integral del problema:** La combinación de datos cuantitativos y cualitativos proporciona una comprensión completa de la gestión de inventarios, considerando tanto la eficiencia operativa como la viabilidad organizacional.
2. **Validación y triangulación de resultados:** La convergencia de ambos enfoques permite contrastar los hallazgos cualitativos con datos cuantitativos, asegurando la robustez de las conclusiones, dando también una mayor seguridad por el uso de factores matemáticos y estadísticos que fundamentan lo propuesto.
3. **Toma de decisiones basada en evidencia:** El uso de métricas numéricas junto con el análisis cualitativo facilita la implementación de una metodología alineada con las necesidades de la empresa, así como la personaliza a su necesidad específica.

En conclusión, la investigación se fundamenta en un enfoque mixto, porque integra herramientas de análisis de datos con una comprensión de los procesos organizativos, asegurando que la

metodología propuesta no solo sea técnicamente viable, sino también alineada con la realidad operativa de la empresa.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada como método investigativo se basa en el concepto DMAIC, el que se desgrana de la siguiente manera:

1. Definir (*Define*)

Objetivo: Establecer la necesidad y alcance del proyecto.

Identificación del problema: Inadecuada planificación de inventarios, generando desabastecimiento o exceso de *stock*.

Definición de los objetivos del sistema:

- Mejorar la disponibilidad de materiales sin generar costos innecesarios. Optimizar el proceso de gestión de inventarios.
- Reducir tiempos de respuesta en la operación.
- Identificación de partes interesadas: Áreas de logística, mantenimiento, compras y dirección de operaciones.

2. Medir (*Measure*)

Objetivo: Recopilar datos sobre el desempeño actual del sistema de inventarios.

Herramientas

- Análisis del consumo histórico de materiales.
- Identificación de tiempos de reposición y lead time de proveedores.
- Evaluación de costos asociados a inventarios: almacenamiento, compras urgentes y costos de oportunidad.
- Establecimiento de indicadores clave de desempeño (KPIs), como:
 - Rotación de inventario.
 - Inventario en baja rotación.

- Inventario en nula rotación.

3. Analizar (*Analyze*)

Objetivo: Identificar causas-raíz de problemas en la gestión de inventarios.

Aplicación de herramientas de análisis:

- Diagrama de Pareto para clasificar materiales según criticidad y consumo.
- Análisis ABC para segmentar inventarios y priorizar gestión.
- Diagramas de causa-efecto (Ishikawa) para identificar fallas en la planificación.
- Evaluación del impacto de los tiempos de reposición en la disponibilidad de materiales.
- Diagnóstico de ineficiencias en el proceso actual de abastecimiento.

4. Mejorar (*Improve*)

Objetivos

- Implementación de un modelo de planificación basado en demanda real y pronósticos predictivos.
- Automatización de la gestión de inventarios mediante un sistema de control digitalizado, *Power BI*.
- Integración con sistemas ERP para optimizar órdenes de compra y reposición de stock.
- Aplicación de políticas de stock de seguridad y punto de reorden óptimo.
- Diseño de un flujo operativo eficiente para minimizar tiempos de aprovisionamiento.

5. Controlar (*Control*)

Objetivos

- Definición de controles y auditorías periódicas sobre los niveles de inventario.
- Monitoreo continuo de KPIs para evaluar el desempeño del nuevo sistema.
- Implementación de alertas automáticas para reposición de materiales críticos.
- Capacitación del personal en el uso del nuevo sistema de planificación.
- Ajustes y optimización del modelo según cambios en la demanda, condiciones del mercado o cambios de tecnología.

Esta propuesta busca garantizar una planificación de inventarios eficaz y eficiente, alineada con los objetivos estratégicos de la empresa, así como facilitar a los analistas la toma de decisiones.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para diseñar una metodología de planificación de inventarios respaldada por un sistema de gestión eficiente de materiales en una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, resulta fundamental recopilar datos directamente de fuentes primarias. Estas fuentes ofrecen información actualizada, específica y contextualizada sobre la operación de inventarios, lo que permite identificar oportunidades de mejora y evaluar su impacto en la eficiencia del servicio.

A. Entrevistas con expertos y responsables del área

Mediante este paso se obtiene información detallada sobre la gestión actual de inventarios, desafíos y oportunidades de mejora, como lo son:

- **Responsables de compras:** Para entender procesos de adquisición, lead times y relaciones con proveedores.
- **Técnicos y operadores de campo:** Para identificar materiales críticos y problemas en la disponibilidad de insumos.

B. Revisión de registros y datos históricos

Mediante esta herramienta se logra obtener datos cuantitativos sobre el consumo y gestión de inventarios, tales como:

- Históricos de consumo de materiales por tipo de servicio y región.
- Niveles de *stock* promedio y variabilidad en el tiempo.
- Indicadores clave como rotación de inventario, *stock* de seguridad y tasa de desabastecimiento.
- Tiempos de reposición de materiales según proveedor.
- Clasificación del inventario según su índice de urgencia.

C. Observación directa de procesos de inventario

Con la ayuda de esta herramienta se analiza la operatividad del sistema actual, identificando oportunidades de optimización mediante acciones como:

- Registro de tiempos de recepción, almacenamiento y despacho de materiales.
- Identificación de cuellos de botella en el proceso de inventarios.
- Evaluación de la optimización por centro logístico y clasificación de materiales en almacenes según su rotación.

De estas fuentes primarias podemos concluir que permitirán diseñar una metodología de planificación de inventarios alineada con las necesidades reales de la empresa, optimizando recursos y mejorando la eficiencia en la gestión de materiales.

El propósito de esta investigación es mejorar el proceso actual, por lo cual resulta fundamental obtener información a partir de fuentes secundarias. Estas fuentes brindan una visión valiosa sobre experiencias anteriores, tendencias del sector y prácticas eficientes en la gestión de inventarios aplicadas en la industria de las telecomunicaciones.

D. Documentación interna de la empresa

Manuales y procedimientos internos: Para comprender cómo se gestiona actualmente el inventario y detectar áreas de mejora.

Reportes de desempeño y KPIs: Evaluación de indicadores como rotación de inventario, tasa de desabastecimiento y costos asociados.

Bases de datos de consumo de materiales: Análisis de patrones de demanda y tendencias de reposición

a. *Benchmarking* y Estudios de Mercado

Objetivo: Comparar metodologías y herramientas utilizadas en otras empresas del sector.

b. Análisis de la competencia:

Estrategias utilizadas por otras empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones.

c. Proveedores y fabricantes de materiales y software de inventario

Objetivo: Identificar tecnologías y herramientas para mejorar la gestión de inventarios.

Soluciones tecnológicas (ERP, WMS, IoT, RFID) para control de inventarios.

3.3.1 Sujetos de información

Project Charter

Ver Anexo 1

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

A continuación, se presenta el cuadro de variables de la investigación, estructurado en función de los objetivos específicos del estudio. Este cuadro permite identificar y vincular de forma clara cada objetivo con sus respectivas variables, dimensiones e indicadores, facilitando así el análisis y la recolección de datos de forma coherente y alineada con el enfoque metodológico propuesto.

El propósito es garantizar la trazabilidad de las variables dentro del proceso investigativo, contribuyendo a una evaluación sistemática y rigurosa de los factores que inciden en la planificación y administración de inventarios en la empresa de telecomunicaciones, buscando la claridad para llegar a brindar una mejora y aporte positivo a la gestión de la empresa; como se puede ver a continuación en la tabla 3.1.

Tabla 3.1:

Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Diagnosticar el estado actual de la planificación de inventarios en la empresa, identificando oportunidades de mejora.	Análisis de las causas.	Levantamiento de la situación actual, para conocer la problemática que no permite un mejor funcionamiento en la planificación.	Se revisa el proceso actual, con la finalidad de ubicar el mejor escenario para aplicar en la optimización y manejo del inventario.	Entrevistas. Diagrama de Ishikawa. Lluvia de ideas. Diagrama de Pareto.
Diseñar un sistema de planificación de inventarios basada en el enfoque DMAIC, incorporando modelos matemáticos, estadísticos y herramientas de automatización que permitan optimizar la gestión del inventario y reducir costos operativos.	Planteamiento de la mejora.	EL planteamiento de mejora toma como base la situación actual, lo mezcla con las recomendaciones en busca del proceso óptimo para la empresa.	Se evalúa la metodología a aplicar, así como las herramientas propuestas para generar la evolución del método.	Análisis de riesgos Situación actual, se genera una verificación mediante las herramientas que brinda la ingeniería, para tomar una foto del hoy en la empresa.
Implementar el sistema desarrollado, evaluando su impacto en la utilización de la herramienta por parte del personal, así como en la optimización del inventario mediante su balance de en los centros logísticos.	Mejora en el proceso.	Al identificar los puntos de dolor que la empresa padece es factible generar mejoras basadas en métodos comprobados, mejores flujos de trabajo, análisis más acordes e integración de perspectivas.	Se plantean las mejoras con el método más adecuado para la planificación para optimizar el inventario de manera integral.	Sipoc Diagrama de flujo, esto permite tener una visión clara y estructurada del proceso actual y detectar oportunidades de mejora.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5 INSTRUMENTOS

Para esta y cualquier empresa de telecomunicaciones es de vital importancia un adecuado manejo de sus inventarios, lo cual puede ser reflejo fiel de éxito o fracaso en la atención de nuevos servicios o bien, de averías en su sistema, red o mallado de transmisión de datos a los clientes finales.

La percepción de los clientes finales, en un mundo globalizado, donde los hogares inteligentes se vuelven más y más con el pasar del tiempo, hace y obliga a las empresas a estar preparadas para ofrecer en tiempo y forma la calidad que los clientes y el mundo en general espera de la empresa, es por esto por lo que un manejo eficaz y eficiente de sus inventarios, repercute sin duda alguna y de manera directa en el éxito de cualquier empresa.

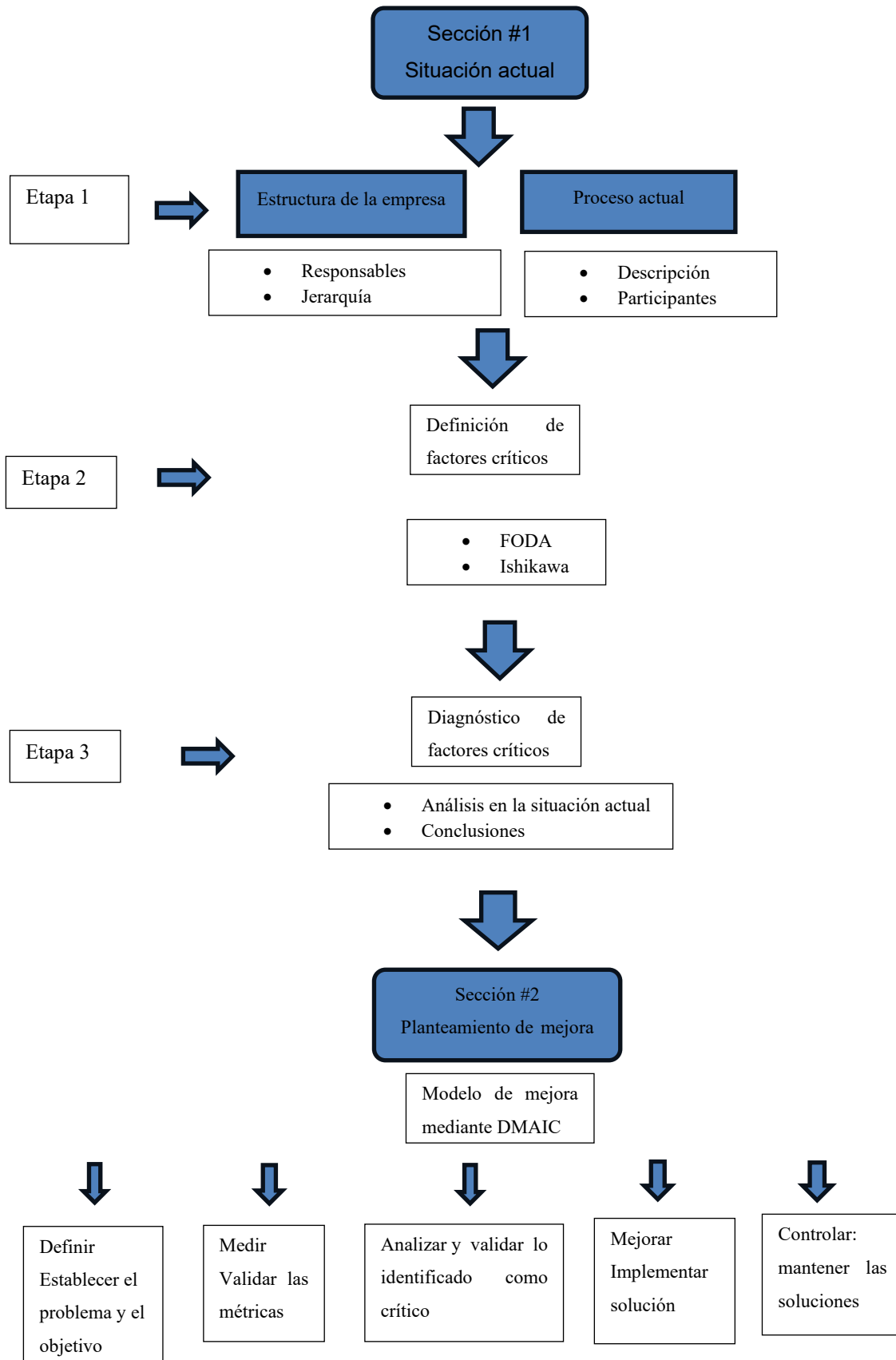
Dicho esto y mediante las herramientas que la ingeniería industrial brinda, es que se analizará más adelante en este documento, una serie de carencias que con la ayuda analítica como diagramas de Ishikawa, lluvia de ideas, 5 por qué, así como levantamientos propios y técnicas, se han identificado puntos de mejora que vendrán a dar una bocanada de aire fresco a la empresa de telecomunicaciones, para lograr revitalizar sus procesos, optimizar y sanear sus inventarios y facilitar, mediante la automatización, los tiempos de respuesta de los colaboradores encargados de temas de inventarios.

El fin primordial es dotar a esta importante empresa de una herramienta lógica para el caculo de su proceso y manejo de inventarios, así como automatizar el proceso de análisis y darle fluidez a la toma de decisiones.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se presenta un mapa conceptual metodológico, que ejemplifica de manera más visual la metodología de trabajo para atender esta mejora, guardando, claro está, la confidencialidad de los datos y del personal que colaboró en las entrevistas, que es una técnica de recolección de información del proceso actual, ¿cómo es ejecutado?, ¿quién lo elabora?, ¿es funcional para quien lo elabora?, entre otros detalles que permiten ir analizando lo que sería el mejor escenario para el éxito de la empresa. Para esta empresa dicho mapa se ejemplifica en la figura 3.1.

Figura 3.1
Mapa conceptual metodológico



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de la situación actual de la planificación y la administración de inventarios en la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, objeto de este estudio.

El análisis se estructura conforme con la metodología *DMAIC* (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), propia del enfoque de mejora continua y utilizada en proyectos de optimización de procesos. Esta metodología permite abordar de manera sistemática los problemas detectados, identificar sus causas-raíz, proponer soluciones viables y establecer mecanismos de seguimiento.

A lo largo del capítulo se incorporan los insumos provenientes de las entrevistas aplicadas al personal en campo, así como herramientas de análisis como diagramas de Ishikawa, Pareto, lluvias de ideas y matrices de priorización, que fundamentan tanto el diagnóstico como la propuesta de mejora. Este enfoque garantiza que las soluciones planteadas respondan directamente a las necesidades operativas reales y permitan una gestión más eficiente de los inventarios a nivel nacional.

4.1 DEFINIR

En el contexto actual de la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones objeto de estudio, se ha identificado la carencia de una metodología estructurada para la planificación y la administración de inventarios, específicamente en lo relacionado con el cálculo eficiente y acertado de las necesidades de materiales.

Esta situación ha provocado una serie de ineficiencias que afectan tanto el rendimiento operativo como la calidad del servicio entregado al cliente final; por ello se ha elegido esta empresa el departamento de Disponibilidad de las Operaciones, ya que es de vital importancia para no solo un mejor manejo del inventario, sino también con ello se obtendría una optimización de las finanzas.

Dentro de las herramientas utilizadas en este paso, se puede indicar el uso del *project charter*, ver anexo #1 de este documento. Aunado a estos análisis, se ha generado un mapeo de los procesos

mediante la herramienta del SIPOC, la cual se utiliza para entender y representar de forma clara y estructurada los elementos más representativos del proceso; la planificación de inventarios es esencial para asegurar la continuidad operativa, minimizar tiempos de inactividad y optimizar el uso de recursos técnicos y materiales.

El SIPOC permite mapear de forma clara y estructurada los elementos clave del proceso de planificación de inventarios, identificando a los proveedores de insumos, los materiales y los datos necesarios, las etapas del proceso, los productos o los resultados esperados y los clientes o las áreas que dependen del inventario. Esta visión global facilita la identificación de inefficiencias, mejora la comunicación entre áreas y orienta los esfuerzos de mejora continua en la gestión de materiales críticos, como se puede observar en la tabla 4.1.

SIPOC

Tabla 4.1

Diagrama SIPOC – Planificación de Inventarios en Telecomunicaciones

Proveedor (Suppliers)	Entradas (Inputs)	Proceso (Process)	Salidas (Outputs)	Clientes (Customers)
Proveedores de equipos y materiales	Materiales y equipos de telecomunicaciones	1. Análisis de demanda histórica y actual	Inventario optimizado y disponible	Área de Operaciones
Área de Compras	Datos de órdenes de compra	2. Implementación de sistema de gestión de inventarios	Reducción de costos por exceso o falta de stock	Técnicos de instalación y mantenimiento
Área de Operaciones	Reportes de consumo de materiales	3. Definición de stock mínimo y máximo	Mayor eficiencia en tiempos de entrega	Clientes finales (usuarios del servicio)
Almacén y Logística	Información sobre tiempos de entrega	4. Automatización de reposición y alertas de inventario	Optimización del almacenamiento	Dirección de la empresa
Técnicos de campo	Solicitudes de materiales	5. Uso de la herramienta para evaluar la eficiencia y optimizar la planificación.	Mejor disponibilidad de materiales en campo	Clientes internos y externos

Fuente: autor.

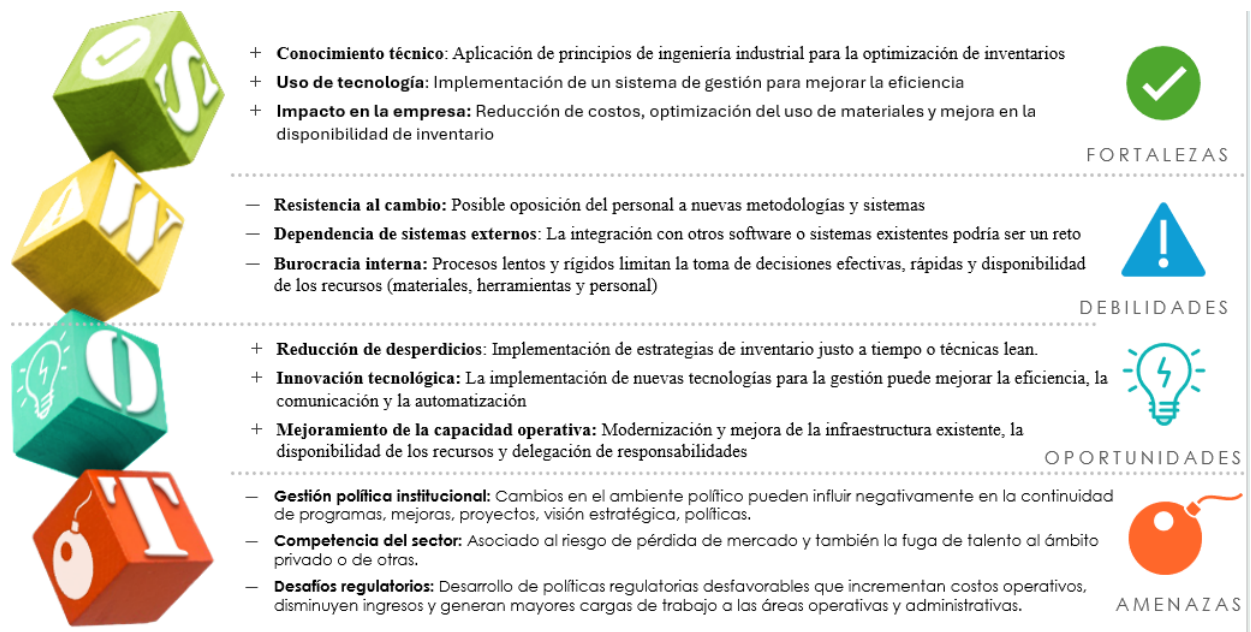
Este proceso lo podemos describir de la siguiente forma.:

1. Análisis de la demanda histórica y actual: Recopilación y análisis de datos históricos y actuales de consumo de materiales, con la finalidad de generar proyecciones.
2. Sistema de gestión de inventarios: Implementación de Power BI para controlar el stock en tiempo real, agilizar la toma de decisiones y optimizar el inventario.
3. Definición de niveles de inventario: Establecimiento de stock mínimo, máximo y puntos de reorden, para un mejor ordenamiento.
4. Automatización de procesos: Configuración de alertas y pedidos automáticos a proveedores para evitar desabastecimientos.
5. Monitoreo y mejora continua: Uso de la herramienta para evaluar la eficiencia y optimizar la planificación.

Este enfoque permite mejorar la eficiencia operativa, reducir costos por exceso o escasez de inventarios y garantizar la disponibilidad de materiales para el servicio de telecomunicaciones.

Como parte de los análisis generados a la empresa, se realiza también un análisis FODA enfocado en los principales factores que identifican los diferentes coordinadores de regiones, que necesita la empresa para mejorar en competitividad; como se muestra en la imagen 4.1.

Figura 4.1
Análisis FODA



Fuente: autor, 2025.

Este análisis FODA permite entender en qué estado está la empresa, sus oportunidades, amenazas, pero sobre todo su posibilidad de crecimiento; entendiendo que con una actitud positiva y una mente abierta es bastante probable que alcance el éxito esperado y la satisfacción del personal a contar con herramientas que faciliten su desempeño.

Además, como parte de acercamiento al personal y para conocer de primera mano las carencias se ha recurrido a la aplicación de entrevistas al personal

Aplicación de entrevistas

Como parte fundamental del proceso de diagnóstico y análisis de la situación actual en la planificación y la administración de inventarios en la empresa objeto de estudio, se implementó una estrategia de entrevistas aplicadas al 100% del personal involucrado directamente en los procesos de abastecimiento y consumo de materiales. Esta recolección de información cualitativa se realizó en las seis regiones operativas que conforman la estructura nacional de la empresa, lo que permitió una visión amplia, integral y representativa del funcionamiento actual.

Las entrevistas fueron diseñadas con un enfoque semiestructurado, permitiendo al personal expresar tanto percepciones sobre la metodología actual de planificación, como experiencias directas en la gestión y el uso de inventarios. Esta estrategia metodológica fue clave para identificar deficiencias operativas que no son fácilmente evidenciables mediante análisis cuantitativos o revisión documental.

Asimismo, la información obtenida en las entrevistas ha sido un insumo fundamental para el análisis de situación, ya que permitió conocer de primera mano las principales dificultades enfrentadas por el personal técnico y logístico.

Además de los aspectos no tan positivos, las entrevistas también permitieron recopilar valiosas sugerencias de mejora, entre las que destacan:

- Implementar una metodología más dinámica, basada en consumo real y datos históricos.

- Incorporar herramientas tecnológicas que automaticen la recolección de datos y la generación de pedidos.
- Descentralizar ciertos procesos para mejorar los tiempos de respuesta.
- Aumentar la frecuencia de revisión de inventarios y establecer canales directos de comunicación con quienes atienden en campo.

Gracias a la participación del personal de todas las regiones, se logró obtener un mapeo claro de la situación actual, que será esencial para el diseño de propuestas metodológicas que verdaderamente respondan a las necesidades de la empresa, así como un facilitador para el personal. La información cualitativa obtenida mediante esta técnica constituye uno de los pilares sobre los cuales se construirán las mejoras propuestas para optimizar la planificación y el abastecimiento de materiales a nivel país.

No se omite reforzar que esta estrategia cumplió un rol estratégico como base para la toma de decisiones informadas y para el enfoque del diseño metodológico propuesto.

Desde una perspectiva metodológica, las entrevistas permitieron:

1. Validar el problema identificado desde el enfoque teórico con la experiencia real del personal en campo, lo que dio mayor solidez al diagnóstico inicial.
2. Contrastar la documentación oficial de procesos con la práctica cotidiana, permitiendo detectar desviaciones entre lo que se planifica y lo que realmente ocurre en la operación diaria.
3. Identificar patrones comunes en las dificultades enfrentadas por las regiones, lo cual permitió establecer que el problema de planificación de inventarios no es aislado, sino estructural y transversal en todo el sistema nacional.

Este proceso también permitió detectar oportunidades adicionales no consideradas en el planteamiento inicial del proyecto, como la necesidad de mejorar los canales de comunicación entre las áreas de planificación y operación y la necesidad de formación continua en gestión de inventarios.

El impacto de la técnica de entrevistas no solo fortaleció el diagnóstico situacional, sino que enriqueció el diseño de la propuesta metodológica, aportando una visión realista, contextualizada y directamente alineada con las necesidades del personal que ejecuta las labores en campo. Este enfoque participativo asegura que las mejoras propuestas sean viables, sostenibles y efectivas en el entorno operativo de la empresa, así como que el personal se sienta parte de la mejora.

En la figura 4.2 es posible ver la estructura utilizada para esta recolección de datos.

Figura 4.2

Encuesta al personal.

Estimado(a) Enlace Regional, (Jenny)

Con el objetivo de mejorar la gestión de inventarios y asegurar la eficiencia en la operación y mantenimiento del servicio, te pedimos responder esta breve encuesta. Agradecemos tu tiempo, colaboración y consentimiento para el uso de su respuesta.

1. ¿Consideras que la metodología actual de planificación de inventarios es adecuada?

- ☐ Sí
- ☒ No
- ☐ Parcialmente

2. En caso de haber respondido "No" o "Parcialmente", ¿cuáles consideras que son las principales áreas de mejora? (Selecciona todas las que apliquen)

- ☒ Precisión en la demanda de equipos y materiales
- ☒ Tiempos de reposición y entrega
- ☒ Disponibilidad de stock en los almacenes regionales
- ☒ Procesos administrativos y aprobación de solicitudes
- ☒ Integración con otras áreas (compras, logística, operaciones)
- ☐ Otro: _____

3. ¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentas en la planificación de inventarios en tu región? (Responde en pocas palabras)

Tiempos muy cortos para planificar, poco personal capacitado.

4. ¿Qué sugerencias tienes para mejorar la metodología actual de planificación de inventarios?

Que compren más.

5. ¿Consideras que el inventario cuenta con una clasificación adecuada según su nivel de importancia?

- ☐ Sí
- ☒ No
- ☐ Parcialmente

Fuente: Autor, 2025.

Mediante la metodología de entrevistas se ha logrado verificar con el personal que se encarga de realizar las diferentes labores, qué les afecta, qué les aqueja, dónde están sus puntos de dolor y por ende dónde iniciar el trabajo de mejora en el proceso a la planificación en busca del objetivo final, optimizar los procesos. Para tal fin, se sesionó con dos personas por región, para conocer la información de una fuente primaria.

El proceso de cálculo de requerimientos de inventario se realiza actualmente con un alto grado de intervención manual, apoyado en herramientas básicas (como hojas de cálculo en Excel) y criterio experto. Esto conlleva a una alta variabilidad en la estimación de la demanda real, provocando errores recurrentes como:

- **Sobreestimación de inventarios**, generando excedentes que inmovilizan capital y aumentan costos por almacenamiento o incluso por obsolescencia tecnológica, dado el ritmo acelerado del cambio en equipos de telecomunicaciones.
- **Subestimación de requerimientos**, lo que ocasiona quiebres de stock y, en consecuencia, retrasos en la instalación, el mantenimiento o la atención de averías, afectando los niveles de servicio y la satisfacción del cliente.

Adicionalmente, se identifica la ausencia de un sistema automatizado que permita integrar datos históricos de consumo, proyecciones de demanda, indicadores operativos y condiciones contractuales con los proveedores, lo cual limita la posibilidad de tomar decisiones basadas en datos y en tiempo real. Esta falta de automatización impide una planificación dinámica, flexible y alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

Esta situación revela una oportunidad clara de mejora mediante el diseño e implementación de una metodología de planificación y administración de inventarios basada en herramientas analíticas y principios de mejora continua.

4.2 MEDIR

Durante esta etapa se analizó la forma en que históricamente se ha realizado la planificación de inventarios en la empresa. Tradicionalmente, las decisiones sobre niveles de stock, puntos de reorden y compras se han basado en los valores definidos por el plan de ventas, el cual establece metas mensuales o periódicas de demanda esperada para cada categoría de producto, con base en esto se extrapolan los datos a las cantidades de materiales y equipos que van a ser requeridos durante los diversos periodos.

Para generar la estimación de necesidades fue necesario hacer un levantamiento del promedio de uso de cada ítem por evento atendido como se muestra en la tabla 4.3, donde se indica la cantidad de unidades o metros que son necesarios para atender los servicios que esta empresa brinda:

Tabla 4.3

Definición necesidad de ítems por evento

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN SAP	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD USO PRO MEDIO POR EVENTO DE INSTALACIÓN
1	XX1	XM1	EMBALAJE SAP BOLSA 100 UNIDADES	C/U	10
2	XX2	XM2	EMBALAJE SAP BOLSA 100 UNIDADES	C/U	5
3	XX3	XM3	EMBALAJE SAP BOLSA 100 UNIDADES	C/U	3
4	XX4	XM4	EMBALAJE SAP BOLSA 100 UNIDADES	C/U	3
5	XX5	XM5	EMBALAJE SAP BOLSA 100 UNIDADES	C/U	1.5
6	XX6	XM6	EMBALAJE SAP C/U	C/U	0.05
7	XX7	XM7	EMBALAJE SAP C/U	C/U	1
8	XX8	XM8	EMBALAJE Rollos 500 mts	MTS	3.5
9	XX9	XM9	EMBALAJE Rollos 500 mts	MTS	0.5
10	XX10	XM10	EMBALAJE rollos de 300 mts	MTS	180
11	XX11	XM11	EMBALAJE rollos 2000 mts	MTS	300
12	XX12	XM12	EMBALAJE C/U	C/U	1
13	XX13	XM13	EMBALAJE Rollos 305 mts	MTS	

Como se observa en la tabla 4.3, se realizó una estimación del uso promedio de materiales por instalación para extrapolar el dato a la cantidad necesaria para el periodo; sin embargo, es importante reiterar que la cantidad de materiales necesarios para la atención de los periodos se

calculaba basado en la estimación de ventas. Para ser, quizá, más claros en el cálculo lo podemos ampliar de la siguiente manera.

Item #1

Figura 4.4

Fórmula para el cálculo de la necesidad en unidades

Concepto	Valor / Fórmula	Descripción
Requerido por servicio	1 c/u	Cantidad de materiales necesarios por cada instalación
Ventas estimadas del periodo	80,000	Total de instalaciones previstas para el periodo
Requerimiento base del periodo	$80,000 \times 1 = 80,000$	Materiales requeridos sin considerar averías
Porcentaje estimado de averías	20%	Proporción de instalaciones que pueden requerir reposición
Materiales por averías	$80,000 \times 20\% = 16,000$	Cantidad adicional por posibles fallas
Requerimiento total del periodo	$80,000 + 16,000 = 96,000$	Total de materiales necesarios considerando averías

Fuente: autor, 2025.

La figura 4.4 muestra de forma clara y simplificada el proceso utilizado para calcular la necesidad total de materiales durante un periodo específico, con base en las estimaciones de ventas y un porcentaje previsto de averías. En primer lugar, se parte del requerimiento por servicio, que en este caso es de una unidad por instalación, y se multiplica por la cantidad de servicios proyectados (80,000), obteniendo así el requerimiento base del periodo.

Posteriormente, se contempla un margen de averías del 20%, lo cual implica una necesidad adicional de 16,000 unidades. Finalmente, al sumar ambos componentes (requerimiento base más el ajuste por averías), se determina una necesidad total de 96,000 unidades, según el método del momento, para definir la cantidad de material o equipo requerido para el periodo en cual se encuentre.

Esta metodología es bastante larga, manual y cansada, ya que en su momento era aplicada a más de 500 líneas una a una.

Como un paso a paso de la metodología anterior se generaba un cuadro de estimación de consumo, así como posibles ingresos para estimar evitar un desabastecimiento, siempre bajo a la anterior metodología.

Figura 4.5

Estimación de necesidades basado en ventas proyectadas

Periodo	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23
Estimación de uso Mensual Item 1	14,581	14,320	9,908	9,695	10,531	10,313	9,485	10,627	10,108	10,943	9,720	7,388
Inventario al 9/03/2023	136,515	121,934	169,033	159,125	149,430	138,900	128,587	119,102	108,476	98,368	87,425	77,704
Cobertura de stock (meses)	9.36	8.51	17.06	16.41	14.19	13.47	13.56	11.21	10.73	8.99	8.99	10.52
Entradas Programadas total										100,000		

Fuente: autor, 2025.

La figura 4.5 representa un ejemplo del método de planificación de inventarios utilizado anteriormente por la empresa. Esta herramienta se implementaba a las líneas de material de la empresa que suma más de 500 artículos, en una hoja de Excel, separado por pestañas. Este enfoque se basaba principalmente en las proyecciones de ventas, las cuales servían como base para estimar el uso mensual de materiales. A partir de estas estimaciones, se determinaban los niveles de inventario requeridos, los puntos de reorden y la programación de entradas de materiales.

La tabla muestra cómo se proyectaban las necesidades mensuales para un ítem específico, comparándolas con el inventario disponible y calculando la cobertura en meses. Este método, útil en ciertos contextos, dependía en gran medida de la precisión del plan de ventas, lo que podía generar desviaciones significativas cuando las estimaciones no se cumplían, afectando así la eficiencia y la disponibilidad de materiales; como se muestra en la figura 4.6 “Estimación de necesidades con ejemplo de pestañas”.

Figura 4.6:

Estimación de necesidades con ejemplo de pestañas

2	Periodo	nov-22	dic-22	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23
3	Estimación Promedio Mensual	87,804	85,819	93,324	91,395	84,057	94,177	89,577	96,982	86,144	65,477	65,477	65,477	65,477	65,477
4	Inventario al 9/03/2023	1,257,576	1,169,772	1,083,852	990,528	1,257,576	1,173,519	1,079,342	989,765	892,783	806,639	1,108,166	1,042,689	977,211	911,734
5	Cobertura de stock (meses)	14.32	13.61	11.61	10.84	14.96	12.46	12.05	10.21	10.36	12.32	16.92	15.92	14.92	13.92
6	Entradas Programadas total													210,969	
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															

Item 1

Item 2

Item 3

Item 4

Item 5

Item 6

Item 7

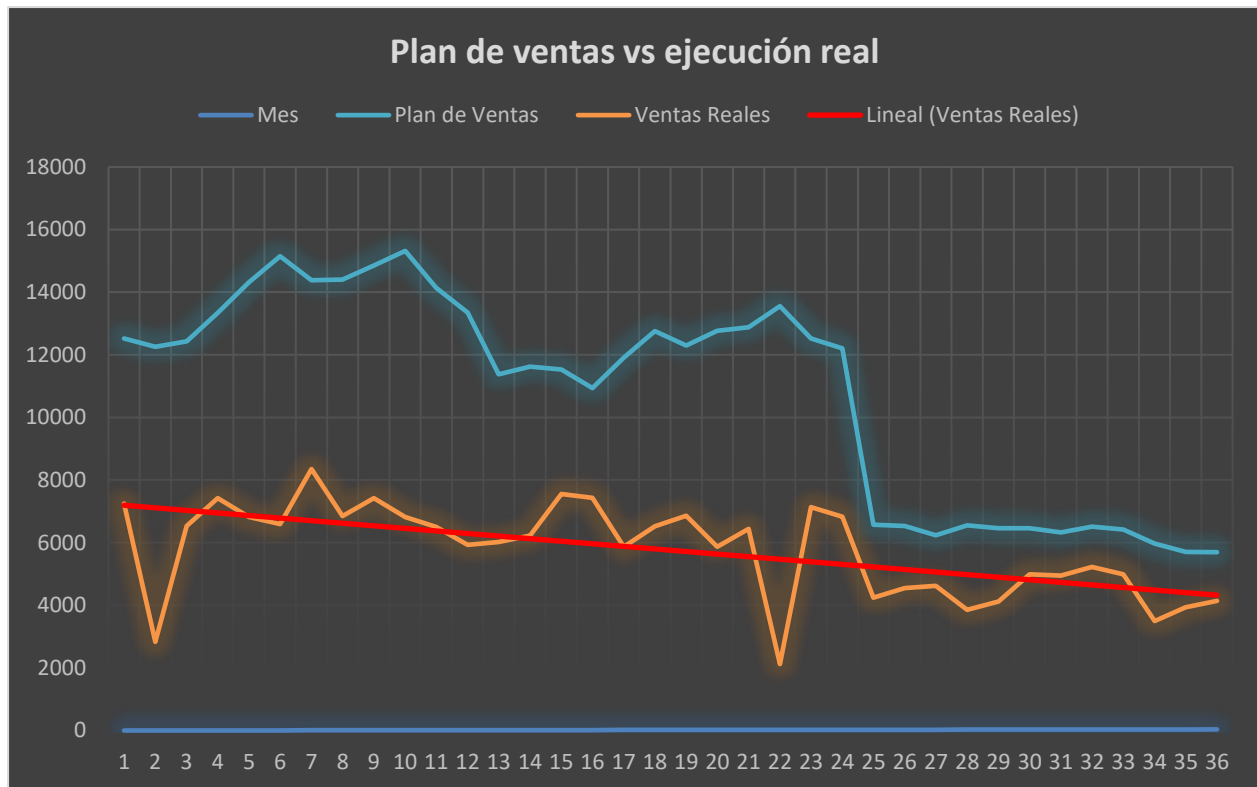
Item 8

Fuente: autor, 2025.

Continuando con el proceso, según el análisis realizado se revisa la realidad del plan de ventas versus la ejecución real, donde se obtuvo una diferencia del 53% entre lo proyectado y lo ejecutado, algo que se evidencia en la figura 4.7.

Figura 4.7

Plan de ventas vs ejecución real



Fuente: autor, 2025.

Como se observa en la imagen, es evidente la diferencia entre la metodología aplicada vs la ejecución real, esto con históricos de 36 meses, evidenciando un rezago persistente en la ejecución real respecto del objetivo trazado. Esta desfase se mantiene constante y tiende a ampliarse con el tiempo, lo cual indica una falta de alineación o eficacia en la implementación de estrategias comerciales.

La línea de tendencia en rojo, que representa la regresión lineal de las ventas reales, confirma una tendencia decreciente sostenida. Esta pendiente negativa refleja un deterioro progresivo en el desempeño comercial; situación que demanda un análisis profundo de las causas estructurales detrás del bajo rendimiento, como problemas en la cadena de suministro, debilidades en el equipo de ventas o una mala adaptación a las condiciones del mercado.

El análisis evidencia una desviación constante y significativa entre el plan y la ejecución real, lo cual pone en riesgo la precisión de la planificación de inventarios si se basa exclusivamente en el plan sin considerar ajustes.

Esto implica que aunque el plan de ventas puede seguir utilizándose como punto de partida, es indispensable complementarlo con un monitoreo constante de la ejecución real y con análisis históricos, incorporando herramientas como pronósticos ajustados, factores de corrección y márgenes de seguridad. Además, la tendencia decreciente en las ventas reales sugiere que se debe evitar una sobreestimación en la reposición de inventarios, ya que podría llevar a excesos de stock, costos de almacenamiento innecesarios o incluso obsolescencia de productos.

Como se indicó en el planeamiento del problema: - "Ausencia de análisis de datos históricos para extrapolar el comportamiento de datos históricos en pronósticos", es la base de que en ese periodo o se generara mucho inventario o bien faltante de este. No se omite indicar que para analizar la cantidad de material requerido se hizo un levantamiento de cantidad de material o equipo requerido por proceso a atender, además, una automatización con el uso de Power BI con datos históricos ajustados regularmente.

Si bien el uso del plan de ventas como insumo primario para la planificación es una práctica común en muchas organizaciones, su eficacia depende directamente del grado de cumplimiento respecto de la realidad operativa. Por ello, se procedió a comparar los valores proyectados en el plan de ventas con los datos reales de ventas ejecutadas durante los últimos dos años. El análisis arrojó que el cumplimiento promedio del plan de ventas fue del 58%, revelando una importante brecha entre la planificación y la demanda real del mercado.

Esta baja efectividad del plan como herramienta de predicción generó impactos negativos en la planificación de inventarios: por un lado, se observaron excesos de inventario en productos de baja rotación debido a una sobreestimación de la demanda, y por otro, frecuentes quiebres de stock en productos con alta variabilidad no prevista. Esta situación afectó tanto los niveles de servicio al cliente como los costos de almacenamiento y obsolescencia.

Dado este contexto, se identificó la necesidad urgente de modificar la metodología de planificación, pasando de un enfoque basado en metas proyectadas (plan de ventas) a uno apoyado en el comportamiento histórico real de entradas y salidas de inventario. Esta nueva perspectiva parte del principio de que las decisiones deben fundamentarse en evidencia concreta del consumo real, mediante técnicas de extrapolación estadística y análisis de tendencias que permiten capturar patrones, estacionalidades y ritmos de consumo de forma más precisa y adaptativa.

Para esta etapa se llevó a cabo un análisis sistemático orientado a conocer el comportamiento actual del inventario y su impacto en la operación. Para ello, se desarrolló un ejercicio de Diagrama de Pareto, con el objetivo de clasificar los materiales bajo el enfoque ABC, permitiendo identificar aquellos que representan el mayor valor o impacto en la gestión de inventarios. Paralelamente, se definieron criterios de criticidad para los materiales, tomando en cuenta su función en el restablecimiento del servicio y su nivel de afectación ante una eventual falta de disponibilidad.

Como base metodológica para la planificación de requerimientos se utilizó un modelo de promedio móvil simple, complementado con dos desviaciones estándar, lo cual permite proyectar la demanda futura con un nivel de confianza del 97.72%, facilitando decisiones más certeras. Se recomienda complementar este análisis con la evaluación del nivel de servicio por categoría ABC y criticidad, así como con un seguimiento de índices de rotación y cobertura, que fortalezcan el control y la toma de decisiones estratégicas para la optimización del inventario.

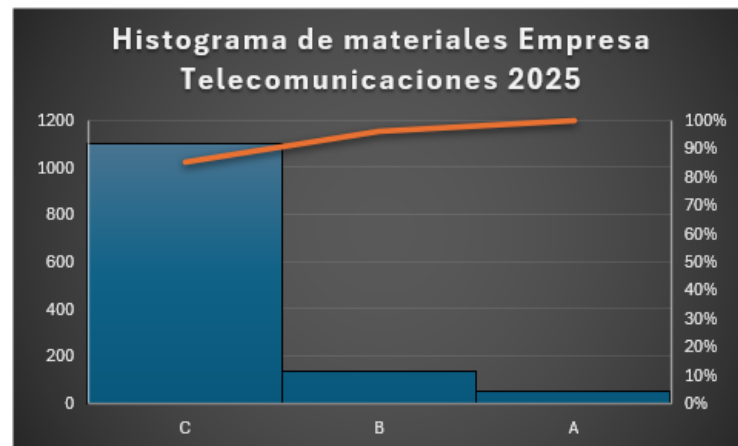
Como parte de la metodología se procedió a generar un *Pareto*, ya que se ha identificado que la empresa carece de un análisis, que permita hacer la identificación que la herramienta permite, de sus productos según su importancia.

A continuación, se muestra un análisis de *pareto* realizado a la línea de materiales presentes en la empresa de telecomunicaciones, con la definición ABC de las líneas de inventario de esta empresa, con la finalidad de generar la definición para los ítems más importantes y así, poder

enfocar a los planificadores en las líneas de mayor importancia, como se puede ver en la figura 4.8.

Figura 4.8.
Pareto de materiales

Clase	Frecuencia	Peso relativo causas	Peso relativo consecuencias (Valor inventario B/N)
A	50	4%	80%
B	139	11%	15%
C	1103	85%	5%
Total	1292	100%	100%



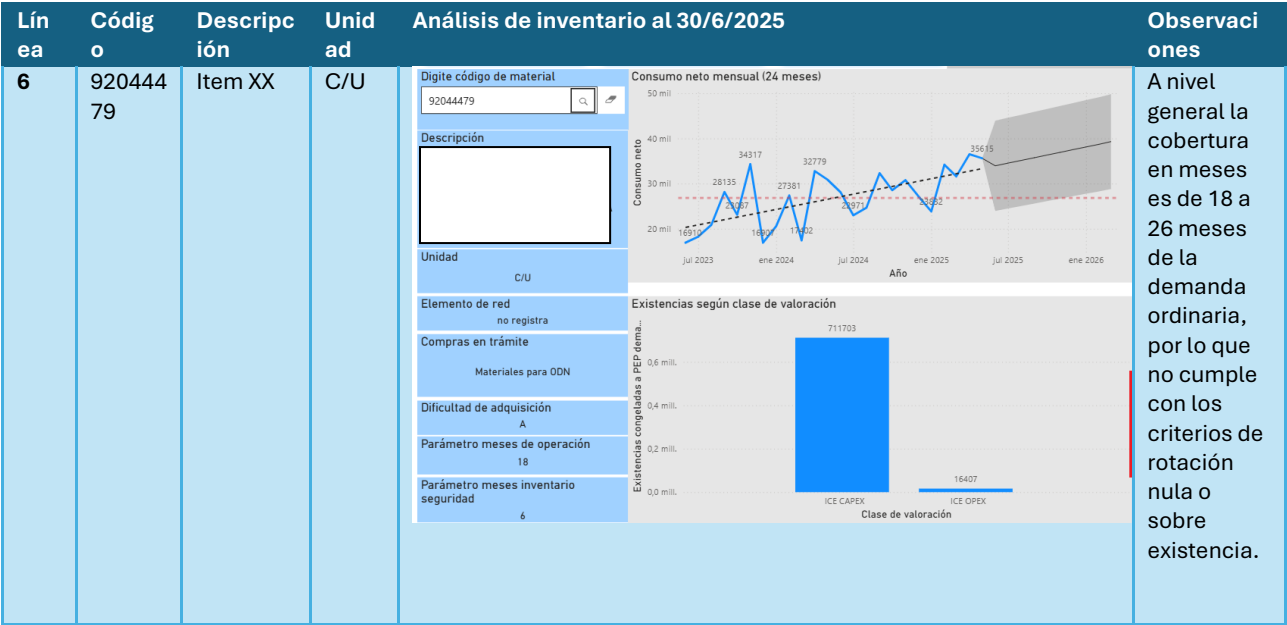
Código	Descripción del material	Unidad de medida	Suma de Valor Total	Peso relativo	Peso relativo acumulado	Pareto
92119550	Ítem#1	C/U	2,285,688,383	8%	8%	A
92314877	Ítem#2	C/U	1,745,904,132	6%	15%	A
92327909	Ítem#3	C/U	1,398,640,707	5%	20%	A
92099734	Ítem#4	C/U	1,395,722,905	5%	25%	A
92026226	Ítem#5	M	1,292,635,231	5%	29%	A
92035639	Ítem#6	C/U	1,129,785,565	4%	33%	A
92047309	Ítem#7	C/U	952,992,535	3%	37%	A
92223650	Ítem#8	C/U	890,877,160	3%	40%	A
92063057	Ítem#9	C/U	680,590,559	2%	43%	A
92044479	Ítem#10	C/U	596,860,930	2%	45%	A
700092145529	Ítem#11	M	589,638,892	2%	47%	A
92049817	Ítem#12	C/U	570,846,289	2%	49%	A
92060841	Ítem#13	C/U	559,746,720	2%	51%	A
92018528	Ítem#14	C/U	546,499,903	2%	53%	A
92044374	Ítem#15	C/U	480,816,783	2%	55%	A
90008990	Ítem#16	C/U	436,656,097	2%	56%	A
92026451	Ítem#17	M	424,262,190	2%	58%	A
92026450	Ítem#18	M	388,122,731	1%	59%	A
92303227	Ítem#19	C/U	385,022,777	1%	60%	A

Fuente: autor, 2025.

Dentro de las acciones a seguir para este mejoramiento se encuentra: mantener un indicador de eficacia y eficiencia en la administración de inventarios de consumo ordinario, en las zonas de la empresa. Este alcance es medir la eficiencia y eficacia en la administración de inventarios para consumo ordinario de las regiones, por código de material, centro logístico, clase de valoración, por medio del indicador rotación de inventarios, para incentivar la cultura de corregir y prevenir la sobre existencia y la rotación nula de inventarios.

Esta labor es medible durante el segundo semestre del año, donde cada mes tiene un valor porcentual del 16,66 %. Para la corroboración de este proceso se indica la evidencia que respalda la labor, tal como se muestra en la figura 4.9:

Figura 4.9.
Seguimiento a KPI de optimización



4.3 ANALIZAR

En esta fase del ciclo DMAIC se busca identificar, comprender y validar las causas-raíz que originan los problemas diagnosticados durante la etapa de medición, particularmente en lo que respecta a la falta de una metodología precisa y automatizada para la planificación y administración de inventarios en la empresa de telecomunicaciones analizada.

Para ello, se hará uso de un conjunto estructurado de herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo, que permiten ordenar la información obtenida, representar gráficamente las relaciones causa-efecto y priorizar los factores críticos que inciden directamente en la problemática central. Entre las técnicas seleccionadas se encuentran: lluvia de ideas, los 5 porqués, el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, entrevistas a actores clave del proceso y el modelo SIPOC, las cuales permiten abordar el problema desde diferentes perspectivas organizativas y operativas.

Adicionalmente, se integran herramientas definidas por el autor, como la validación de causas mediante triangulación de datos y la matriz de priorización de causas, con el objetivo de asegurar que el análisis no solo identifique múltiples factores, sino que también determine cuáles tienen mayor impacto y urgencia de atención. Estas técnicas complementarias permiten orientar el diseño de soluciones hacia acciones estratégicamente viables y alineadas con los objetivos de mejora de la empresa.

La combinación de estos enfoques analíticos permite alcanzar una comprensión integral del problema, estableciendo la base para la fase siguiente: el desarrollo de propuestas de mejora.

Como parte de las herramientas analíticas para definir el problema y buscar alternativas de mejora, que permitan no solo automatizar, sino definir la mejor metodología y facilitar la toma de decisiones, se inicia con las siguientes métricas de evaluación.

- Lluvia de ideas.

A continuación, se genera una lluvia de ideas con personal experto para definir e identificar los puntos de dolor que tiene el proceso, ese es el punto de partida para iniciar los procesos de mejora; esto se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2

Lluvia de ideas

Id.	Idea	Método / Hombre / Máquina / Materiales
1	Diseñar una metodología de planificación de inventarios, apoyada en un sistema que permita administrar de manera eficaz y eficiente, así como optimizar los materiales que utiliza una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.	Personal-Método
2	Optimizar el inventario a través de la automatización.	Método
3	Se requiere apoyo de las jefaturas, gerencia, coordinadores para implementación.	Personal-Método
4	El sistema actual no brinda todas las herramientas de análisis requeridas.	Equipo
5	No se cuenta con una metodología matemática estadística para la planificación de materiales y equipos.	Método
6	Falta de personal capacitado.	Personal
7	Personal de experiencia renuncia o se acoge a modalidad de pensión anticipada.	Personal
8	Falta una línea directa de la gerencia en cuanto a la línea tecnología a atacar.	Personal
9	El sistema actual tiene carencias para toma de decisiones.	Método
10	Definición clara de criterios de clasificación de material.	Método

Fuente: autor, 2025.

Como se logra observar y gracias a aporte del personal, se va dando forma al entorno de mejora que es debido trabajar. Al generar dicho enriquecedor proceso, se inicia la comprensión de lo que a ojos y oídos de los colaboradores es lo que la empresa necesita corregir y mejorar, para iniciar la carrera del mejoramiento continuo y lograr el éxito.

Este ejercicio da paso a generar una matriz de priorización:

- La matriz de priorización: Este es un ejercicio cuya finalidad es generar un análisis y clasificación de las causas que se van a analizar su impacto en la empresa y la probabilidad de que ocurran.

- Este ejercicio define una puntuación para el impacto de cada causa definido por criterio experto, donde el impacto se califica según la definición que muestran las siguientes tablas, la 4.2.1 y 4.2.2.

Tabla 4.3

Impacto

1	Insignificante
5	Menor
10	Moderada
20	Mayor
50	Catastrófica

Fuente: datos propios.

Tabla 4.4.

Probabilidad de ocurrencia

1	Rara
2	Improbable
3	Moderada
4	Probable
5	Casi con certeza

Fuente: datos propios.

Dentro de los análisis generados para definir los puntos más críticos o de dolor, que es por donde la teoría indica se debe iniciar, se ha generado con el criterio de expertos el cuadro de priorización de causas que impacta en una eficiente gestión de inventarios; como se muestra en el cuadro 4.4.

Tabla 4.5.

Priorización de causas

Priorización de causas				
Causa	Impacto	Probabilidad	Nivel de riesgo Absoluto	Clasificación
Diseñar una metodología de planificación inventarios, apoyada en un sistema que permita administrar de manera eficaz y eficiente, así como optimizar los materiales que utiliza una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.	20	5	100	Extremo
Optimizar el inventario a través de la automatización	50	5	250	Extremo
Se requiere apoyo de las jefaturas, Gerencia, coordinadores para implementación	10	5	50	Alto
El sistema actual no brinda todas las herramientas de análisis requeridas	10	5	50	Alto
No se cuenta con una metodología matemática estadística para la planificación de materiales y equipos	20	4	80	Extremo
Falta de personal capacitado	10	3	30	Alto
Personal de experiencia renuncia o se acoge a modalidad de pensión anticipada	1	5	5	Bajo
Falta una línea directa de la gerencia en cuanto a la línea tecnología a atacar	20	3	60	Extremo
El sistema actual tiene carencias para toma de decisiones	20	3	60	Extremo
Definición clara de criterios de clasificación de material	1	3	3	Bajo

Fuente: autor, 2025.

Continuando en el desarrollo de herramientas, la matriz indicada permite ir observando lo que en apariencia son los principales puntos que deben ser atacados.

Como parte del estudio en cuestión el proceso inicial se apoya de igual manera en la metodología de los 5 por qué. Esta herramienta permite identificar causas reales y no solo síntomas, ayuda a tomar decisiones estratégicas, como digitalizar procesos, automatizar reportes o integrar sistemas, así como evitar reprocesos, pérdidas de tiempo y recursos. La aplicación de los 5 por qué en la gestión de inventarios permite a la empresa de telecomunicaciones atacar las verdaderas causas

de los problemas logísticos y operativos, con soluciones bien orientadas. Como se muestra en la figura 4.6.

Tabla 4.6

Análisis 5 por qué?

Factores por los cuales ocurre el problema	¿Por qué?	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4	¿Por qué? 5
	¿Por qué no están disponibles los materiales cuándo se necesitan? Por qué no se realizó el requerimiento de materiales de forma oportuna.	¿Por qué no se realizó el requerimiento de forma oportuna? Porque la planificación actual no anticipa adecuadamente las necesidades reales de consumo.	¿Por qué la planificación no anticipa adecuadamente las necesidades reales de consumo? Por qué se utiliza una metodología desactualizada y poco dinámica, que no se ajusta al comportamiento operativo en tiempo real.	¿Por qué se sigue utilizando una metodología desactualizada y poco dinámica? Por qué no existe un sistema automatizado que integre datos de consumo, rotación y stock en tiempo real.	¿Por qué no existe un sistema automatizado que integre esta información? Por qué los reportes de consumo se generan de forma manual, con demoras significativas y no se cuenta con un proceso estructurado de balance de inventarios a nivel nacional.
Indagar causas	Investigación 1	Investigación 2	Investigación 3	Investigación 4	Investigación 5
	Mejor definición de necesidades. Área compradora no lo hace en tiempo y forma	Debido a los entramamientos burocráticos	Se apoya en estimaciones de ventas muy altas y no posibilidades reales de instalación	El ERP no cuenta con los módulos que funcionen para los analistas	El personal especializado es escaso y se carece de una herramienta que agilice.
Contramedidas	Temporal / Definitiva	Fecha	Resp.	Fecha	Estándar modificado
	Definición de un modelo que se adapte a la realidad de la empresa	Periodo actual de desarrollo del proyecto, primer semestre 2025	Andrés Myrie P	Primer semestre 2025	Final de 1er semestre 2025

Fuente: autor, 2025.

Como se observa en el detalle de análisis anterior la tendencia hacia la claridad de necesidad continúa su marcha, por lo que es factible ir visualizando con mayor claridad dónde se debe actuar para que el *kaizen* o mejoramiento continuo avance de forma natural y fluida.

Como siguiente paso dentro de las herramientas utilizadas se procede con la validación de causas, por medio del siguiente cuadro 4.7.

Tabla 4.7**Validación de causas**

Causa	Alternativa de solución	Dimensión	Ventaja	Desventaja	Decisión (se aprueba o no)
Mejor definición de necesidades	Definición de un modelo que se adapte a la realidad de la empresa	Tiempo	Contar un un razonamiento estadístico desde operaciones para proyectar	Restricción al cambio	Aprueba
Debido a los entramamientos burocráticos	Implementar un sistema de gestión de inventarios que reduzca la necesidad de aprobaciones manuales.	Calidad	Agilizar la toma de desciones en cuanto a inventarios.	Arraigo al sistema actual	Aprueba
Se apoya en estimaciones de ventas muy altas y no posibilidades reales de instalación	Utilizar una planificación basada en promedio móvil simple, con dos desviaciones estándar, que permita analiazar el coeficiente de variación y su posible tendencia	Calidad	Optimizar el modelo y por ende los inventarios en bodega	Un mal análisis o interpretación puede ocasionar desabastecimiento	Aprueba
El ERP no cuenta con los módulos que funcionen para los analistas	Utilizar un power bi que permita integrar los datos y presentarlos gerencialmente para toma de desiciones	Costo	Generar una rotación sana de inventarios que optimice el presupuesto	Capacitación pa personal y licencias	Aprueba
El personal especializado es escazo y se carece de una herramienta que agilice.	Mediante el powerbi, dotar al escazo personal de una herramienta que le permita atender en menos tiempo sus actividades.	Tiempo	Dar una ventaja la personal que analiza inventario en regiones, reduccion de tiempos, permite que el tiempo ahorrado se aplique otras tareas.	Mala interpretación de datos	Aprueba

Fuente: autor, 2025.

Para este análisis se va observando un avance en la determinación de factores que se vienen analizando, así como las “posibles” ventajas y desventajas del modelo a implementar.

En continuidad con el debido proceso de análisis, el camino conduce al 5W+1H, lo que permite tener una mejor perspectiva de lo que el personal identifica debe ir cambiando.

Como se observa en la tabla 4.8, continúa el enfoque a mejorar en cuando a la metodología de planificación de inventarios, así como la automatización mediante una herramienta que permita agilizar la toma de decisiones y claro, facilitarla a los tomadores de decisiones.

Tabla 4.8.**Análisis 5W +1H**

Macro actividad	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cómo se realizará?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Por qué?
Mejor definición de necesidades	Se necesita mejorar la definiciones	El el área staff como rectora	Mediante un mejor método	El director de proyecto	Durante el planteamiento del proyecto	Para optimizar los porcesos
Debido a los entramamientos burocráticos	No hay facilidad de mejora	En el proceso de adquisición	Automoatizando	El director de proyecto	Durante el planteamiento del proyecto	Para agilizar los procesos
Se apoya en estimaciones de ventas muy altas y no posibilidades reales de instalación	La proyecciones	En el área de ventas	Mediante el método científico de promedio móvil mas dos desviaciones	El director de proyecto	Durante el planteamiento del proyecto	Par acontar con estimaciones mas cercanas a la realidad
El ERP no cuenta con los módulos que funcionen para los analistas	El sistema transaccional de manejo de inventarios	En la empresa de telecomunicaciones	Se propone el uso de un power bi, que ejecutivamente muestre lo relevante	El director de proyecto	Durante el planteamiento del proyecto	Con la finalizad de brindar calidad al proceso.
El personal especializado es escazo y se carece de una herramienta que agilice.	Falta de personal especializado	En el manejo de inventarios	Mediante la herramienta se facilitaría la toma de desiciones a este personal	El director de proyecto	Durante el planteamiento del proyecto	Para que cada región cuente con una herramienta ágil y productiva.

Fuente: autor, 2025.

Diagrama de Ishikawa que integra los puntos de análisis del proyecto en la empresa de telecomunicaciones.

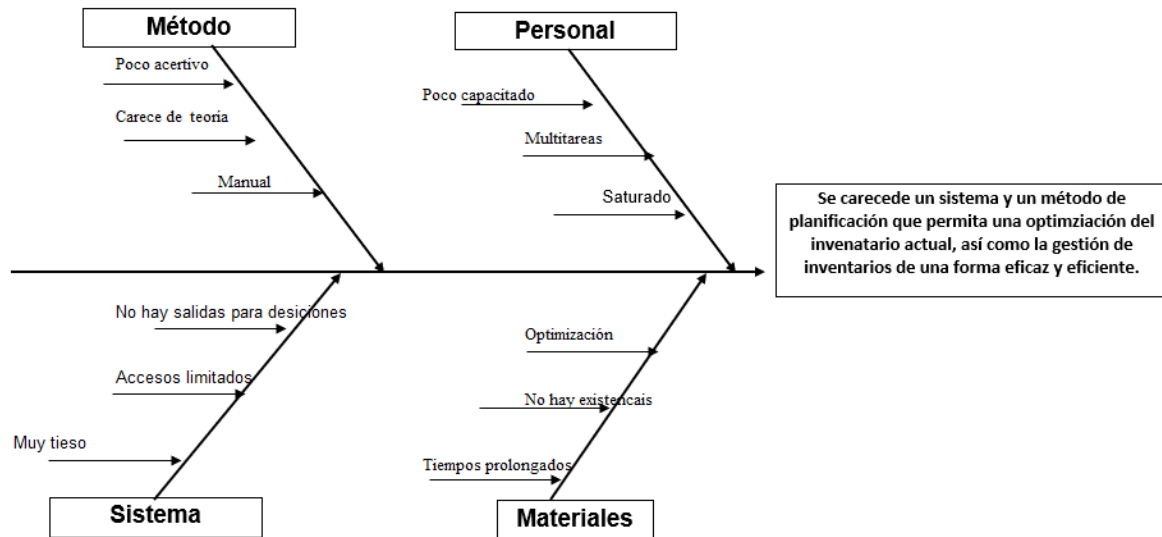
Como parte de la fase de análisis del proyecto y con el fin de identificar de manera estructurada las posibles causas-raíz que inciden en las deficiencias observadas en la planificación y disponibilidad de materiales, se implementó un diagrama de *Ishikawa*, también conocido como diagrama de causa-efecto. Esta herramienta permitió clasificar los factores que afectan el proceso en distintas categorías (como métodos, personal, materiales y sistema), facilitando una visión integral del problema.

El análisis se enfocó en entender las causas que generan inconsistencias en la reposición oportuna de inventario, basándose en los hallazgos previos obtenidos en la fase de medición, como la clasificación ABC, la criticidad de materiales y el modelo de previsión basado en promedio móvil. Esta representación visual proporcionó una base sólida para el desarrollo de hipótesis,

priorización de causas y la posterior definición de acciones de mejora específicas. A continuación, se integra en la figura 4.10.

Figura 4.10.

Diagrama de Ishikawa empresa de telecomunicaciones



Fuente: autor, 2025.

De esta forma se evidencia más gráficamente el problema a tratar, así como las causas identificadas y derivadas de este, es una vez más de manera clara y contundente se reconoce la importancia para esta y cualquier empresa poseer una clara y eficaz metodología de planificación de inventarios y un debido paso a la automatización para no solo ser más eficaces en las respuestas sino asertivos y todo esto repercute en la mejora de números económicos.

Una vez generados los análisis de la empresa, mediante el uso de las herramientas que la ingeniería industrial provee, se identifica carencia en el personal en cuanto a conceptos importantes para la definición de inventarios adecuados.

Por lo cual, como parte del requerimiento se enumeran conceptos clave como: promedio, desviación estándar, tendencia, entre otros, que serán la base para que entiendan el desarrollo que

se generará en este estudio y utilicen de manera adecuada la herramienta, primeramente, comprendiendo los conceptos.

Para que estos conceptos sean de fácil comprensión, se generan diapositivas, dirigidas a los colaboradores, que sean guías de la actividad a desarrollar, se educa al usuario que, para definir la metodología solicitada, debemos conocer conceptos importantes tales como los que se verán en la figura 4.11, más adelante.

En los entornos operativos donde la disponibilidad oportuna de materiales es crítica, resulta fundamental que los usuarios —aunque no cuenten con formación técnica o ingeniería— comprendan y se familiaricen con términos básicos como pronóstico de inventarios, promedio, desviación estándar, tendencia y coeficiente de variación.

Estos conceptos no solo forman parte del lenguaje técnico, sino que también permiten interpretar mejor la lógica detrás de la planificación de inventarios, facilitando una colaboración más efectiva entre las áreas operativas, logísticas y administrativas. Comprender, por ejemplo, que el promedio representa el comportamiento típico de consumo o que la desviación estándar refleja la variabilidad de este, puede ayudar a los usuarios a entender por qué ciertos materiales se reponen con más frecuencia o requieren niveles de seguridad más altos.

Además, familiarizarse con estos conceptos promueve una toma de decisiones más informada y alineada con la realidad operativa. El uso de pronósticos y análisis de tendencia permite anticipar necesidades en lugar de reaccionar ante urgencias, mientras que entender el coeficiente de variación facilita identificar materiales con comportamientos de demanda inestables que requieren atención especial. Esta alfabetización técnica básica no implica convertir a todos los usuarios en expertos, sino brindarles herramientas para interpretar datos, participar activamente en la mejora continua y contribuir con una planificación más robusta y efectiva que garantice la continuidad del servicio, como se muestra en la figura 4.11.

Figura 4.11

Identificación de conceptos claves



Fuente: autor, 2025.

La imagen 4.11 representa **los conceptos estadísticos clave** que se han incorporado en el proceso de formación y estandarización del conocimiento del personal involucrado en la planificación y administración de inventarios. El objetivo de esta representación es facilitar la comprensión y apropiación de términos como *promedio*, *desviación estándar*, *coeficiente de variación* y *tendencia*, los cuales son fundamentales para una toma de decisiones informada y técnica.

Esta visualización busca reforzar un lenguaje común que permita al personal interpretar correctamente los datos, anticipar escenarios y gestionar los recursos de manera más eficiente en función de las condiciones reales del servicio, como parte de las herramientas desarrolladas y explicadas al personal de regiones, que se muestran en la figura 4.12.

Figura 4.12

Metodología de pronóstico

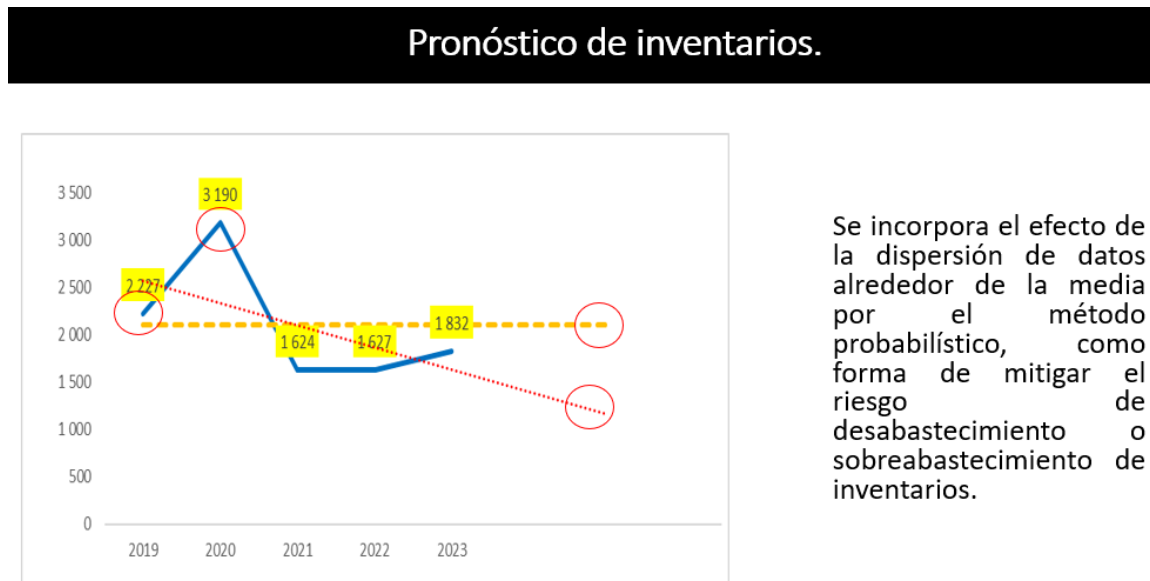


Fuente: autor, 2025.

La imagen anterior muestra el enfoque aplicado para la elaboración del pronóstico de inventarios, basado en la extrapolación del comportamiento histórico del consumo neto de materiales. Este análisis constituye una herramienta fundamental dentro del proceso de planificación, ya que permite anticipar necesidades futuras a partir de datos reales y comportamientos observados en años anteriores. El consumo neto se calcula como la diferencia entre las salidas registradas y las devoluciones, permitiendo una visión más precisa de la demanda efectiva.

Cuando no se dispone de historial de consumo, se recurre a fuentes secundarias, como los requerimientos estimados por las regiones. Además, se contempla el análisis integral de códigos agrupados que corresponden a un mismo material, con un proceso de homologación de unidades que evita errores en la interpretación de los datos. Esta metodología busca optimizar la gestión de inventarios, minimizar el riesgo de desabastecimientos y alinear la planificación con las realidades operativas del servicio como se observa en la figura 4.12.

Figura 4.13
Metodología de pronóstico



Fuente: autor, 2025.

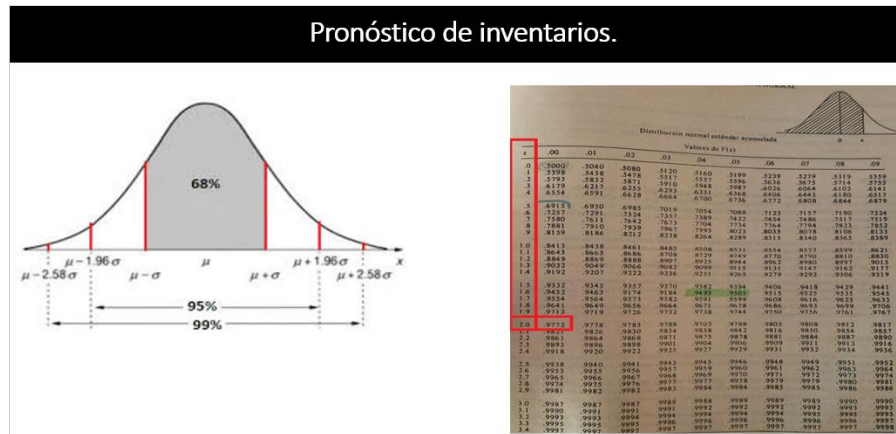
La figura 4.13 muestra el análisis del pronóstico de inventarios utilizando datos históricos del consumo neto de materiales entre 2019 y 2023. En este enfoque se incorpora no solo la tendencia central (media), sino también la variabilidad de los datos a lo largo del tiempo, representada mediante dispersión y líneas de proyección.

Este tratamiento responde a un enfoque probabilístico que busca mitigar el riesgo de desabastecimiento o sobreabastecimiento, al considerar escenarios más conservadores y realistas en la estimación futura. Las líneas punteadas reflejan las posibles proyecciones basadas en la variación del comportamiento histórico, mientras que los puntos resaltados identifican valores atípicos o picos relevantes que deben ser tomados en cuenta en la planificación. Esta visualización permite comprender que no basta con planificar en función de un valor promedio, sino que se requiere incorporar la incertidumbre inherente al comportamiento del consumo como elemento clave para una planificación robusta y adaptada a la operación.

Como continuación del método a colocar en práctica se utiliza el pronóstico de inventario con la estimación indicada, que se muestra en la figura 4.14.

Figura 4.14

Metodología de pronóstico



Fuente: autor, 2025.

Según lo expuesto, se estiman 2 desviaciones estándar con un 97.7% de confianza, que al usar 3 implica una mayor inversión económica y esto puede provocar sobre existencia de materiales provocando un efecto contrario al deseado. De ahí la importancia de identificarlo más.

Una vez definido este punto se procede a trabajar en una definición de criticidad, ya que la empresa carece de esta herramienta tan importante para conocer los tiempos de entrega de sus principales materiales y/o equipos. Esto es una herramienta que permitirá mayor claridad para planificar; como se observa en la imagen 4.15.

Figura 4.15

Criterios de urgencia

Criterios de urgencia.		
Alta	Media	Baja
• Material de importación. • No se pueden hacer compras a nivel nacional. • No se puede acudir al uso de materiales alternativos, porque pueden provocar desabastecimiento que afecta operaciones de otras áreas. • Se recomienda mantener nivel de inventario para 18 meses de operación ordinaria y 6 meses de inventario de seguridad para mitigar riesgo de demanda extraordinaria o atrasos en aprovisionamientos.	• Material de importación. • Se puede adquirir en pequeñas cantidades a nivel nacional. • Se puede acudir a uso de materiales alternativos, con el debido cuidado de no provocar desabastecimiento que podría afectar operaciones de otras áreas. • Se recomienda mantener nivel de inventario para 10 meses de operación ordinaria y 6 meses de inventario de seguridad para mitigar riesgo de demanda extraordinaria o atrasos en aprovisionamientos.	• Material puede ser adquirido a nivel nacional. • Se puede acudir a uso de materiales alternativos, con el debido cuidado de no provocar desabastecimiento que podría afectar operaciones de otras áreas. • Se recomienda mantener nivel de inventario para 6 meses de operación ordinaria y 6 meses de inventario de seguridad para mitigar riesgo de demanda extraordinaria o atrasos en aprovisionamientos.

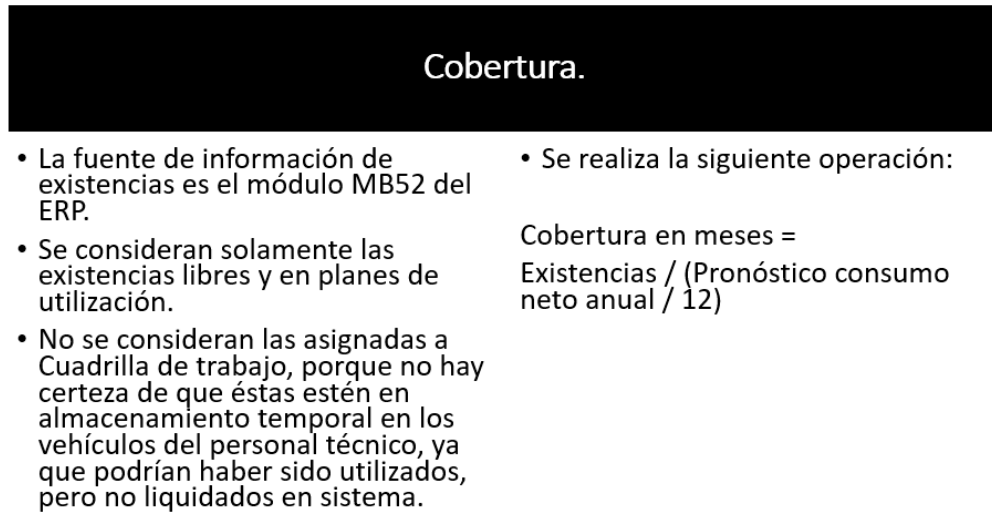
Fuente: autor, 2025.

Aquí se trabaja en la definición de niveles de criticidad para los ítems que maneja la empresa de telecomunicaciones, con la finalidad de conocer los tiempos correctos en los que se debe iniciar el proceso de abastecimiento o bien, emitir alertas para adquisición de los artículos, en tiempo y forma.

Este punto se ha definido luego de conocer los tiempos de cada proceso de compra según los topes económicos que tiene la empresa. Posterior a este punto y como paso siguiente se plantea la definición de cobertura óptima para la empresa, como se indica en la figura 4.16.

Figura 4.16

Definición de cobertura



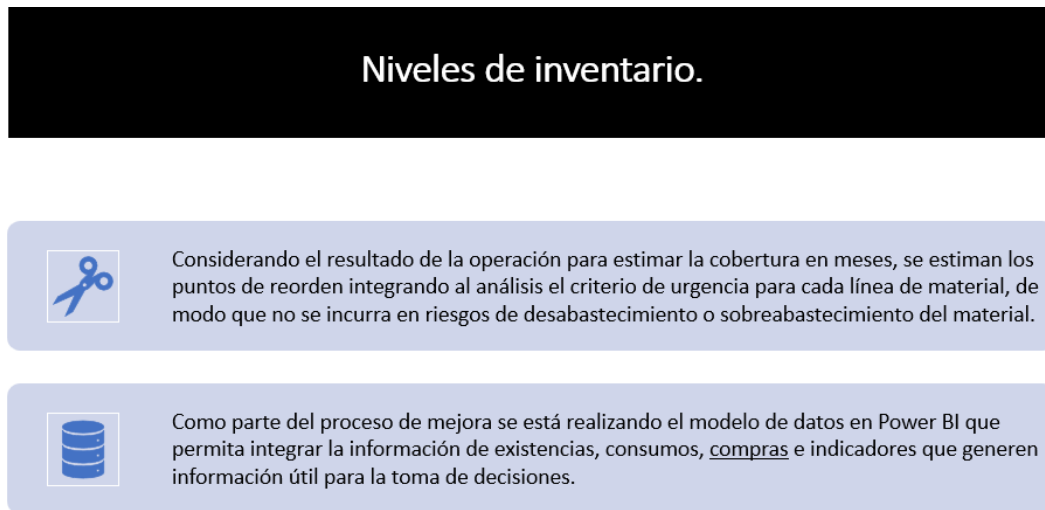
Fuente: autor, 2025.

Con esta definición el modelo planteado va tomando una mayor forma, ya que de una manera científica y matemática va generando ese número óptimo.

Como se observa en la figura 4.17, se ha generado también definición de puntos de reorden, basados en los promedios de consumo estimados por la metodología.

Figura 4.17

Niveles de inventario



Fuente: autor, 2025.

De esta manera se define el estimado en cobertura para las líneas que permite no solo la optimización el inventario, sino también la creación de un sitio que integre datos y brinde salidas de valor que permita visualizar información útil para toma de decisiones.

Todo este desarrollo, capacitación y traslado de conocimiento viene a dar paso a la siguiente etapa, que es el uso de los datos históricos del año 2018 al presente; lo que genera la oportunidad de mejora consiste en pasar del método determinístico al probabilístico introduciendo la extrapolación del comportamiento histórico en el pronóstico de inventarios; para la creación de la herramienta *Power BI* de *Microsoft office* se creó un tablero (*dashboard*), en el cual se integra información del consumo de materiales y las existencias, todo de manera formulado, como por ejemplo:

Calendario = calendar (date(2023,6,1),DATE(2025,5,31))

Funciones DAX importantes:

Funciones de agregación: SUM, AVERAGE, MIN, MAX, COUNT, etc.

Funciones lógicas: IF, AND, OR, NOT, etc.

Funciones de texto: CONCATENATE, LEFT, RIGHT, MID, etc.

Funciones de fecha y hora: DATE, YEAR, MONTH, DAY, TODAY, etc.

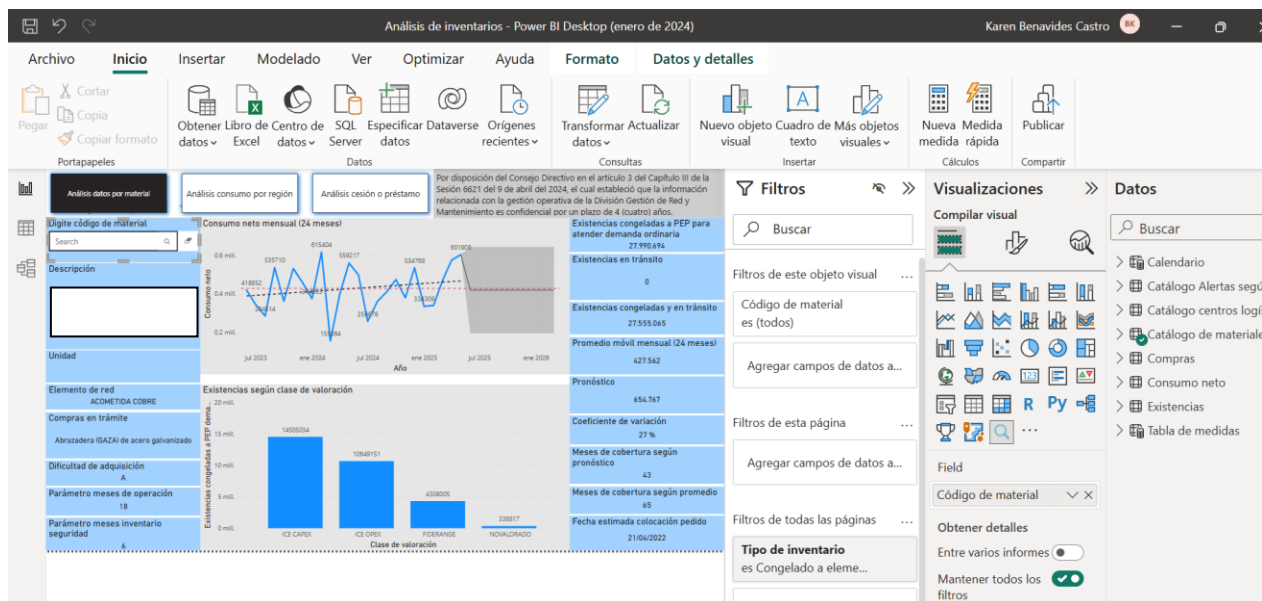
Funciones de inteligencia de tiempo: CALCULATE, DATEADD, SAMEPERIODLASTYEAR, etc.

Funciones de tabla: FILTER, ALL, VALUES, etc.

Esto se puede apreciar de una manera más sencilla en la figura 4.18.

Figura 4.18

Visualización del comportamiento de un ítem



Fuente: autor, 2025.

Esta imagen del tablero desarrollado ilustra de una forma más visual lo que se planteó en los objetivos del proyecto: diseñar una metodología de planificación de inventarios, incorporando modelos matemáticos, estadísticos y herramientas de automatización que permitan optimizar la gestión del inventario y reducir costos operativos.

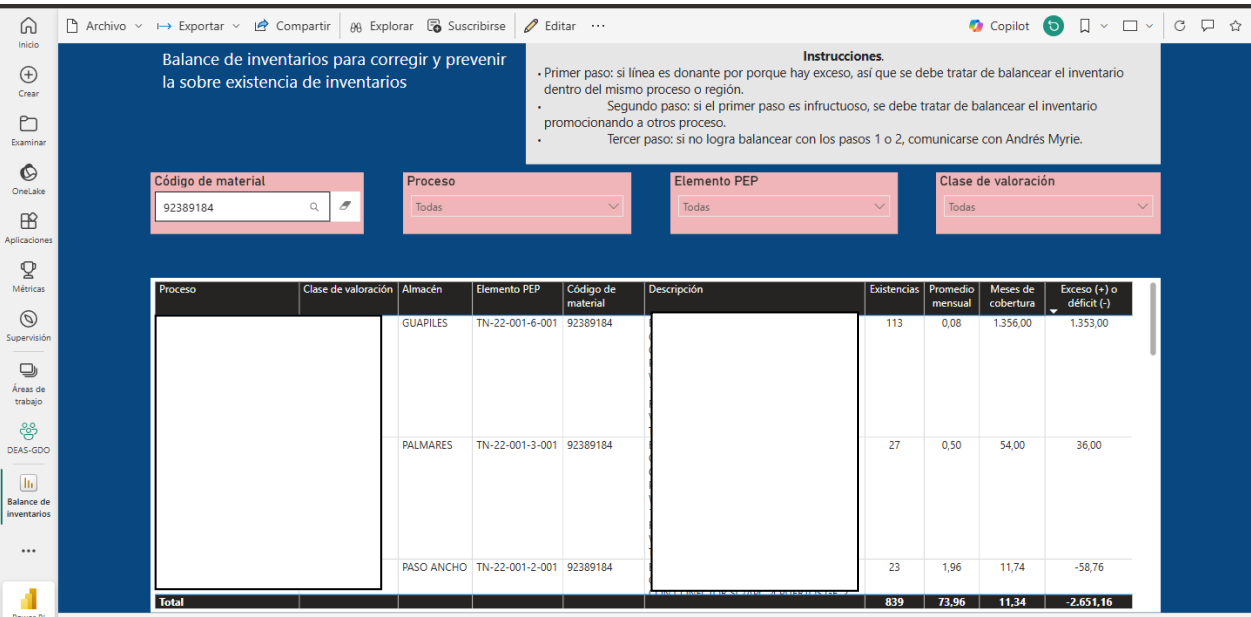
Así como se han incorporado estos elementos, se ha incluido en esta propuesta de mejora continua la instauración de indicadores de cobertura de inventarios para tomar decisiones acerca de su mejor ubicación.

De una muestra de veintiocho materiales (con poca rotación) se inicia con tres ítems, donde las acciones consisten en:

- Generar un balance de inventarios.
- Mover el inventario en primera instancia dentro de la zona.
- Si la zona está cubierta, hacerlo en las demás zonas.
- Si todos están cubiertos, hacerlo fuera de esta dirección.

Esto puede visualizarse en la figura 4.19.

Figura 4.19
Visualización del balance de inventario



Fuente: autor, 2025.

No se omite recalcar que por temas de privacidad en la información algunos datos son protegidos. Dentro de las salidas que se han construido, con base en las posibilidades que este tablero brinda. Lo anterior bajo los criterios del sistema de inventarios:

- Centro logístico.
- Almacén.
- Clase de valoración.
- Consumo neto mensual promedio móvil de 24 meses.
- Existencias.
- Indicador de cobertura.

Si el indicador de cobertura es mayor a 36, la existencia debe moverse hacia donde el indicador sea inferior a 36 meses, o la dirección para tomar decisiones acerca de la sobre existencia o rotación nula, todo lo anterior en pro de la anticipación de obsolescencias o bien, excesos de inventario.

Como resultado del análisis efectuado, se ha logrado identificar y modelar de forma estructurada las causas fundamentales que limitan una gestión eficiente de inventarios en la empresa, destacando la ausencia de un método de planificación adaptado, la dependencia de procesos manuales, restricciones del sistema y una débil integración entre el consumo real y los reabastecimientos.

Estas debilidades no solo afectan la disponibilidad oportuna de materiales, sino que también impactan la continuidad del servicio. Con base en estos hallazgos, la siguiente etapa del proyecto se enfoca en el diseño de una propuesta metodológica que permita optimizar los procesos de planificación y administración de inventarios, incorporando herramientas y criterios que respondan a las condiciones reales de operación y promuevan una gestión más dinámica, precisa y sostenible.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

5.1 MEJORAR

En el proyecto se plantea una mejora sustancial al proceso de planificación y administración de inventarios, mediante la implementación de un modelo metodológico diseñado específicamente para una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.

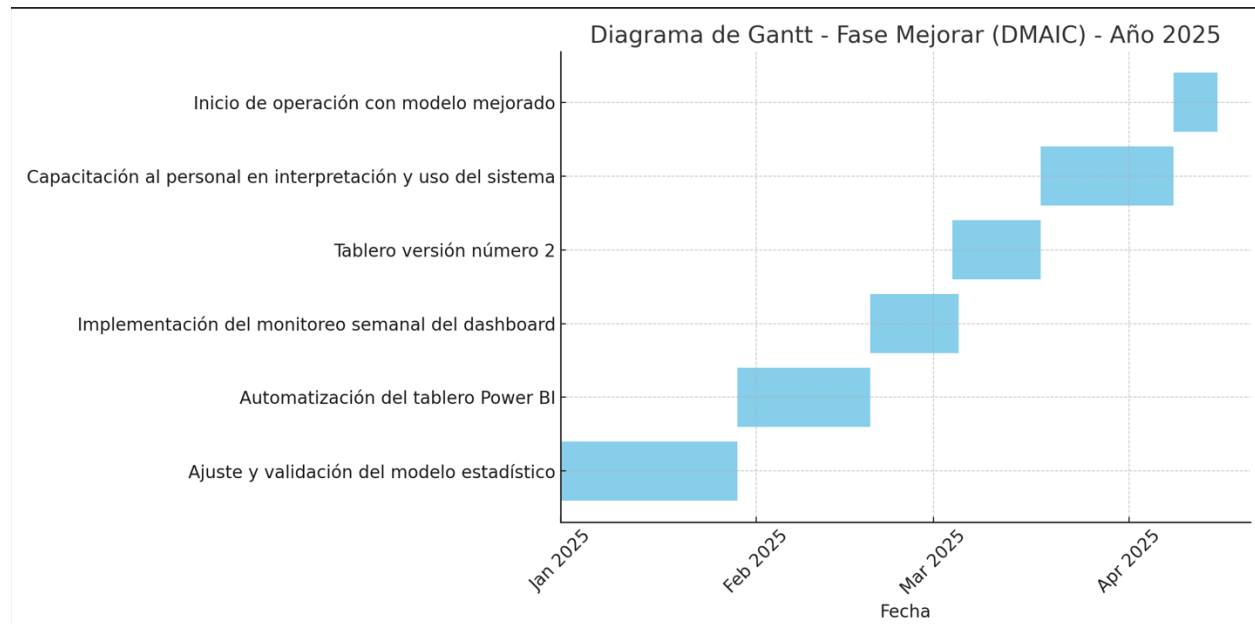
El modelo propuesto se fundamenta en la utilización de un promedio móvil simple (PMS) con la incorporación de dos desviaciones estándar, lo cual permite generar un rango de control estadístico que mejora la precisión en la proyección de la demanda y el comportamiento de consumo de materiales. Esta técnica brinda una mayor capacidad de respuesta frente a las variaciones en el uso de inventario, al diferenciar con claridad los comportamientos esperados de aquellos atípicos, facilitando la toma de decisiones proactivas.

De forma paralela, se ha desarrollado un tablero de control en **Power BI**, el cual actúa como el componente tecnológico del modelo. Esta herramienta permite automatizar la visualización, el análisis y el seguimiento de los principales indicadores de inventario, entregando a la analista de inventarios una interfaz amigable, intuitiva y de alto valor gerencial. El tablero no solo reduce el tiempo dedicado a tareas operativas manuales, sino que también mejora el nivel de seguridad y confiabilidad de la información, al eliminar errores de interpretación y procesamiento típicos de los métodos tradicionales.

La combinación del enfoque estadístico mediante promedio móvil simple con desviaciones estándar y la implementación de un sistema de visualización automatizado en Power BI constituye una propuesta integral que mejora significativamente el proceso actual. Esta mejora impacta positivamente tanto en la eficiencia operativa como en la calidad de la información disponible para la planificación, permitiendo gestionar el inventario de manera más controlada, estratégica y con mayores niveles de certidumbre; como parte de este trabajo a implementar se muestra el siguiente Diagrama de Gantt en la figura 5.1.

Figura 5.1

Gantt del proceso para el Power BI



Fuente: autor, 2025.

Como se observa en la figura 5.1, durante el primer trimestre del año 2025 se desarrolla la fase de Mejorar, enfocada en consolidar los ajustes al modelo de planificación de inventarios. Las actividades inician en enero con el ajuste y validación del modelo estadístico, etapa fundamental para asegurar que los parámetros de cálculo, como promedios y desviaciones estándar, continúen reflejando con precisión el comportamiento del consumo real. Este proceso se extiende a lo largo de las primeras cuatro semanas del año.

A partir de finales de enero y durante las primeras semanas de febrero se lleva a cabo la automatización del tablero en *Power BI*, con el objetivo de integrar fuentes de datos y facilitar la visualización dinámica de los indicadores clave. Seguidamente, a mediados de febrero, se implementa el monitoreo semanal del *dashboard*, lo cual permite una evaluación continua del desempeño operativo y asegura la integridad de los datos presentados.

En marzo, se lanza el desarrollo de la versión número 2 del tablero, incorporando mejoras visuales, nuevas funcionalidades y ajustes derivados del análisis previo. Luego, a partir de la

segunda quincena del mismo mes, se ejecuta la capacitación del personal, centrada en la interpretación de resultados, la gestión de alertas y el uso correcto de las herramientas analíticas.

Finalmente, en abril de 2025, se da inicio formal a la operación del modelo mejorado, marcando así la implementación completa de los ajustes propuestos y el comienzo de una gestión de inventarios más automatizada, precisa y alineada con las necesidades del negocio

En cuanto a los costos de este desarrollo, se muestra un estimado que hubiese implicado una contratación externa versus lo que costó con desarrollo interno. Se inicia mostrando en la figura 5.1 los tiempos estimados para el desarrollo del proyecto.

Figura 5.1
Tiempo estimado del proyecto

Horas por semana	Semanas	Meses de trabajo	Horas totales
48	4.33	2	415.68

Fuente: autor, 2025.

En la figura 5.2 es posible ver los costos aproximados en los que se incurría, de generar una contratación externa para el desarrollo del *Power BI* requerido.

Figura 5.2
Costo del desarrollo con servicios externos

Servicio	\$	¢	¢	Costo del proyecto
Servicio de desarrollo de sistemas informáticos por hora externo según Sistema Integrado de Compras Públicas	\$42.22	¢510.37	¢21,547.82	¢8,956,998.40

Fuente: autor, 2025.

Como se observa en la figura, se habría incurrido en un costo equivalente al tiempo total estimado de trabajo necesario para su implementación. Considerando una jornada laboral de 48

horas por semana, un promedio de 4.33 semanas por mes y una duración de dos meses, el total de horas requeridas ascendería a aproximadamente 415.68. Este valor representa una base cuantificable para estimar los costos de contratación externa, los cuales podrían resultar significativamente más altos al incluir tarifas por hora de servicios especializados, además de posibles gastos adicionales por soporte, revisiones o licencias de herramientas. Esta estimación refuerza el valor de desarrollar el proyecto con recurso interno, aprovechando capacidades ya disponibles en la organización.

Figura 5.3

Costo del desarrollo con servicios internos

Salario base	Salario por hora	Costo del desarrollo
Mantenimiento 4 horas al mes		

Fuente: autor, 2025.

Por temas de confidencialidad de la empresa, el salario base, así como por hora no pueden ser indicados; sin embargo, es factible indicar que este análisis reafirma la ventaja de utilizar personal interno para el desarrollo del proyecto, no solo por el conocimiento profundo del entorno operativo y del modelo, sino también por los costos controlados frente a una posible contratación externa. Además, se garantiza una mayor flexibilidad para realizar ajustes, mantener el sistema y responder a nuevas necesidades, sin incurrir en costos adicionales significativos. Lo que sí es factible indicar es que el desarrollo interno es un 52.60 % más barato.

Además de esto, el uso del software si ya se contaba con la licencia de *Power BI* (por estar incluida en *Office 365*) y no implicó ningún gasto adicional.

El salario del empleado en sí mismo no es automáticamente un costo hundido, porque forma parte del gasto operativo regular; pero una vez que ese tiempo ya fue invertido en el proyecto, ese esfuerzo se convierte en un costo hundido, pues no puede recuperarse; sin embargo, es un ganar-ganar, ya que se está generando un legado productivo para la empresa, así como un gran aprendizaje para el desarrollador.

Para este proyecto no se visualiza el desarrollo de un ROI (*Return on Investment*) o Retorno sobre la Inversión, ya que este enfatiza:

$$ROI = \left(\frac{\text{Ganancia neta}}{\text{Inversión inicial}} \right) \times 100$$

Se reitera que este proyecto no cuenta con un cálculo de Retorno sobre la Inversión (ROI), ya que no implicó una inversión económica adicional o externa. El desarrollo fue realizado completamente con recursos internos de la organización, utilizando herramientas ya disponibles como *Power BI* (parte del paquete de *Office*) y el tiempo del personal que realizó el análisis y desarrollo. Por lo tanto, estos esfuerzos se consideran como un costo hundido; es decir, un gasto ya realizado que no se recuperará directamente, pero que contribuye de forma significativa a la mejora operativa, la eficiencia en la toma de decisiones y la optimización de los inventarios, así como los costos de almacenamiento.

La construcción de este tablero y la generación de reportes no solo es la automatización esperada, sino que es un facilitador en la planificación de inventarios, toma de decisiones y optimización del inventario.

Figura 5.4:

Página de inicio del *Dashboard*



Fuente: autor, 2025.

Para llegar al nivel presentado en la imagen 5.4 fue necesario generar la creación de catálogos, como los que se muestran en la figura 5.5; se pueden observar los catálogos que son el esqueleto detrás de esta visión más gerencial, para presentación de la información:

Figura 5.5

Catálogos creados

☐ Nombre	^
 A5A - Catálogo materiales	
 A5B - Catálogo centros logísticos	
 A5C - Catálogo clase de movimientos	
 A5D - Catálogo Clase de valoración	
 A5E - Catálogo Alertas según dificulta...	
 A5F - Catálogo Elementos PEP	
 A5G - Catálogo equipos protección pe...	
 A5G - Catálogo equipos última milla s...	
 A5H - Catálogo tipo de material	
 A5I - Catálogo posiciones presupuesta...	
 A5J - Catálogo códigos homologados	
 A5K - Catálogo BNR	
 A5L - Catálogo de cuadrillas	
 A5M - Catálogo requerimientos a DDCR	
 A5N - Catálogo de llaves	
 A5O - Catálogo semanas	
 A5P - Catálogo proveedores	
 A5Q - Catálogo precios	
 A5R - Catálogo KPIS	
 A5S - Catálogo elementos de red	
 A5T - Pedidos	

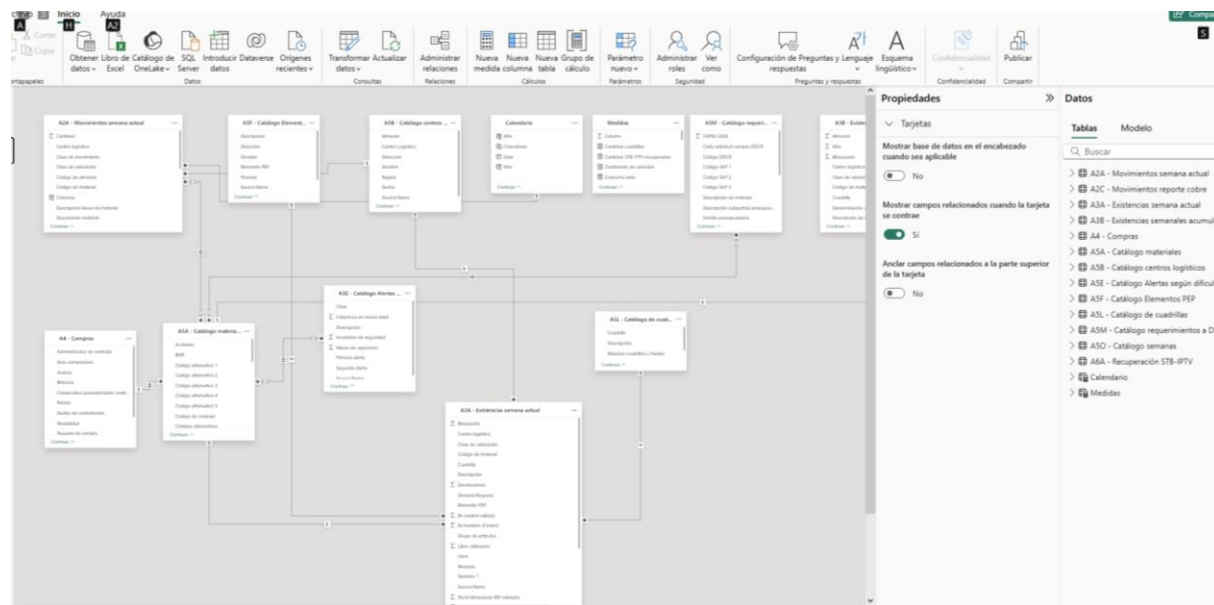
Fuente: autor, 2025.

Para llegar a la presentación final del tablero o *dashboard* propuesto en este proyecto fue necesario realizar un trabajo previo de estructuración y normalización de la información, lo cual implicó la creación de múltiples catálogos operativos y técnicos. Estos catálogos actúan como el esqueleto funcional del sistema, permitiendo que los datos fluyan de forma ordenada y lógica hacia los indicadores clave, filtros y visualizaciones del tablero. Entre los catálogos generados se incluyen clasificaciones esenciales como materiales, centros logísticos, movimientos, clases de valoración, códigos homologados, proveedores, precios, semanas, elementos de red, equipos, entre otros.

Cada uno de estos catálogos cumple una función específica dentro del modelo de automatización, facilitando la integración y la validación de la información desde distintas fuentes. La estandarización lograda mediante estos catálogos no solo garantiza coherencia en los datos, sino que permite una construcción escalable y automatizada del *dashboard*, reduciendo errores manuales y asegurando la trazabilidad del análisis. En conjunto, estos elementos se convierten en la base que da soporte a la visualización dinámica, confiable y orientada a la toma de decisiones estratégicas en la gestión de inventarios y materiales. Esto se muestra en la figura 5.3.

Figura 5.6

Tablas de contenido



Fuente: autor, 2025.

En el marco del desarrollo del presente proyecto se requirió la creación de un catálogo de semanas, el cual sirve como base estructural para alimentar el modelo de automatización y visualización en *Power BI*. Este catálogo permite organizar cronológicamente los datos, facilitando la generación de cálculos estadísticos, matemáticos y lógicos de forma consistente, con el propósito de brindar a la empresa una herramienta que respalde la toma de decisiones y eleve su nivel de competitividad, como se muestra en la figura 5.7.

Figura 5.7

Catálogo de semanas

	Año	Mes	Semana	Inicia	Finaliza	Observaciones	Llave
	2024	Ene	1	1/1/2024	7/1/2024		20241
	2024	Ene	2	8/1/2024	14/1/2024		20242
	2024	Ene	3	15/1/2024	21/1/2024		20243
	2024	Ene	4	22/1/2024	28/1/2024		20244
	2024	Feb	5	29/1/2024	4/2/2024		20245
	2024	Feb	6	5/2/2024	11/2/2024		20246
	2024	Feb	7	12/2/2024	18/2/2024		20247
	2024	Feb	8	19/2/2024	25/2/2024		20248
0	2024	Mar	9	26/2/2024	3/3/2024		20249
1	2024	Mar	10	4/3/2024	10/3/2024		202410
2	2024	Mar	11	11/3/2024	17/3/2024		202411
3	2024	Mar	12	18/3/2024	24/3/2024	Semana Santa	202412
4	2024	Mar	13	25/3/2024	31/3/2024		202413
5	2024	Abr	14	1/4/2024	7/4/2024		202414
6	2024	Abr	15	8/4/2024	14/4/2024		202415
7	2024	Abr	16	15/4/2024	21/4/2024		202416
8	2024	Abr	17	22/4/2024	28/4/2024		202417
9	2024	May	18	29/4/2024	5/5/2024		202418
0	2024	May	19	6/5/2024	12/5/2024		202419
1	2024	May	20	13/5/2024	19/5/2024		202420
2	2024	May	21	20/5/2024	26/5/2024		202421
3	2024	Jun	22	27/5/2024	2/6/2024		202422
4	2024	Jun	23	3/6/2024	9/6/2024		202423
5	2024	Jun	24	10/6/2024	16/6/2024		202424
6	2024	Jun	25	17/6/2024	23/6/2024		202425
7	2024	Jun	26	24/6/2024	30/6/2024		202426
8	2024	Jul	27	1/7/2024	7/7/2024		202427
9	2024	Jul	28	8/7/2024	14/7/2024		202428
0	2024	Jul	29	15/7/2024	21/7/2024		202429
1	2024	Jul	30	22/7/2024	28/7/2024		202430
2	2024	Ago	31	29/7/2024	4/8/2024		202431
3	2024	Ago	32	5/8/2024	11/8/2024		202432
4	2024	Ago	33	12/8/2024	18/8/2024		202433
5	2024	Ago	34	19/8/2024	25/8/2024		202434

Fuente: autor, 2025.

La metodología de planificación de inventarios se basaba en el plan de ventas de la empresa; sin embargo dicho tenía una baja confiabilidad, porque su cumplimiento no era del 100%. Buscando la manera de aplicar el método científico para la planificación de inventarios, se acudió al

histórico de datos del sistema transaccional en el cual se registran las salidas y devoluciones de inventarios.

Basados en el comportamiento histórico de consumo se determinó aplicar la distribución normal estándar con dos colas para extrapolar el comportamiento histórico en los pronósticos, con una confianza que permita de manera razonable estimar las necesidades de entradas de inventario.

Se integró información de existencias y consumo neto para estimar desviación estándar, coeficiente de variación y cobertura y con base en esto, rangos de máximos y mínimos en cuanto a agotamiento del inventario, punto de reorden y fechas estimadas de pedido basado en los rangos.

5.2 CONTROLAR

Esta fase tiene como objetivo representar el cierre del ciclo de mejora continua bajo la metodología DMAIC y asegurar la permanencia, consistencia y eficacia de las mejoras implementadas en el proceso de planificación y administración de inventarios.

Una vez que el modelo estadístico de promedio móvil simple con dos desviaciones estándar, junto con el tablero de control en *Power BI*, ha sido implementado, se deben establecer mecanismos formales de seguimiento que garanticen su correcta aplicación, actualización y mejora continua. Esto se puede sintetizar de una forma más sencilla en la figura 5.8.

Figura 5.8**Actividades de control propuestas**

Actividad	Descripción	Frecuencia	Responsable	Indicadores Clave
1. Validación de parámetros del modelo	Verificar que los parámetros estadísticos (promedio, desviaciones estándar) sigan siendo representativos del comportamiento de consumo.	Mensual	Analista de Inventarios	Error de pronóstico (%). Nivel de ajuste del modelo.
2. Ajuste del horizonte de cálculo	Reevaluar el periodo de tiempo usado para el promedio móvil en caso de estacionalidades o cambios de tendencia.	Trimestral o cuando se detecten desviaciones significativas	Analista de Inventarios	Varianza del consumo mensual. Cambios en la curva de consumo
3. Monitoreo del tablero Power BI	Verificación semanal del correcto funcionamiento del tablero, actualización automática de datos, e integridad de fuentes.	Semanal	Analista de Inventarios	Tiempo de actualización % de registros cargados correctamente
4. Seguimiento de indicadores clave (KPI)	Evaluación continua del cumplimiento de metas de rotación, disponibilidad, y reducción de inventario sin movimiento.	Semanal / Mensual	Analista de Inventarios	Nivel de servicio (%) Cobertura de inventario (días) % inventario sin rotación
5. Auditoría del inventario en poder de frentes de trabajo	Control y conciliación de materiales entregados en campo para evitar acumulaciones innecesarias o pérdidas.	Mensual	Coordinador de Regiones	Diferencia entre inventario físico y reportado % de materiales devueltos o reutilizados
6. Capacitación continua	Programación de talleres y entrenamientos semestrales sobre uso de Power BI, interpretación de resultados y análisis de datos.	Semestral	Analista de Inventarios	% de participación Evaluaciones de conocimiento

Fuente: autor, 2025.

Como se evidencia en la figura 5.8 estas tareas deben estar a cargo del analista de inventarios, ya que al ser el desarrollador del proyecto posee el conocimiento técnico del modelo, la experiencia operativa y una visión integral del negocio, lo cual le permite identificar, proponer y aplicar los ajustes necesarios para mantener la alineación del modelo con las necesidades estratégicas de la empresa. Estos controles no solo asegurarán la sostenibilidad de la mejora implementada, sino que permitirán detectar tempranamente desviaciones o ineficiencias, fomentando una cultura de mejora continua y una gestión de inventarios más ágil, segura y orientada a datos.

Como parte de los controles es fundamental indicar que el acceso a la información es controlado desde la misma herramienta, lo cual por ser información confidencial constituye un mecanismo de protección en sí mismo. La herramienta, además, permite acceso a las personas que visualizan el informe y cuántas veces.

Dentro de este apartado es posible ver las acciones del uso para este tablero ilustrado en la figura 5.9.

Figura 5.9

Disminución de inventario sin rotación

Inventario Baja y Nula Rotación -		
Clasificación	Monto CRC asignado	Distribución porcentual
Rotación nula		9.75%
Sobre existencias		80.47%
Riesgo de baja rotación		9.79%
Totales		100%

Cantidad De lineas 19,235

Inventario Baja y Nula Rotación -		
Clasificación	Monto CRC asignado	Distribución porcentual
Rotación nula		7.00%
Sobre existencias		75.00%
Riesgo de baja rotación		18.00%
Totales		100%

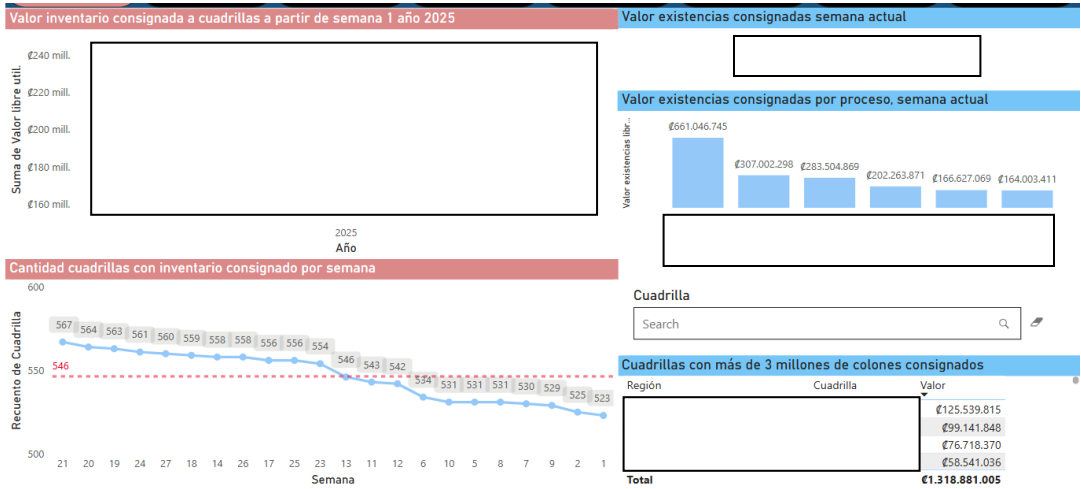
Cantidad De lineas 11,266

Fuente: autor, 2025.

Por motivos de confidencialidad no es factible indicar los montos de reducción, pero lo que sí es posible es indicar que la reducción de este inventario fue de un 30.32%, lo cual sin duda alguna no solo viene a desahogar el tema de inventario sin rotar, sino que libera espacio en almacenes, disminuye costos de almacenamiento y además genera ingresos para la empresa, ya que dicho inventario es subastado.

Otras de las salidas que se han obtenido y que han permitido un mejor control es la del inventario en poder de los frentes de trabajo, como se muestra en la figura 5.10.

Figura 5.10
Inventario en poder de frentes de trabajo



Fuente: autor, 2025.

Con la implementación de esta herramienta, los coordinadores de regiones han logrado disminuir el inventario en tránsito o en poder de frentes de trabajo en un 32.28%, lo cual ha sido una mejora en la optimización del uso para los materiales.

Continuando con las bondades de esta implementación, en la imagen 5.11, Comportamiento del material y existencias por región, es posible observar la tendencia de comportamiento de material, de forma clara y gerencial, lo que permite que se puedan tomar decisiones en un corto tiempo de manera eficaz y eficiente, así como las existencias en regiones.

Dentro de este proceso de control se cuenta también con una salida en el tablero de control, que permite un mejor balance de inventarios.

Imagen 5.11

Balance de inventarios para optimizar

Código de material	Proceso	Elemento PEP	Clase de valoración
92006879	Todas	Todas	Todas

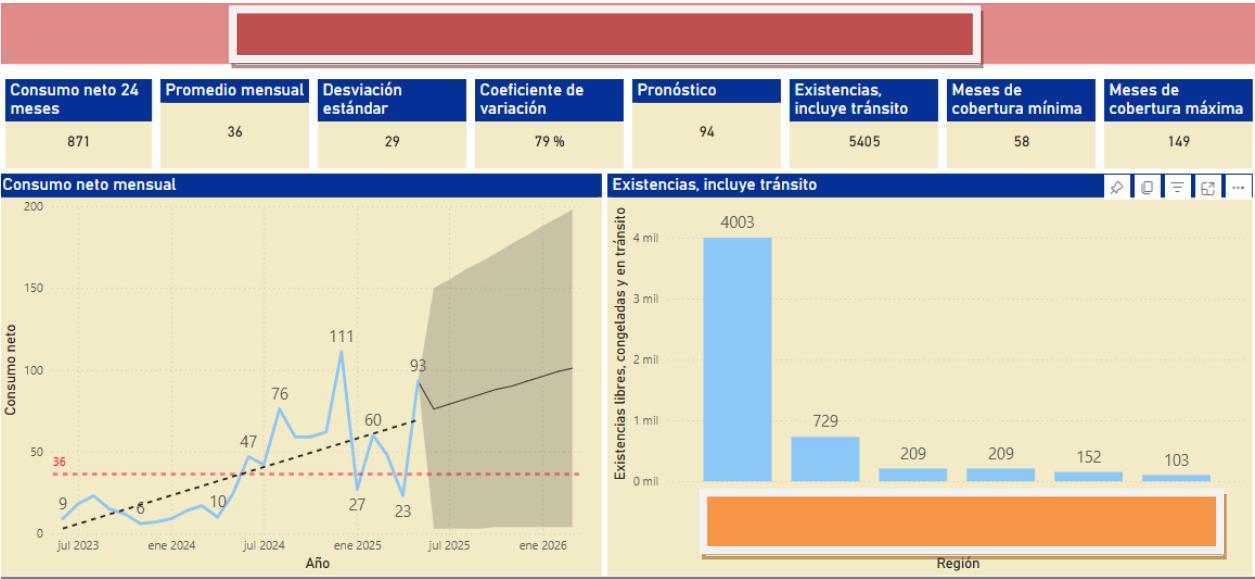
Proceso	Clase de valoración	Almacén	Elemento PEP	Código de material	Descripción	Existencias	Promedio mensual	Meses de cobertura	Exceso (+) o déficit (-)
ZONA HUETAR	NOVALORADO	MOIN	TN-22-001-6-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	79	0,42	189,60	174,60
ZONA METROPOLITANA OESTE	NOVALORADO	ALAJUELA	TN-22-001-3-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	22	0,21	105,60	98,10
ZONA HUETAR	ICE OPEX	SAN CARLOS	TN-22-001-6-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	22	0,38	58,67	45,17
ZONA BRUNCA	NOVALORADO	SAN ISIDRO	TN-22-001-5-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	13	0,38	34,67	21,17
ZONA PACÍFICO CENTRAL Y NORTE	ICE OPEX	CAÑAS	TN-22-001-4-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	100	1,50	66,67	12,67
ZONA PACÍFICO CENTRAL Y NORTE	NOVALORADO	LIBERIA	TN-22-001-4-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	55	1,21	45,52	2,02
ZONA PACÍFICO CENTRAL Y NORTE	ICE OPEX	LIBERIA	TN-22-001-4-002	92006879	POSTE DE MADERA DE 7 m DE LARGO CLASE 7 EL PERIMETRO MINIMO A 1,80 m DE LA BASE Y EN CUSPIDE	43	1,13	38,22	-2,28

Fuente: autor, 2025.

Este balance permite generar un uso equitativo del inventario, conforme con los requirimeintos de cada región, lo cual genera una óptima administración, evitando la concentración en regiones determinadas, mientras que en otros sitios hay deficit, como se muestra en la figura anterior, la 5.11.

Imagen 5.12

Comportamiento del material y existencias por región



Fuente: autor, 2025.

Al ser un desarrollo “in house”, se cuenta con la flexibilidad de hacer mejoras más rápidas, baratas y acorde con la necesidad del usuario, esto es sin duda una ventaja.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

- A partir del desarrollo del presente proyecto, se logró cumplir con el objetivo de dotar a la empresa de un diseño metodológico sólido para la planificación y la administración de inventarios, así como para la optimización del uso de materiales.
- Mediante la aplicación de herramientas analíticas enfocadas en la metodología DMAIC, se construyó un mecanismo de análisis estructurado y automatizado que permite transformar datos operativos en información útil para la toma de decisiones estratégicas.
- El modelo propuesto integra criterios estadísticos, matemáticos y lógicos, lo cual permite prepararse de manera más acertada a la demanda real de materiales, reducir la incertidumbre, minimizar el riesgo de desabastecimiento y evitar el exceso de inventario. Esta solución metodológica no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a elevar la competitividad de la empresa al permitirle optimizar sus inventarios, reduciendo el exceso, generando mayor precisión y volviéndola más competitiva.
- El proceso actual de planificación de inventarios presenta oportunidades de mejora significativas, especialmente en lo relacionado con la anticipación de la demanda y el control sobre el comportamiento de consumo de materiales. La carencia de herramientas predictivas y de visualización de datos limita la capacidad de reacción y análisis en tiempo real.
- La aplicación del modelo basado en promedio móvil simple con dos desviaciones estándar demostró ser una alternativa efectiva para establecer un sistema de proyección con márgenes de control estadístico que permite identificar patrones normales de consumo y diferenciar situaciones atípicas. Esta metodología es de bajo costo, de fácil implementación y adaptable a diversos tipos de inventario.

- La incorporación de un tablero de control desarrollado en *Power BI* potencia las capacidades de análisis y la toma de decisiones del área de inventarios, al ofrecer visualizaciones dinámicas, alertas automatizadas y reducción del tiempo invertido en tareas manuales. Esto permite a la persona analista enfocarse en tareas estratégicas y no operativas.
- Se fomenta el empoderamiento del área de inventarios, así como de los colaboradores con poco conocimiento en materia de inventarios, al contar con herramientas estadísticas y tecnológicas alineadas con los objetivos estratégicos del negocio.
- Se promueve una visibilidad gerencial del desempeño del inventario, facilitando la supervisión y la alineación con las metas operativas y financieras de la empresa.
- El desarrollo del proyecto permitió alcanzar de forma integral los objetivos planteados, iniciando con la identificación del estado actual de la planificación y la administración de inventarios. Este diagnóstico reveló una serie de oportunidades de mejora en los procesos operativos, la disponibilidad de información y la toma de decisiones.
- A partir de este análisis, se diseñó una metodología de planificación basada en el enfoque DMAIC, la cual incorporó modelos estadísticos, matemáticos y herramientas de automatización orientadas a optimizar la gestión de inventarios y reducir los costos operativos asociados.

Recomendaciones

- Capacitar al personal en interpretación de modelos estadísticos; aunque el promedio móvil simple con dos desviaciones estándar es de fácil aplicación, es importante que el equipo de analistas y encargados de inventario comprendan su lógica y alcances. Se sugiere realizar capacitaciones periódicas en estadística aplicada y toma de decisiones basada en datos.
- Actualizar y mantener el tablero de *Power BI*; la herramienta de visualización desarrollada en *Power BI* debe mantenerse con datos actualizados y revisiones técnicas regulares. Se recomienda asignar un responsable del mantenimiento del *dashboard* y del monitoreo de sus indicadores clave para asegurar su correcto funcionamiento.
- Incorporar retroalimentación continua del usuario final; es clave integrar la retroalimentación de los usuarios del sistema en la mejora continua del modelo. Las recomendaciones de quienes gestionan inventarios a diario pueden generar ajustes valiosos tanto en el modelo estadístico como en la interfaz de *Power BI*.

REFERENCIAS

Libros

Barrantes Echavarría, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. EUNED.

Bernal Torres, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación Ltda.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodologías de la investigación*. (6.a ed.). McGraw Hill.

Molina, Z. (1997). *Planeamiento Didáctico: Fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo*. (1.a ed.). EUNED.

Proyectos de investigación

Altuna, L. y Alva, I. (2018). *Lead time y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Negocios Internacionales). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

Blandón, J. (2017). *Disminución del tiempo de ensamble del cuello de botella en las líneas de producción de fórceps*. (Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial). Universidad Central. Costa Rica.

Rabanales Ortiz, M.R. (2016). *Diseño de la investigación del desarrollo de un modelo de pronósticos por medio del método ABC para la reducción de merma por daño de productos cárnicos en un supermercado*. (Tesis para Ingeniería Mecánica Industrial). Consultado desde [//biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf)

Fuentes de Internet

Asesor de Calidad. (2015). *Herramienta de Planificación: Diagrama de Gantt*. Consultado desde http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU

Asq Org. (2005). *El Retorno de Inversión*. Consultado desde <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Project Management Institute, Inc. (2020). *¿Qué es un Project Charter?* Consultado desde <https://www.pmi.org/learning/library/project-charter-template-improving-planning-process-1986>

Psicología y Mente. (s.f.). *Registro anecdótico: qué es y cómo se usa en psicología y educación*. Consultado desde <https://psicologiaymente.com/clinica/registro-anecdótico>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*. Consultado desde <http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO 1

Project Charter

Lean Six Sigma - Charter del Proyecto																							
Empresa:	Empresa de Servicio de Telecomunicaciones		Proyecto:	Sistema de planificación de inventarios que permita administrar de manera eficaz y eficiente de los materiales																			
Dependencia:	Disponibilidad de las operaciones			Código Proyecto:	AMP-1-2025																		
Proceso:	Telecomunicaciones			Champion																			
Caso de Negocio:		Alcance del Proyecto:																					
La metodología de planificación de inventarios empleada por la empresa de telecomunicaciones se basa en un modelo para el cual no hay aleatoriedad o incertidumbre en el proceso modelado, ni un respaldo a través de herramientas que permitan estimar pronósticos de una manera más precisa. La ausencia de una metodología que aplique el método científico ha generado que en algunos códigos de materiales la rotación de inventarios sea muy baja o nula, generando dinero ocioso en almacenes, en lugar de buscar mejores alternativas para destinar los recursos de la empresa; en otros casos se dan desabastecimientos que afectan las operaciones y hacen a la empresa susceptible a multas por atraso en la entrega de los servicios contratados		El proyecto se desarrolla en un área staff de una de las direcciones de la empresa de telecomunicaciones. Esta área es la encargada de la logística, estimación y proyección de materiales y equipos, así como control y seguimiento del inventario. La idea fundamental es dotar a empresa de un diseño metodológico para la planificación y administración de inventarios y para la optimización de materiales, mediante el uso de herramientas analíticas basadas en la metodología DMAIC, que permita contar con una herramienta estadística, matemática y lógica que, de manera automatizada mejore su competitividad																					
		Limitaciones: El acceso a la información, ya que son datos sensibles para la empresa. El miedo de funcionarios al cambio.																					
		Supuestos: Disponibilidad y calidad de los datos históricos: Se supone que la empresa cuenta con datos históricos suficientes, precisos y organizados sobre inventarios, consumo de materiales y tiempos de reposición, que permitan aplicar herramientas estadísticas y analíticas. Se supone que el personal clave de la empresa cuenta con las competencias básicas necesarias (o puede ser																					
Problema / Declaración de oportunidad:		Plan Preliminar:																					
Actualmente no se cuenta con un modelo de planificación que brinde una mejor exactitud, ni algún elemento de automatización. Con esta implementación se mejoraran estos aspectos y se dotará al personal de una herramienta gerencial eficaz.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fase</th> <th>Fecha Planeada</th> <th>Fecha Real</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir</td> <td>1/3/2025</td> <td>1/3/2025</td> </tr> <tr> <td>Medir</td> <td>2/4/2025</td> <td>2/4/2025</td> </tr> <tr> <td>Analizar</td> <td>3/5/2025</td> <td>3/5/2025</td> </tr> <tr> <td>Implementar</td> <td>20/5/2025</td> <td>20/5/2025</td> </tr> <tr> <td>Controlar</td> <td>15/6/2025</td> <td>15/6/2025</td> </tr> </tbody> </table>				Fase	Fecha Planeada	Fecha Real	Definir	1/3/2025	1/3/2025	Medir	2/4/2025	2/4/2025	Analizar	3/5/2025	3/5/2025	Implementar	20/5/2025	20/5/2025	Controlar	15/6/2025	15/6/2025
Fase	Fecha Planeada	Fecha Real																					
Definir	1/3/2025	1/3/2025																					
Medir	2/4/2025	2/4/2025																					
Analizar	3/5/2025	3/5/2025																					
Implementar	20/5/2025	20/5/2025																					
Controlar	15/6/2025	15/6/2025																					
Cientes:	Miembros del Equipo:	Nombre	Departamento	Puesto	% de Tiempo de dedicación (compromiso)																		
Internos:	Patrocinador	Rafael Franco	Control de Calidad	Director	10%																		
Áreas de Apoyo De la Dirección	Líder del Proyecto	Andrés Myrie P	Disponibilidad de las Operaciones		100%																		
	Dueño/Líder del Proceso	Andrés Myrie P	Disponibilidad de las Operaciones		100%																		
Externos:																							
Regiones de la Dirección.	Otros Miembros del equipo																						
Meta del Proyecto:	Interesados en el Proyecto:																						
Dotar a la empresa de una metodología de planificación, así como automatizar el proceso.	Área Desarrolladora. Regiones de la empresa. Personal sin conocimiento de inventarios, pero encargado de atender los inventarios.																						
Mettricas (Indicadores)	Riesgos del Proyecto																						
	Restricción al cambio. Que el patrocinador no apoye. Aprobación de los coordinadores regionales																						

Anexo 2:

Partes Interesadas (Stakeholders)							
Nombre	Puesto	Dependencia	Etiqueta	Necesidad	Influencia	Interés	Estrategia
Andrés Myrie Palacios	Coordinador de Logística	Disponibilidad de las Operaciones		Automatizar	10	5	MANTENER SATISFECHO
Miguel Agüero Rojas	Coordinador Disponibilidad de las Operaciones	Disponibilidad de las Operaciones		Facilitar el proceso	10	10	GESTIONAR ATENTAMENTE
Rafael Franco Hidalgo	Director	Director Entrega y Aseguramiento		Mejorar los indicadores	10	10	GESTIONAR ATENTAMENTE
Jefes Regionales	Niveles 1	Dirección Entrega y Aseguramiento		Mejorar automatizar procesos/ Abastecimientos mas Oportunos.	10	10	GESTIONAR ATENTAMENTE