

Rediseño del Sistema de Gestión de Inventarios de Materiales para la Instalación de Líneas de Gases Medicinales de BAP Ingeniería

Santiago Alvarado Granada^{a,c}, Madelin Camila Bastidas Mejía^{a,c}, Daniel Esteban Benavides Cruz^{a,c}, Angie Nicole Curico Herrera^{a,c,d}, Luis Alonso Velasco Roldán^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen en español

BAP Ingeniería es una empresa fundada en 1979, especializada en la comercialización y distribución de equipos y gases industriales, medicinales y especiales en el suroccidente colombiano. A partir del año 2009, la empresa implementó sus servicios para incluir la construcción e instalación de redes y centrales de gases medicinales, así como los servicios de mantenimiento. BAP ingeniería se enfrenta a un desafío crucial: un desfase del 56,3% entre su inventario registrado y físico, generando pérdidas financieras y retrasos en proyectos de instalación. En una de las entrevistas con la contadora, se definió que el problema radica en la falta de un sistema de inventarios apropiado que aborde el control de inventarios y la coordinación entre departamentos, lo que termina impactando negativamente la operativa y el nivel de servicio.

Este proyecto se centra en rediseñar un sistema de gestión de inventarios de materiales para la instalación de líneas gases medicinales de BAP Ingeniería, dado que una gestión funcional y preciso de inventarios reduce costos innecesarios y mejora la disponibilidad de materiales, evitando pérdidas de ventas y retrasos. La solución propuesta busca combinar tres métodos clave: MRP para planificación, análisis ABC para clasificar productos y la determinación de un método para cantidades óptimas de pedido. Este enfoque busca optimizar costos, mejorar la precisión en la planificación y fortalecer la competitividad de BAP Ingeniería. Se espera que esta iniciativa genere resultados tangibles, como una reducción significativa en el desfase del inventario, una planificación más precisa de proyectos y una mejora en el nivel de servicio.

Palabras claves: Sistema de gestión de inventarios, desfase de inventarios, instalación de gases medicinales, control de inventarios.

Summary

BAP Ingeniería is a company founded in 1979, specialized in the commercialization and distribution of industrial, medicinal and special gases and equipment in south-western Colombia. From 2009, the company implemented its services to include the construction and installation of networks and medical gas plants, as well as maintenance services. BAP Engineering faces a crucial challenge: a 56.3% gap between its recorded and physical inventory, generating financial losses and delays in installation projects. In one of the interviews with the accountant, it was defined that the problem lies in the lack of an appropriate inventory system that addresses inventory control and coordination between departments, which ends up impacting negatively the operational and service level.

This project focuses on redesigning a material inventory management system for the installation of medicinal gas lines from BAP Engineering, as functional and accurate inventory management reduces unnecessary costs and improves material availability, avoiding sales losses and delays. The proposed solution seeks to combine three key methods: MRP for planning, ABC analysis for classifying products and the determination of a method for optimal order quantities. This approach seeks to optimize costs, improve planning accuracy and strengthen the competitiveness of BAP Engineering. This initiative is expected to generate tangible results, such as a significant reduction in the inventory gap, project planning and improved service level.

Keywords: Inventory management system, inventory mismatch, medical gas installation, inventory control

Tabla de Contenido

I.	DEINIR	4
A.	Contexto y Justificación.....	4
B.	Grupos de interés	7
C.	Requerimientos	8
II.	MEDIR.....	9
A.	Plan de recolección de datos	9
B.	Medición del sistema actual.....	9
1)	Información General de la Empresa	9
2)	SIPOC.....	10
3)	Diagramas de flujo.....	10
4)	Desfase con respecto al Inventario Físico	14
5)	Valor de desfase de inventario	15
C.	Costos de Gestión de Inventario.....	15
D.	Nivel de servicio	16
E.	Resultados de Indicadores de desempeño	17
III.	ANALIZAR	18
A.	Análisis de Causas	18
B.	Revisión de literatura	19
C.	Exploración de ideas y selección de alternativa	23
D.	Objetivos.....	24
E.	Plan de trabajo (PdT).....	24
IV.	MEJORAR	26
A.	Análisis de Demanda	26
B.	Análisis ABC.....	27
C.	Costos de Inventario	28
D.	Periodo de Revisión.....	30
1)	Gestión de Categorías	30
E.	Planeación de pedidos.....	30
F.	Cálculo de inventario de seguridad	33
G.	Simulación - inventario de seguridad.....	34
H.	Registros de Materiales.....	36
1)	Despacho de Materiales	36
2)	Recepción de Materiales en la Obra.....	36
3)	Uso y Monitoreo de Materiales durante la Obra.....	36
4)	Finalización de la Obra	37
5)	Devolución de Materiales al Almacén.....	37

6) Actualización del Sistema SAI-OPEN	37
V. CONTROLAR	37
A. Medición de los impactos	37
B. Estandarización de la solución – POE’S	38
C. Conclusiones	38
D. Recomendaciones	39
VI. GLOSARIO	40
VII.REFERENCIAS	41
VIII. ANEXOS	42

Índice de Tablas

TABLA I. MATRIZ INTERÉS/PODER BAP INGENIERÍA	7
TABLA II. REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS BAP INGENIERÍA	8
TABLA III. RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO	17
TABLA IV. DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN DE LITERATURA	20
TABLA V. PLAN DE TRABAJO	24
TABLA VI. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES	26
TABLA VII. TASAS DEL COSTO CAPITAL	29
TABLA VIII. DESEMPEÑO DE HEURÍSTICAS EN 20 PROBLEMAS SELECCIONADOS	31
TABLA IX. INVENTARIO DE SEGURIDAD BASADO EN DATOS REALES	33
TABLA X. INVENTARIO DE SEGURIDAD BASADO EN SIMULACIONES	35
TABLA XI. TABLA DE ANEXOS.....	42

Índice de Figuras

Fig. 1. Mapa de Procesos de BAP Ingeniería	4
Fig. 2. Tendencia de la discrepancia entre Inventario Físico e Inventario Sistema a diciembre 2022	5
Fig. 3. Matriz interés vs Poder.	7
Fig. 4. SIPOC- BAP Ingeniería	10
Fig. 5. Diagrama de Flujo de Control de Inventarios de BAP Ingeniería	12
Fig. 6. Diagrama de Flujo: Relación de Almacén con los Proyectos de Instalación	13
Fig.7.Tendencia Inventario en Físico Mayor al Registro en Sistema. Diciembre 2022	14
Fig.8. Tendencia Inventario en Sistema Mayor al Registro Físico. Diciembre 2022.....	14
Fig. 9. Costos de Inventario.....	16
Fig. 10. Diagrama de causa y efecto.....	18
Fig. 11. Diagrama de Flujo de Análisis ABC BAP Ingeniería.....	28
Fig. 12. Plantilla Costos de Pedir	29
Fig. 13. Métrica de SCV.....	30
Fig. 14. CALCULO DE SILVER-MEAL	32
Fig. 15. CALCULO DE LXL.....	33

I. DEFINIR

A. Contexto y Justificación

El sector de Gases Industriales y Medicinales en el país tiene un movimiento de aproximadamente \$1 billón al año y genera alrededor de 3 000 empleos directos y 15 000 empleos indirectos. [1], la industria de gases ha invertido en Colombia casi 90 años, incluyendo la construcción de plantas de separación del aire, la importación de cilindros y tanques para comercializar gas, ya que no se producen nacionalmente estos tipos de envases, ni la importación de varios tipos de maquinaria y vehículos para logística y transporte [1].

La industria de gases en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, tanto en el sector industrial como en el medicinal. Los gases medicinales, son productos de vital importancia para la salud y considerados bienes de gran mérito, han cobrado aún mayor relevancia debido a las necesidades surgidas a raíz de la pandemia por la COVID-19 [1]. Gases como el aire, el oxígeno, el óxido nitroso, el CO2 anaeróbico, el helio y el nitrógeno son adecuados para uso humano, como endoscopias, anestesias, funciones respiratorias y resonancias magnéticas [2]. Por su parte, los gases industriales se utilizan en una amplia gama de industrias, incluyendo la metalurgia, la petroquímica, la salud, la alimentación, la electrónica y la manufactura. Gases como el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno y los gases inertes como el argón son esenciales para procesos de soldadura, corte, enfriamiento, conservación de alimentos, análisis químicos y muchas otras aplicaciones clave en la producción y fabricación de productos. Además, están los gases especiales, que cumplen rigurosas especificaciones de pureza y control de calidad en todas las etapas de producción [2].

Trabajando dentro de esta industria se encuentra BAP Ingeniería S. A. S. que es una empresa fundada en 1979, especializada en la comercialización de gases industriales y medicinales en el suroccidente colombiano. A partir del año 2009, la empresa amplió su gama de servicios para incluir el diseño, construcción e instalación de redes y centrales de gases medicinales, así como los servicios de mantenimiento.

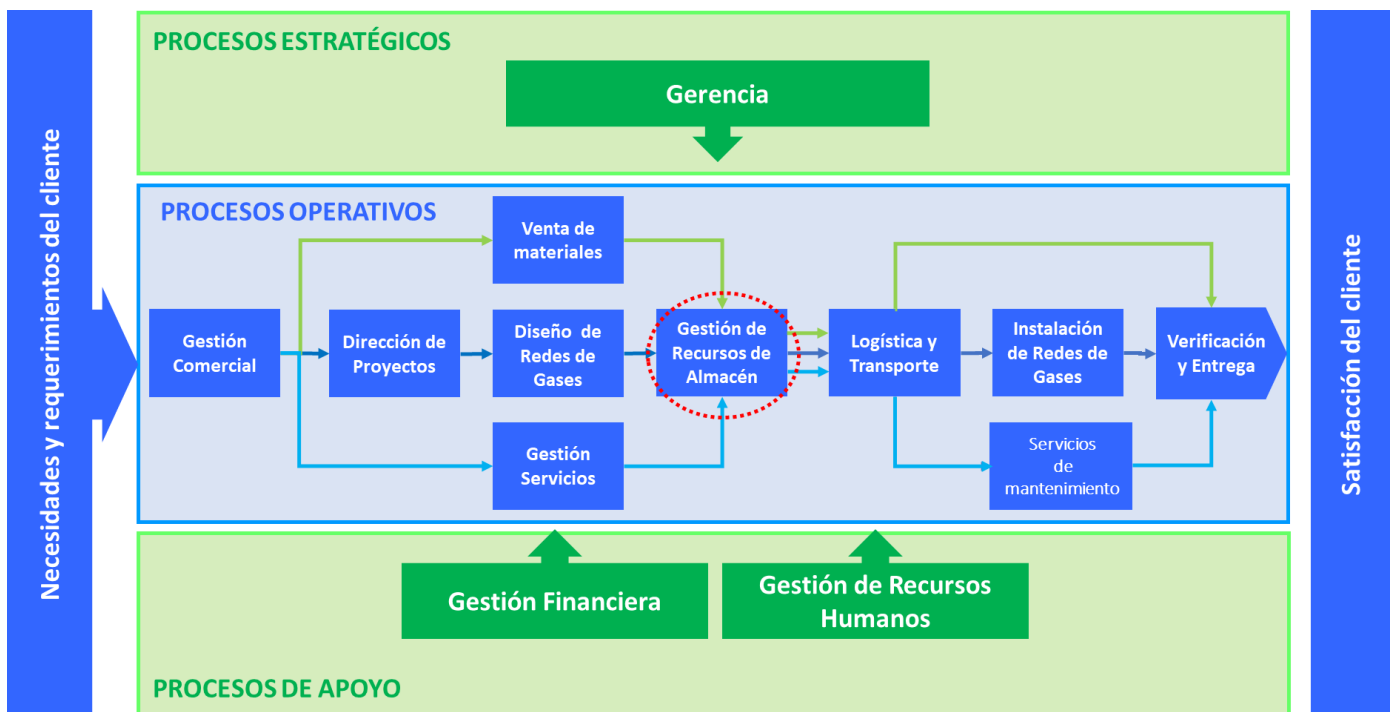


Fig. 1. Mapa de Procesos de BAP Ingeniería.

Estos procesos operativos se detallan en la Fig. 1. Mapa de Procesos de BAP Ingeniería. La empresa tiene presencia en clínicas, hospitales y laboratorios de Cali como Profamilia, Comfandi, Clínica Valle de Lili, Clínica de la Visión del Valle, Clínica de Occidente, Hospital Raúl Orejuela Bueno, Universidad ICESI, Universidad Santiago de Cali, etc. Además de que sus servicios se han expandido alrededor del territorio colombiano. Actualmente, las actividades comerciales de BAP ingeniería se dividen en un 80% para la línea de gases medicinales; el restante 20% de sus operaciones se centra en la línea de gases industriales y gases especiales (son gases derivados de la línea industrial o medicinal que obedecen a una rigurosa especificación con respecto a su pureza, presencia de contaminantes y concentración de componentes).

Después de la expansión de servicios de BAP Ingeniería, ésta se enfrentó a nuevos proyectos que significaron un flujo de inventario diferente, por lo que tuvo que adaptar su sistema de gestión de inventarios, actividad perteneciente al proceso operativo de gestión de recursos de almacén, como se puede observar en la Fig. 1. Mapa de Procesos de BAP Ingeniería. Anteriormente, el sistema estaba diseñado exclusivamente para la comercialización, pero con la ampliación de servicios, se hizo necesario tener un inventario material para mantenimiento e instalación disponible para satisfacer las necesidades de los nuevos servicios que se incluyeron en su catálogo. Estos nuevos servicios abarcan el diseño, fabricación e instalación de sistemas para vacío, sistemas para aire comprimido, sistemas de evacuación de gases, sistemas de filtración, cabeceras para gases medicinales, manifolds para gases, instalación de redes de gases medicinales, mantenimiento de redes de gases medicinales, diseño y elaboración de planos de redes de gases, y actualización de planos arquitectónicos y de redes. La implementación de estos nuevos servicios requirió la introducción de nuevas referencias y métodos de gestión para el inventario.

En el año 2022, BAP Ingeniería contó con 1 773 referencias gestionadas para servicios de mantenimiento, diseño, construcción e instalación de redes y centrales de gases medicinales e industriales, de las cuales 467 referencias registraron una discrepancia entre el inventario físico y el inventario en sistema. Esto resulta en un desfase del 56,3 % con respecto al inventario físico, lo cual genera retrasos e incumplimientos en las obras de instalación, afectando el nivel de servicio (ver Anexo 1. Hoja2).

Entonces, es importante tener en cuenta que un sistema de gestión de inventarios eficiente es esencial para una operación empresarial eficaz. Según *"Inventory Management: Principles, Concepts and Techniques"* de Adam S. Levy, una gestión de inventario ineficiente puede llevar a costos innecesarios, como el almacenamiento de inventario excesivo, o a la pérdida de ventas debido a la falta de stock. La mejora en la eficiencia operativa puede conducir a una reducción de costos y un aumento de los ingresos [3]. En *"Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation"* de Sunil Chopra y Peter Meindl, se destaca la importancia de la gestión de inventarios para cumplir con los plazos de entrega. Un sistema de gestión de inventarios mejorado puede garantizar la disponibilidad de los materiales necesarios en el momento adecuado, reduciendo así los retrasos en la ejecución de proyectos [4]. Jay Heizer y Barry Render en *"Principios de administración de operaciones"*, resaltan cómo la reducción de costos de inventario es un objetivo clave. Al evitar la sobrecompra de materiales y reducir las pérdidas debido a errores, se pueden lograr importantes ahorros en costos operativos [5].

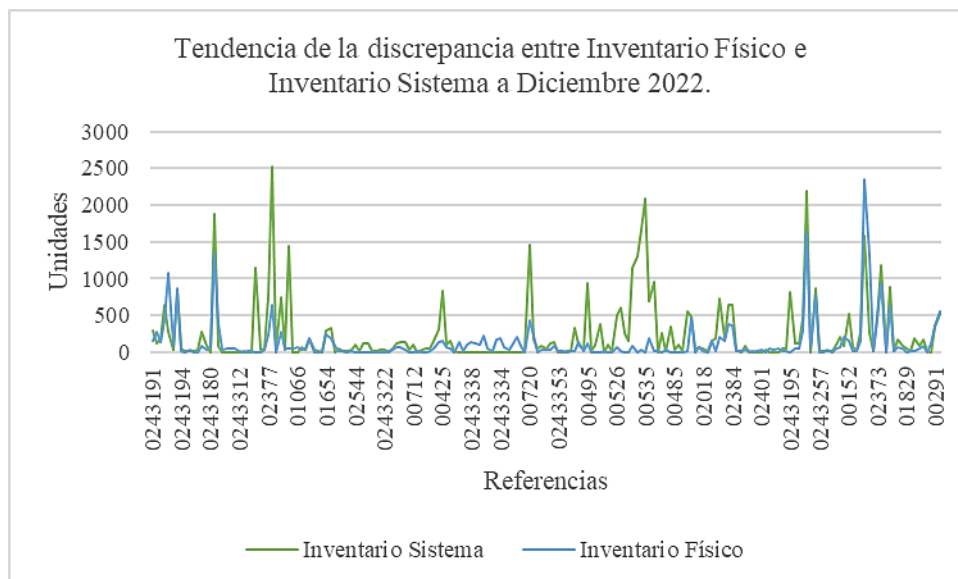


Fig. 2. Tendencia de la discrepancia entre Inventario Físico e Inventario Sistema a diciembre 2022. Mod.[7]

Se tomó una muestra de 191 referencias de las 467 referencias que registran una discrepancia entre el inventario físico y el inventario en sistema, para observar la tendencia de discrepancia (ver Anexo 1. Hoja3). Según la Fig. 2. Tendencia de la discrepancia entre Inventario Físico e Inventario Sistema a diciembre 2022, se puede afirmar que se tiene un inventario registrado en el sistema muy por encima del inventario físico, es decir, un inventario no real.

Un registro no real del inventario en el sistema, en comparación con el inventario físico real, puede tener varias consecuencias negativas en el proceso operativo de la empresa como:

- **Planificación inadecuada:** La planificación de proyectos de instalación y servicios de mantenimiento se basa en la disponibilidad de materiales y recursos. Si se tiene un registro de inventarios que no refleja la realidad, es decir, un registro de inventario en el sistema que muestra una cantidad mayor a la existencia física real, se puede crear una percepción de disponibilidad de materiales que no es real. Esto puede llevar a asignar materiales que en realidad no están disponibles para proyectos futuros, lo que podría generar desequilibrios en los presupuestos y en la programación de proyectos de instalación y servicios de mantenimiento.
- **Retrasos de proyectos:** Cuando se planifican proyectos de instalación y servicios de mantenimiento basados en un inventario inflado, existe un alto riesgo de retrasos debido a la falta de los materiales necesarios para llevar a cabo el trabajo.
- **Insatisfacción del cliente:** Los retrasos y la falta de disponibilidad de materiales pueden conducir a la insatisfacción del cliente, lo que puede dañar la reputación de la empresa y la posibilidad de obtener proyectos futuros.
- **Pérdida de rentabilidad:** Los costos adicionales asociados con la adquisición de materiales que se creían disponibles y los retrasos en proyectos pueden afectar negativamente la rentabilidad de la empresa.

En consonancia con lo mencionado previamente, el equipo trabajará en diseñar un sistema para la gestión de inventarios para el área la instalación de gases medicinales de BAP Ingeniería con el fin de reducir la discrepancia entre el inventario registrado en el sistema y el inventario físico real, mejorando la gestión de información y reducir los costos de gestión de inventarios.

Los beneficios reales de este proyecto, al reducir la discrepancia de inventarios, incluyen la minimización de los costos asociados con la gestión de inventarios, la gestión de información más exacta, con la que se espera lograr una mayor eficiencia en la planificación de proyectos, lo que resultará en una reducción significativa de retrasos, esto, a su vez, aumentará la competitividad de la empresa y mejorará la capacidad de tomar decisiones estratégicas de manera efectiva. En consecuencia, es importante señalar que una mejora en la satisfacción del cliente puede conllevar beneficios adicionales, como la retención de clientes existentes y la adquisición de nuevos. Además, una gestión de inventarios más eficiente otorgará a la empresa una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda o en las condiciones del mercado, lo que, a su vez, contribuirá a fortalecer la competitividad de BAP Ingeniería y, potencialmente, a mantener y crear empleos.

B. Grupos de interés

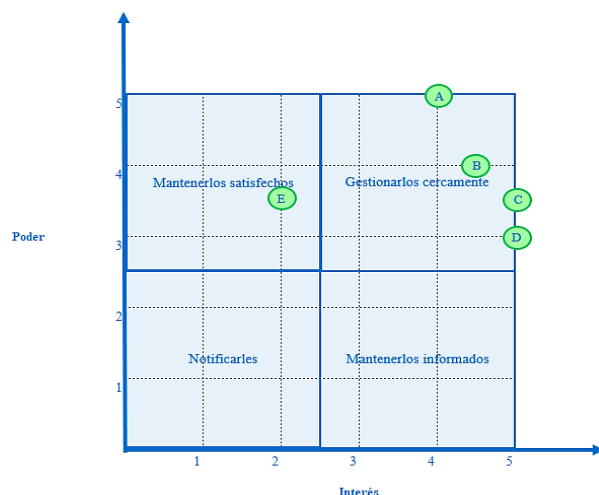


Fig. 3. Matriz Interés vs Poder.

De acuerdo con la Fig. 3. Matriz Interés vs Poder, se tienen cuatro cuadrantes de identificación de partes interesadas que son: mantenerlos satisfechos, gestionarlos cercanamente, notificarles y mantenerlos informados. Se observan cinco figuras (A-E) que identifican a los interesados. Este diagrama muestra el enfoque que tiene cada parte interesada, con valores de interés y poder, siendo cinco el valor más alto y cero el más bajo. Se organizan los grupos de interés en la Tabla II. MATRIZ INTERÉS/PODER BAP INGENIERÍA, basado en su importancia de mayor a menor.

Alto poder - Alto interés (Gestionarlos cercanamente): Los grupos ubicados en esta zona recibieron una ponderación alta. En la Figura 1, el conjunto (A, B, C, D) se caracteriza por tener un alto poder y alto interés, lo que se refleja en una ponderación superior a 2,5 en términos de poder e interés. Este grupo ejerce una alta influencia en la planificación y las decisiones que afectan de manera directa la dirección y los resultados del proyecto.

Alto poder - Bajo interés (Mantener satisfecho): Los grupos ubicados en este cuadrante tienen una puntuación de poder mayor a 2,5 y un interés menor a 2,5. En la Figura 1 se encuentra el interesado E (Arquitecto). Esta parte de interesados del proyecto debe tratarse con cuidado, ya que puede utilizar su alto poder de forma negativa si el proyecto no lo satisface.

Bajo poder-Alto interés (Mantenerlos informados): En este cuadrante, con un puntaje superior a 2,5 en interés e inferior en poder, el requisito es mantenerlos informados. El interesado tiene un bajo poder debido a su limitada autoridad en el proyecto, pero su alto interés se debe a su participación en el equipo de trabajo en el que se desarrolla el proyecto, desempeñando un papel fundamental pero medido.

Bajo poder – Bajo interés (notificarles): En este cuadrante con un puntaje inferior a 2,5 para poder e interés, el requisito es notificarles, con una autoridad limitada casi nula, las acciones que toman no generan un cambio, dado que no están relacionadas con el proyecto de la misma forma. Su interés no está al nivel del grupo que conforma, y su rol puede influir en ciertos aspectos del proyecto [6].

TABLA I.
MATRIZ INTERÉS/PODER BAP INGENIERÍA

ID	Interesado	Interés	Poder
A	Propietario de BAP Ingeniería	4	5
B	Contadora de BAP Ingeniería	4,5	4
C	Equipo 207	5	3,5
D	Almacenista de BAP Ingeniería	5	3
E	Supervisor de Obras de BAP Ingeniería	2	3,5

C. Requerimientos

La Tabla II. REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS BAP INGENIERÍA Se ha elaborado con los grupos de interés de la empresa BAP Ingeniería. Para la realización de esta actividad, se llevaron a cabo entrevistas individuales con cada miembro de estos grupos. Además, se organizaron visitas destinadas a conocer en detalle la empresa y comprender su funcionamiento en lo que respecta a la gestión de inventarios (ver Anexo 2).

El objetivo de estas actividades fue identificar las necesidades específicas que la empresa tiene en relación con la gestión de inventarios. También se buscó identificar cualquier restricción impuesta por los interesados que pudiera incidir en el diseño y el diseño de las soluciones previstas en el proyecto. Por último, se buscó comprender las expectativas del equipo de proyecto 207 para obtener una visión completa y clara para realizar el proyecto.

TABLA II.
REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS BAP INGENIERÍA

GRUPOS DE INTERÉS	VoC (REQUISITOS GRUPOS DE INTERÉS)	RESTRICCIONES DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	ES, NORMAS Y ESTÁNDARES	
				Legislación y requisitos Aplicables	Importancia o Efecto
Propietario de BAP Ingeniería	Mejorar la confiabilidad del inventario que se tiene en el almacén y poder entregar herramientas al equipo comercial para mejorar el tiempo de respuesta en cotizar al cliente.	El software de registro SAI-Open es deficiente por diseño, no se utiliza bien, no se cambiará. Los procesos de cotización están ligados a los requerimientos específicos de cada cliente.	Controlar en simultáneo los registros de inventario en sistema y en físico. Manejar un nivel de servicio superior o igual al 85%, actualmente el nivel de servicio está en 70%. El valor de desfase negativo debe estar por debajo de \$ 524 203 821 y así mismo ir disminuyendo.	N/A	N/A
Contadora de BAP Ingeniería	Tener control de todas las entradas y salidas de inventario, para su posterior facturación y registro contable. Control de la gestión de costos de operación de Inventario.	La cantidad de inventario que se encuentra en la bodega no es igual a la que está registrada.	Controlar en simultáneo de los registros de inventario en sistema y en físico, teniendo un registro en Excel el cual se compartirá con el área de almacén. Control de la gestión de costos de operación de inventario.	Código de Comercio y las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF 13).	Establece los estándares contables globales creados para unificar los criterios de la información financiera.
Equipo 207	Cumplir con los requerimientos de los grupos de interés de la empresa BAP Ingeniería.	La entrega de los datos que se necesitan lo cual puede generar un retraso al momento de realizar los avances del proyecto de diseño.	Asegurar cumplimiento de todas las tareas propuestas dentro del plazo establecido, bajo las normas de escritura establecidas por el formato IEEE para la elaboración de los avances del proyecto de diseño.	Norma IEEE	Establece un formato para la redacción del documento.

Almacenista de BAP Ingeniería	Tener información precisa sobre el consumo y disponibilidad de materiales, Poder tener un paso a paso del cómo hacer la gestión los materiales en inventario, destinados para las obras.	Cada obra tiene fechas de entregas parciales y no se cuenta con un buen proceso desarrollado para realizar las entradas o salidas del inventario cuando se tienen múltiples fechas de entrega.	Controlar los registros de inventario físico. El desfase que se presenta sea menor 56,30%. Estandarizando la gestión los materiales en inventario, destinados para las obras.	N/A	N/A
Supervisor de Obras de BAP Ingeniería	Se pueda identificar los materiales de consumo obligatorio y que siempre estén disponibles.	La disponibilidad de materiales está sujeta al espacio en el almacén que es reducido.	Crear listas de materiales de consumo obligatorio y determinar un inventario de seguridad.	N/A	N/A

II. MEDIR

A. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos es un componente fundamental en el proyecto, su función principal es medir y evaluar las condiciones actuales de desempeño del sistema de gestión de inventarios en el contexto de la operación de redes y centrales de gases medicinales. Este plan se considera de vital importancia para asegurar la obtención de datos de manera completa y organizada, lo que contribuirá al éxito del proyecto. Para este caso la empresa solo tiene disponible el dato de conteo de inventarios de 2020. Este plan de recolección de datos (ver Anexo 3. PRD) especifica claramente qué variables se medirán, proporcionando definiciones precisas de cada una de ellas. Además, se detallan las fuentes de datos de donde se obtendrán las mediciones necesarias, lo que incluyen registros financieros, registros de Inventarios, entrevistas y otros.

El proceso de recopilación de datos se llevará a cabo según las directrices establecidas en el plan, detallando quién será responsable de la recopilación y los métodos específicos que se emplearán. Además, el plan contemplará la adecuación de los datos, incluyendo cualquier proceso de transformación o procesamiento de datos brutos antes de su análisis y proporciona una explicación detallada de las fórmulas o métodos específicos para el cálculo de métricas o indicadores.

En síntesis, el plan de recolección de datos es un recurso fundamental que guiará de manera eficaz la obtención de datos precisos y confiables para evaluar el desempeño del sistema de gestión de inventarios de BAP Ingeniería en el ámbito de la operación de redes y centrales de gases medicinales.

B. Medición del sistema actual

1) Información General de la Empresa

En el contexto de BAP Ingeniería, los efectos indeseables que se experimentan en el inventario se derivan en gran medida de las órdenes de compra y de las actividades que determinan el nivel de inventario apropiado (ver Anexo 4). El objetivo ideal en la empresa es reponer exactamente lo que se vende, o, más precisamente, lo que se requiere para su uso en proyectos específicos.

Las gestiones actuales que rodean el mantenimiento de un inventario adecuado han generado efectos no deseados que incluyen desajustes en el conteo, pérdidas financieras, demoras en proyectos y, en algunas situaciones, tensiones internas que afectan la armonía dentro de la empresa. En la actualidad, BAP Ingeniería cuenta con un equipo de 28 trabajadores, divididos en tres áreas principales: operaciones, financieras y comercialización. El enfoque en este proyecto se centra en el área de almacenamiento e inventarios, que es una subdivisión del área financiera de la empresa.

No se cuenta con manuales de organización ni funciones estandarizadas para los trabajadores, lo que ha llevado a que las funciones y actividades se realicen de manera confusa y tediosa, especialmente en el almacén. Además, esta falta de claridad ha tenido un impacto negativo en los departamentos de Operaciones, Comercial, Administrativo y Financiero.

En el sector de instalación y mantenimiento, se ha identificado informes de inflación en el inventario en el sistema. Dada la demanda actual, resulta inevitable evitar errores debido a la alta variedad de materiales requeridos en los proyectos y al constante movimiento de todas las partes interesadas en esta área. Esto ha dificultado la gestión de un estándar para cada producto.

El proceso para realizar un pedido implica la separación de los equipos y elementos necesarios en cada proyecto. Luego, se inicia el proceso de pedido, que puede tardar desde uno o dos días hasta una semana, dependiendo del tamaño del proyecto. Posteriormente, los productos se ingresan al almacén y se despachan según los requerimientos. Esto ha llevado a la división de entrega de materiales, con un despacho inmediato a los proyectos y otro al área de ensamblaje.

Los encargados directamente de los proyectos son el arquitecto, su asistente y el coordinador de obras. Estos responsables, junto con el jefe de almacén, son los encargados de programar, planificar y organizar la lista de materiales necesarios. En caso de no contar con disponibilidad, se siguen dos rutas en función de la importancia del pedido. La primera opción implica reprogramar los plazos en el proyecto, esperando los tiempos del proveedor y generando retrasos en la obra. La segunda ruta, si el material requerido es esencial para el proyecto, implica adquirirlo a otro proveedor, generalmente local, lo que suele resultar en costos más altos y un aumento en el presupuesto inicial, lo que en algunos casos conlleva pérdidas financieras.

2) SIPOC



Fig. 4. SIPOC- BAP Ingeniería.

El Diagrama SIPOC que se presenta en la Fig. 4. SIPOC- BAP Ingeniería condensa los elementos fundamentales que constituyen el proceso de gestión de recursos de almacén en BAP Ingeniería. Comienza con la recepción de órdenes procedentes de diversas fuentes y abarca todas las etapas necesarias para la preparación y el mantenimiento adecuado de los recursos en el almacén. En particular, en este proyecto, nos enfocamos en el subproceso de Control de Inventarios como área de interés principal. Este subproceso reviste una importancia crítica, ya que el que garantiza un manejo eficiente y preciso de los niveles de stock, contribuyendo a la operación sin contratiempos del proceso y, en última instancia, al nivel de servicio de BAP Ingeniería.

3) Diagramas de flujo

Se han creado dos diagramas esenciales para entender el manejo del sistema de inventarios en BAP Ingeniería: el Diagrama de Control de Inventarios y la Relación de Almacén con los Proyectos de Instalación, los diagramas de flujo permiten visualizar

los procesos paso a paso, facilitando la comunicación entre equipos, permitiendo identificar puntos de retraso con el objetivo de mejorar la toma de decisiones.

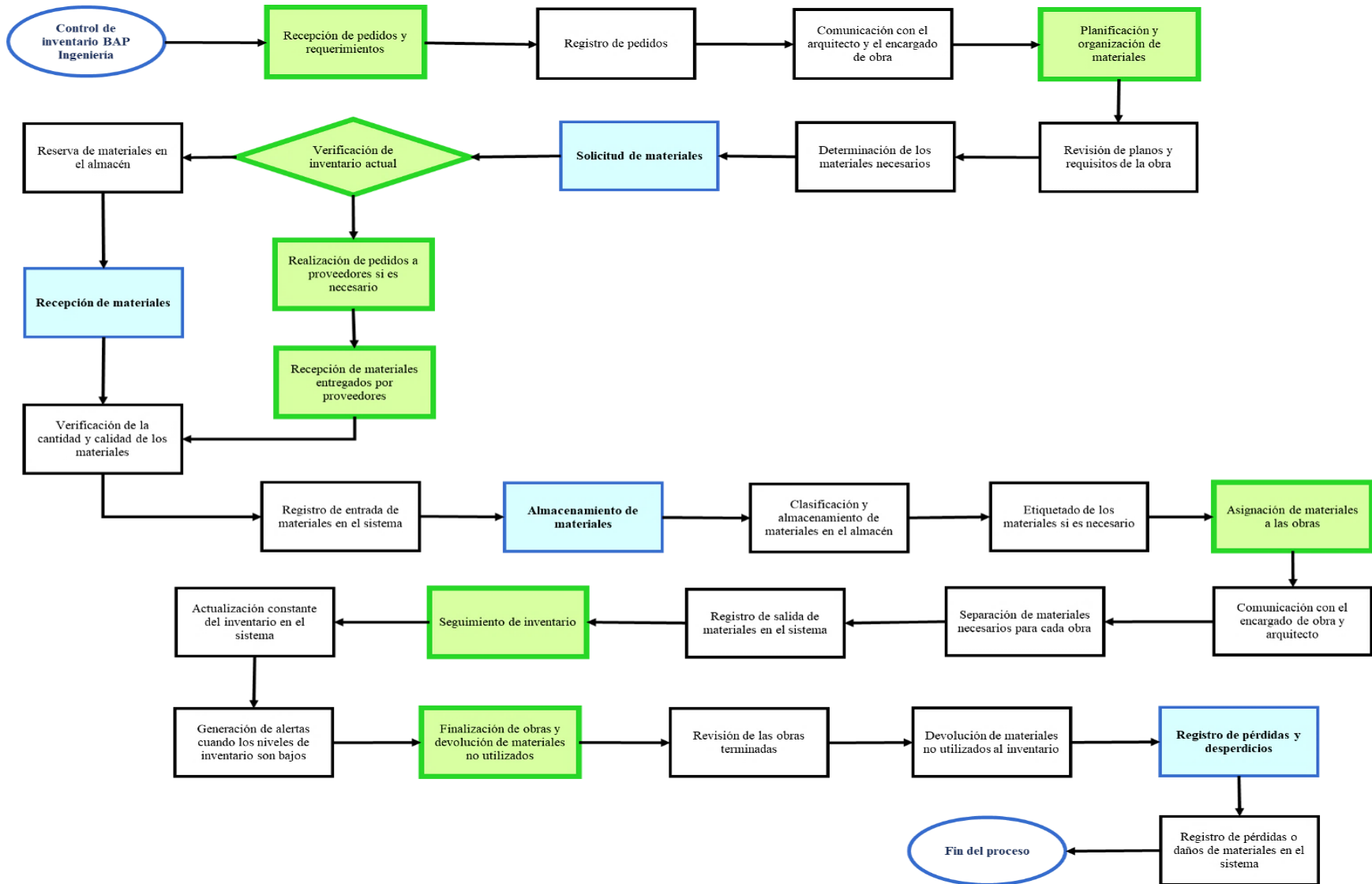


Fig. 5. Diagrama de Flujo de Control de Inventarios de BAP Ingeniería

En la Fig. 5. Diagrama de Flujo de Control de Inventarios de BAP Ingeniería, se identifican puntos de retraso o áreas críticas que pueden afectar la eficiencia del sistema, estos se pueden identificar de color verde, a continuación, se explican estos puntos de retraso:

- Recepción de pedidos y requerimientos: Esta etapa es crucial, ya que la falta de comunicación clara o la ineficiencia en la recepción de pedidos pueden generar problemas en etapas posteriores.
- Planificación y organización de materiales: Una planificación inadecuada puede resultar en la falta de materiales necesarios o en un exceso de inventario, afectando así el sistema.
- Verificación del inventario actual y realización de pedidos a proveedores: Estos son pasos críticos que pueden convertirse en puntos de bloqueo si no se gestionan de buena manera. Un gran punto crítico es la discrepancia entre el inventario registrado en el sistema y el inventario físico.
- Recepción y verificación de materiales entregados por proveedores: Esta etapa puede ser un punto crítico si hay retrasos o errores. Si es necesario recurrir a proveedores alternativos, esto puede causar retrasos adicionales y afectar el cronograma de los proyectos.
- Asignación de materiales a las obras: Requiere una comunicación eficiente con el encargado de obra y el arquitecto. Problemas de coordinación y comunicación sobre los materiales necesarios o disponibles pueden causar atrasos en las obras.
- El seguimiento constante del inventario y la generación de alertas son esenciales para mantener los niveles adecuados de materiales. La falta de seguimiento podría llevar a la falta de materiales críticos en momentos clave del proyecto.
- Finalización de obras y devolución de materiales no utilizados: Esta etapa debe realizarse de manera eficiente para maximizar la disponibilidad de materiales y evitar la acumulación innecesaria de inventario.

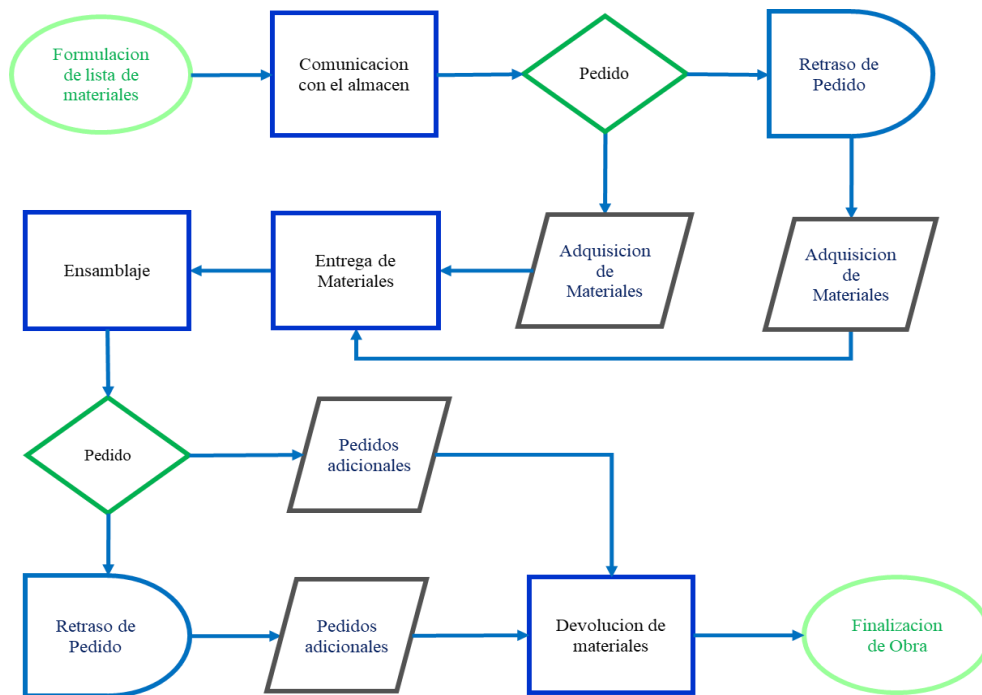


Fig. 6. Diagrama de Flujo: Relación de Almacén con los Proyectos de Instalación.

El diagrama de procesos actual de la empresa en la Fig. 6. Diagrama de Flujo: Relación de Almacén con los Proyectos de Instalación, es un proceso no estandarizado, ya que, en ocasiones repetidas por falta de planificación de pedidos, se saltan algunos procesos necesarios dentro de las actividades, generando puntos de retrasos más adelante. El primer caso donde se presentan un punto de retraso, con tiempos de espera o inactividad es en la comunicación con el almacén con los pedidos, ya que actualmente no se cuenta con una herramienta de base de datos que permite mandar información actualizada entre las áreas de la empresa (OneDrive, Dropbox, Google Drive, etc.) por ende, cuando se formulan listas de pedidos para el almacén, en muchas ocasiones es modificada y no siempre se entrega la última versión al almacén, generando confusión entre los departamentos, llevando a pedidos con cantidades erróneas de materiales desde el inicio del proceso, el cual más adelante afectará el proceso de ensamblaje cuando no hay suficientes partes para crear los ensambles y pedidos adicionales que generan inactividad en obras y sobre compra o costos mayores de unidades (ver Anexo 4). Otro punto de retraso en el proceso se puede encontrar en la actividad entrega de materiales ya que, en muchos casos por necesidad inmediata, las salidas del almacén no son registrados, formando un desfase entre el inventario físico y el inventario en sistema.

4) Desfase con respecto al Inventario Físico

Tras el análisis y medición de los registros de empalme de inventario al 30 de diciembre del 2022 (ver Anexo 1. Hoja2) la empresa presento un desfase con respecto al inventario físico del 56,30%, este desfase se manifiesta de dos maneras:



Fig.7. Tendencia Inventario en Físico Mayor al Registro en Sistema. Diciembre 2022. Mod. [7]

Por un lado, se observa un segmento de 177 referencias (38% del desfase total) en el que el inventario físico supera al registro en el sistema (ver Anexo 1. Hoja5). Este fenómeno señala que, en el sistema, se han registrado cantidades menores a las que efectivamente existen físicamente, comportamiento que se observa en la Fig.7. Esta discrepancia implica que el sistema no refleja la cantidad real de recursos disponibles, lo que podría dar lugar a situaciones en las que se cree no hay disponibilidad suficiente de recursos y se hagan pedidos adicionales innecesarios.

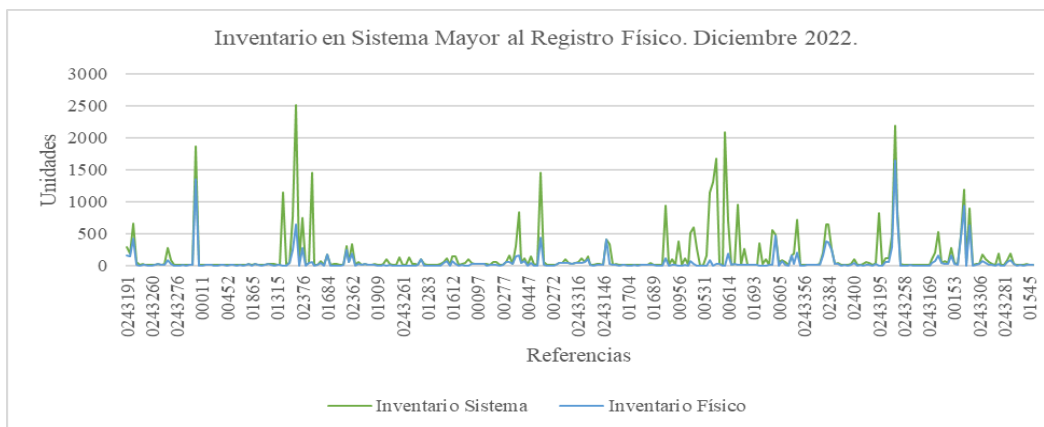


Fig.8. Tendencia Inventario en Sistema Mayor al Registro Físico. Diciembre 2022. Mod. [7]

Por otro lado, se detecta un grupo de 290 referencias (62% del desfase total) en el que el registro de inventario en el sistema supera las cantidades reflejadas en el inventario físico (ver Anexo 1. Hoja4). Este hallazgo sugiere una tendencia hacia un registro excesivo en el sistema en comparación con la cantidad real de recursos disponibles como se observa en la Fig. 8. Tendencia Inventario en Sistema Mayor al Registro Físico. Esta discrepancia puede resultar en la sobrestimación de los recursos disponibles, lo que podría llevar a costos innecesarios en la adquisición urgente de recursos adicionales y una gestión ineficiente de inventario.

Ambas situaciones indican problemas en la precisión y control de la gestión de inventario de la empresa, esto revela un desafío sustancial en la gestión de inventario de la empresa, caracterizado por la falta de precisión y control. Estas discrepancias pueden acarrear ineficiencias operativas, costos adicionales y obstáculos en la satisfacción del cliente.

5) Valor de desfase de inventario

El análisis de la información referente al valor de desfase en la gestión de inventario de BAP Ingeniería presenta una perspectiva esencial para evaluar el impacto económico de las discrepancias entre el inventario registrado en el sistema y el inventario físico real. Con base en los datos proporcionados, se constata que el valor de desfase negativo asciende a \$524 203 821 (ver Anexo1. Hoja4), mientras que el valor de desfase positivo se sitúa en \$78 596 346 (ver Anexo1, Hoja5).

El valor de desfase negativo se refiere al valor total en pesos colombianos de recursos que se perciben demás cuando el inventario registrado en el sistema es mayor que las existencias físicas reales. Por otro lado, el valor de desfase positivo representa el valor total en pesos colombianos de los recursos que no se han registrado adecuadamente en el sistema. En conjunto, estos costos ilustran los impactos económicos de la discrepancia en la gestión de inventario de la empresa.

C. Costos de Gestión de Inventario

Los costos de gestión de inventarios engloban los gastos relacionados con la administración y el mantenimiento de los inventarios de la empresa, estos valores permiten conocer la eficiencia de la gestión de inventarios y se pueden convertir en factores importantes a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones. Para el caso de BAP Ingeniería este costo de gestión de inventario no se ha tenido en cuenta ni se ha hecho un cálculo asociado. En este contexto, se lleva a cabo una primera aproximación y un cálculo parcial con el propósito de evaluar un escenario inicial.

El costo de mantener inventario, representado en tasa, se refiere al gasto asociado con la retención y gestión de inventarios expresado como un porcentaje del valor total de los inventarios. En este caso esta tasa incluye el costo de capital y el costo de espacio físico. Con costo de capital se considera la tasa de utilidad de la empresa que para el 2023 está en 11,47 %, la tasa de riesgo de empresas en Colombia que para el 2023 está en un 9,41% y la tasa de riesgo para empresas pymes que se encuentra en 7%, suma que tiene como resultado un costo de capital de 27,88 % [8]. Por otra parte, en el costo de espacio físico se considera los costos relacionados a la utilización del espacio del almacén, incluyendo los costos de nómina para el almacén; estos gastos de almacén se fraccionan en relación con el valor en pesos de todo el inventario disponible, todo esto dándonos como resultado un costo de espacio físico del 5, 62 % (ver Anexo 5. Hoja1).

Todo lo anterior nos da como resultado un costo de mantener del 33,50 %, este porcentaje representa la tasa de interés aplicada a cada unidad de inventario que permanece sin rotación en el almacén. Tal como se indica en la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ mantener = Costo\ de\ capital + costo\ de\ espacio\ físico$$

Este es un factor crítico en la evaluación de costos, ya que revela el impacto directo del dinero invertido en inventario. Esta tasa está sujeta al sector económico y a la situación económica del país de operación de la empresa, por lo que se convierte en un factor del que no se tiene control.

Por consiguiente, el costo de mantener el inventario asociado a los recursos disponibles en el almacén al 30 de diciembre de 2022 asciende a \$90 238 614 (ver Anexo 1. Hoja6). Conocer y calcular estos costos es esencial para entender el gasto total asociado a la gestión de inventarios. Este valor varía en el tiempo en consecuencia al inventario disponible del almacén, por lo

que se calcula en un punto de tiempo determinado, y se determina mediante la consideración del costo de compras de material, la cantidad de unidades en almacén y costo de mantener inventario (expresado en tasa %), como se indica en la siguiente formula:

$$\sum_{Referencias}^n \quad (Tasa\ de\ mantener\ Inventario * Costo\ de\ material * Unidades\ en\ almacen)$$

Por otra parte, los costos de realizar un pedido se refieren a los gastos asociados con la preparación, procesamiento y realización de pedidos de materiales a proveedores (información ampliada en el Anexo 5. Hoja 2). En este punto se tienen consideración el costo de mano de obra, los costos de fletes (costos de operación) y el número de ordenes de compras anuales realizadas para la línea de gases medicinales, como se observa en la siguiente formula:

$$Costo\ de\ pedir = \frac{Costos\ de\ operación}{Ordenes\ de\ compra\ anuales}$$

Considerando lo expuesto anteriormente, se estima que el costo ascenderá a \$220 000. Estos gastos representan una inversión esencial destinada a la adquisición de nuevos inventarios y al sostenimiento de las operaciones en curso.

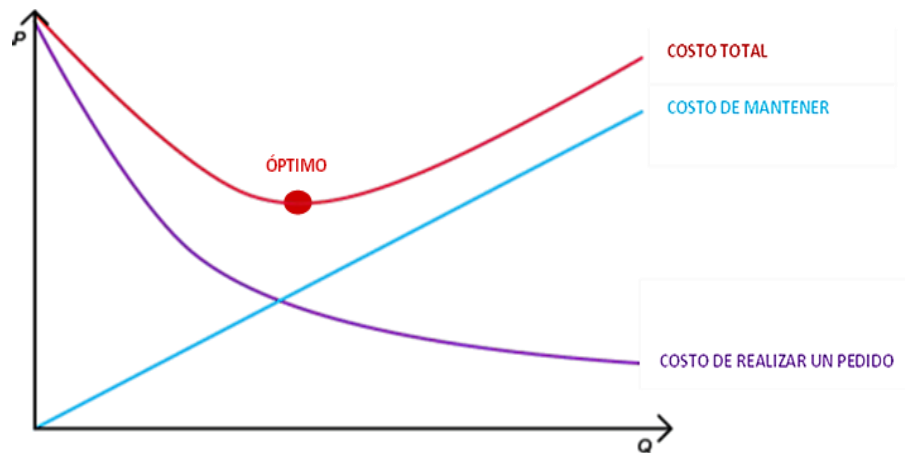


Fig. 9. Costos de Inventario.Mod. [10].

El cálculo y conocimiento de estos costos permiten realizar comparaciones y encontrar un equilibrio óptimo entre los costos de mantener inventario en el almacén y los costos de realizar pedidos a proveedores. Este equilibrio, como se observa en la Fig. 9. Costos de Inventario, conocido como el punto óptimo, es crítico para mantener una gestión de inventario eficiente, y determinar las políticas de inventario, aspecto en donde BAP Ingeniería ha evidenciado una carencia por falta de consideración de estas mediciones.

D. Nivel de servicio

El nivel de servicio, en el contexto de los proyectos de instalación de redes y centrales de gases medicinales, se refiere a la capacidad de BAP Ingeniería para satisfacer las necesidades y demandas de sus clientes de manera oportuna y eficiente. De acuerdo con la información proporcionada por la empresa (ver Anexo 4), se ha calculado que el nivel de servicio actual de la empresa es del 70%. Este cálculo se basa en el porcentaje de retrasos en obras promedio con impacto directo a la fecha de entrega final de los proyectos, atribuidos a la falta de materiales disponibles en el almacén, que asciende al 30%. Esto implica que la empresa enfrenta desafíos en la gestión de la disponibilidad de materiales en el almacén, lo que repercute directamente en la

puntualidad y eficiencia de la ejecución de proyectos. En términos técnicos, un nivel de servicio del 70% indica que existe margen de mejora en la capacidad de BAP Ingeniería para garantizar la disponibilidad oportuna de materiales.

E. Resultados de Indicadores de desempeño

TABLA III.
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Subvariable	Indicador	Actualidad	Meta (ver Anexo 4)
Desfase de inventario con respecto al inventario físico	Desfase de inventarios con respecto al inventario físico	$\% = \frac{\sum_{referencias}^n \frac{(Inventario\ físico - Inventario\ sistema)}{Inventario\ físico}}{Numero\ de\ referencias}$	56,30%	< 56,30%
	Registro de inventario en sistema mayor al registro físico	$\% = \frac{\sum Referencias\ con\ diferencia\ negativa}{Numero\ de\ referencias\ con\ discrepancia}$	62%	< 62%
	Registro de inventario en físico mayor al registro en sistema	$\% = \frac{\sum Referencias\ con\ diferencia\ positiva}{Numero\ de\ referencias\ con\ discrepancia}$	38%	< 38%
Costo de desfase de inventario	Costos de desfase negativo	$\sum_{referencias}^n Diferencia\ negativa * Costo\ unitario$	\$ 524 203 821	< \$ 524 203 821
	Costos de desfase positivo	$\sum_{referencias}^n Diferencia\ Positiva * Costo\ unitario$	\$78 596 346	< \$78 596 346
Costos de gestión de inventario	Tasa de mantener inventario	$Tasa\ de\ mantener = Costo\ de\ capital + costo\ de\ espacio\ físico$	33,50 %	= 33,50 %
	Costo de mantener	$\sum_{Referencias}^n (Tasa\ de\ mantener\ Inventario * Costo\ de\ material * Unidades\ en\ almacen)^1$	\$90 238 614	[90 000 000 – 120 000 000]
	Costos de realizar un pedido	$Costo\ de\ pedir = \frac{Costos\ de\ operación}{Ordenes\ de\ compra\ anuales}$	\$220 000	<\$220 000
Nivel de servicio	N/A	$Nivel\ de\ Servicio = 1 - \% \text{ de retrasos}$	70%	85%

III. ANALIZAR

A. Análisis de Causas

El análisis de causa permite identificar las raíces de los diferentes problemas identificados en el proyecto, así previniendo recurrencias.

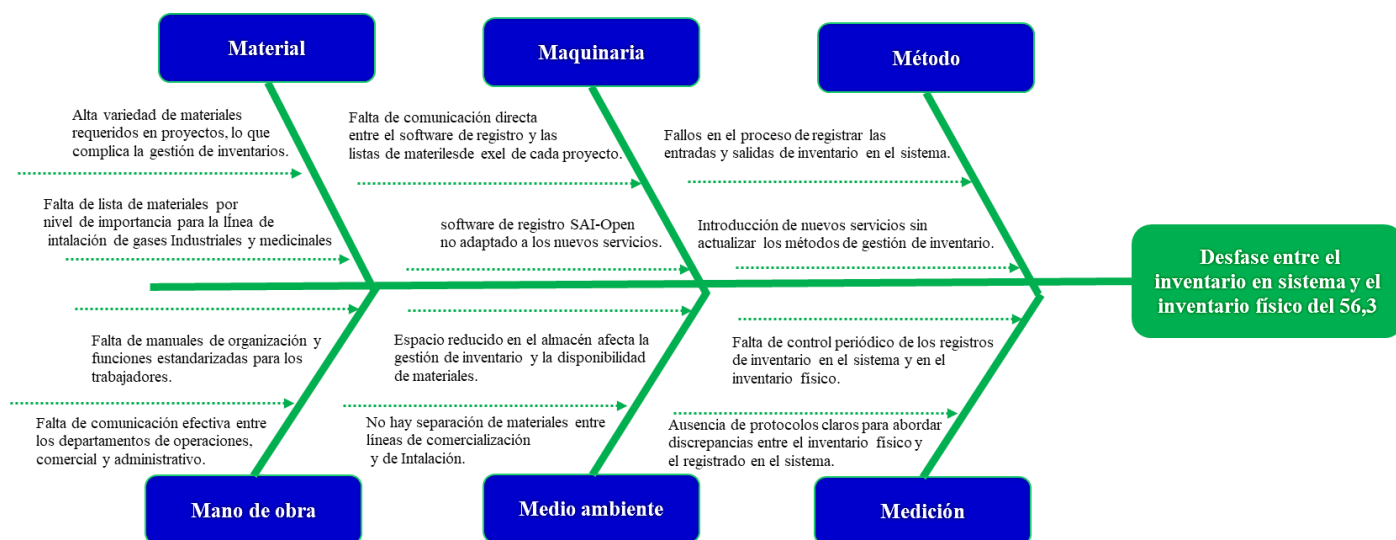


Fig. 10. Diagrama de causa y efecto.

La discrepancia del 56,3% en el inventario de BAP Ingeniería entre el sistema y el inventario físico se debe a varias causas identificadas mediante un diagrama de causas y efecto, tal como se observa en la Fig.10. Las principales causas incluyen problemas en la medición, los materiales, la maquinaria, la mano de obra, los métodos empleados y los factores ambientales.

En términos de medición, existe una falta de control periódico de los registros y la ausencia de protocolos para abordar las diferencias. Esto resulta en desajustes notables entre el inventario registrado y el inventario físico. En cuanto a los materiales, la alta variedad y la falta de una lista priorizada afectan directamente la gestión de inventarios. La diversidad de materiales sin una lista jerarquizada por importancia complica la identificación y el manejo eficiente de los elementos. La integración deficiente de estos sistemas resulta en inconsistencias en los registros de inventario. En el ámbito de la mano de obra, la falta de manuales y la poca comunicación efectiva entre departamentos generan confusión en las funciones y actividades asociadas con el inventario. La ausencia de manuales claros y una comunicación fluida impactan negativamente en la precisión de las operaciones. Los métodos empleados presentan fallos en el proceso de registro y falta de actualización ante la introducción de nuevos servicios. Es fundamental corregir estos fallos y ajustar los métodos a las evoluciones del entorno operativo para una gestión eficiente del inventario. Por otra parte, los factores ambientales, como el espacio reducido en el almacén y la falta de separación de materiales entre líneas de comercialización e instalación, también inciden en la dificultad de gestión. La limitación de espacio y la carencia de una clara separación entre líneas contribuyen a la complejidad operativa.

En conclusión, la discrepancia en el inventario de BAP Ingeniería se origina en una serie de causas, tales como la falta de control en la medición, la diversidad de materiales sin una lista jerarquizada, la falta de comunicación entre el software y las listas de materiales, la falta de manuales y comunicación efectiva, los fallos en los métodos empleados y los factores ambientales. Para mejorar la gestión del inventario, es fundamental diseñar medidas enfocadas en corregir estas causas, que se consideran un punto de partida o base del diseño de un sistema de gestión de inventarios adecuado.

B. Revisión de literatura

En este proyecto, el papel fundamental de la investigación académica es el análisis y aplicación de métodos para abordar problemas afines. Se llevó a cabo una revisión literaria de investigaciones recientes que emplearon diversos métodos, centrándose en procesos, metodologías y la identificación de las mejores prácticas aplicables a este proyecto. Esta revisión proporcionó información relevante sobre las aplicaciones de métodos propuestos en investigaciones anteriores, evaluando enfoques, herramientas y resultados. Con base en estos hallazgos, se determinaron opciones y enfoques de solución para implementar en el proyecto. En la Tabla IV. La revisión de la literatura se basó en artículos científicos buscando soluciones a inventarios de diferente demanda, para adaptar y mejorar sus ideas en el proyecto y se hizo una investigación amplia para fundamentar la identificación de la causa. (ver Anexo 6)

TABLA IV.
DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN DE LITERATURA.

Tipo	Título	Autor (es)	Año	Industria	Objetivo	Método	Herramientas	Resultados	Aporte al Proyecto
Artículo científico	The value of installed base information for spare part inventory control [11]	Sarah Van der Auweraer , Sha Zhu, Robert N. Boute.	2021	Economía de producción.	Analizar el valor de diferentes fuentes de información sobre la base instalada para el pronóstico de la demanda de piezas de repuesto y el control de inventario.	Realización de un estudio de simulación comparativa para evaluar el rendimiento del inventario de ocho métodos que incluyen diferentes conjuntos de información sobre la base instalada en sus pronósticos de demanda.	Programa dinámico para optimizar las cantidades de pedido por período que minimizan los costos totales. Además, se llevó a cabo un análisis comparativo mediante un estudio de simulación para identificar la información del inventario de base instalada (IBI) que agrega más valor y debe ser recopilada con fines de control de inventario.	Se identificó que conocer el tamaño de la base instalada activa es de mayor valor, especialmente cuando la base instalada cambia con el tiempo. También se encontró que, cuando se utiliza un modelo de predicción basado en fallas, es importante trabajar con la edad de la pieza en sí, en lugar de la edad de la máquina.	El artículo proporciona información sobre cómo utilizar la información de la base instalada para mejorar el control de inventario de piezas de repuesto. Puede ayudar a tomar decisiones más efectivas sobre la recopilación de datos y mejorar la precisión de los pronósticos de demanda, las cual podrá servir para la realización de la simulación de inventario.
Artículo científico	Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC) [12]	Alexander Alberto Correa Espinal, Rodrigo Andrés Gómez Montoya, José Alejandro Cano Arenas.	2010	Ingeniería industrial.	Identificar el estado del arte y la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión de almacenes y su aplicación en la industria colombiana.	Recopilación de información a través de una revisión bibliográfica detallada sobre el uso de tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID) en la gestión de la cadena de suministro. Este enfoque permitió recopilar datos relevantes sobre las aplicaciones, funciones, software y hardware asociados con el uso de RFID en la gestión de la cadena de suministro.	Revisión bibliográfica detallada sobre el uso de tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID) en la gestión de la cadena de suministro. Además, se hace referencia a la combinación de equipos y métodos de operación utilizados en un ambiente de almacenaje y recuperación. También se mencionan equipos de manipulación de productos y sistemas de registro, administración y control de la información generada por los procesos logísticos.	Se identifica que las tecnologías aplicadas a la gestión de almacenes contribuyen a la simplificación de las operaciones, reducción de costos y mejora de los flujos de información. Sin embargo, los principales obstáculos para su implementación son los altos costos, la cultura organizacional y la inadecuada estructuración de los procesos.	El artículo proporciona una visión general del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión de almacenes y su aplicación en la industria colombiana. Puede ser útil para comprender los beneficios y los desafíos asociados con la adopción de estas tecnologías en la gestión de almacenes, así como para identificar áreas de mejora y posibles soluciones en el contexto del proyecto relacionado.

Informe de investigación	MICLOG WID TAG Program Enables Total Asset Visibility [13]	Mark Buckner, Richard Crutcher, Michael R. Moore, Bobby Whitus.	2002	Logística y defensa.	Lograr la visibilidad total de los activos materiales y el personal en la cadena de suministro militar y comercial.	Pruebas y evaluaciones de apoyo, análisis de integración de sistemas.	Identificación por radiofrecuencia (RFID), seguimiento en tiempo real (RTLS).	Obtención de ideas sobre la viabilidad y practicidad de lograr la visión de visibilidad total de los activos, lecciones prácticas aprendidas de pruebas controladas, valor de la convergencia de estándares de redes, implementación de RFID y RTLS para complementar el GPS.	Desarrollo de arquitecturas para la conexión de seguimiento de activos logísticos, identificación de la importancia de los estándares internacionales, pruebas de validación de productos de etiquetas inteligentes RFID para el seguimiento de materiales. Utilizándolo para entender mejor la implementación del código de barras para obtener datos precisos y en tiempo real del inventario.
Artículo académico.	Product structure data [14]	Carol Ptak, Chad Smith.	2018	Ingeniería industrial	Abordar la importancia de los números de parte, la estructura del producto, los desafíos en la asignación de partes, la modularización de las listas de materiales y su impacto en la programación de la producción en entornos de fabricación y diseño de ingeniería.	El método para lograr el objetivo del documento implica la reestructuración de la lista de materiales (BoM) para satisfacer los requisitos de planificación de requerimientos de materiales (MRP) y la programación de la producción en entornos de fabricación y diseño de ingeniería.	Utiliza La modularización implica reestructurar las BoM en un formato modular para simplificar la planificación y la programación de la producción. Además, se discuten técnicas de planificación de BoM y la segmentación de las dependencias para crear requisitos de bajo nivel sin tener que trabajar a través de toda la BoM.	La técnica de modularización de las BoM en entornos de fabricación, destacando sus beneficios y desafíos, y cómo esta técnica puede afectar el cronograma de finalización de subensamblajes. Además, el documento destaca la importancia de descripciones claras y propiedades de partes, BoM y modelos de productos para orquestar y sincronizar los procesos de fabricación.	Ofrece una visión integral de cómo la estructura del producto y la modularización de las BoM impactan en la planificación y programación de la producción en entornos de fabricación y diseño de ingeniería.
Artículo científico	Control de inventario para la acertada toma de decisiones gerenciales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Babahoyo [15]	Víctor Martín Parrales Carvajal, Mercy Edith Aguirre Sanabria, Danny Javier Gómez Costain, Verónica Alexandra Merchán Jácome.	2021	Ingeniería industrial.	Elaborar un sistema de control de inventario que garantice la acertada toma de decisiones gerenciales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Babahoyo.	Se usa una metodología mixta, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos. Los tipos de investigación incluyeron bibliográfica, explicativa, descriptiva y correlacional. Se utilizaron métodos analítico-sintético, inductivo y deductivo	Las herramientas e instrumentos aplicados fueron cuestionarios de preguntas, computadoras, impresoras y tecnología existente.	Proporcionaron a la gerencia un sistema de registro y control de inventarios, así como el uso de los Kardex para el control de entradas y salidas de mercaderías. También se brindó conocimiento sobre todo el proceso para la toma de decisiones gerenciales adecuadas.	proporciona información relevante sobre el control de inventario y su impacto en la toma de decisiones gerenciales en pequeñas y medianas empresas. Puede ser útil para comprender cómo implementar un sistema de control de inventario efectivo y mejorar la gestión de inventarios en el proyecto relacionado.

Artículo científico .	Inventory costs and the optimal spacing of retail stores [16]	Ralph M Braid.	1998	Ingeniería industrial.	Examinar el espaciado óptimo de las tiendas minoristas considerando un modelo explícito de costos de inventario.	Modelo de inventario explícito para analizar el espaciado óptimo de las tiendas minoristas. Se consideran los costos de capacidad de las tiendas, los costos fijos de las entregas y los costos de transporte de los consumidores.	Modelo de inventario explícito de costos. En el modelo básico, existe igualdad entre los costos de capacidad de las tiendas, los costos fijos de las entregas y los costos de viaje de los consumidores y la fórmula simple de la raíz cuadrada, $R^* = 2(F/tD)^{1/2}$	En el modelo básico, existe una igualdad entre los costos de capacidad de las tiendas, los costos fijos de las entregas y los costos de transporte de los consumidores. Bajo estas suposiciones, se determina que el espaciado socialmente óptimo entre tiendas está dado por una fórmula simple de raíz cuadrada.	Proporciona información relevante sobre el espaciado óptimo de las tiendas minoristas y los costos asociados al inventario. Puede ser útil para comprender cómo optimizar el espaciado de las tiendas en el contexto del proyecto relacionado, considerando los costos de inventario y los factores que influyen en la toma de decisiones sobre el espaciado.
-----------------------	---	----------------	------	------------------------	--	--	--	--	---

C. Exploración de ideas y selección de alternativa

Para evaluar la mejor alternativa de solución ante el problema planteado, se utilizó el método de análisis jerárquico para decidir cuál de las cinco alternativas era la mejor para dar cierre al diseño del proyecto (Ver Anexo 7. Hoja 1). La matriz AHP usada en el análisis, es una herramienta que utiliza un método de decisión multicriterio que toma diferentes criterios y varias alternativas permitiendo asignar un peso a su valoración, compararlas entre sí, con el fin de seleccionar la mejor opción para lograr llegar al objetivo final. En el contexto de BAP ingeniería, el objetivo final es escoger la mejor alternativa para los principales interesados en el proyecto (Diego Bello y el Equipo 207).

Los criterios son los factores que se tienen en cuenta al tomar decisiones. Esos factores se organizan en una estructura jerárquica, para evaluar y comparar opciones en un proceso de toma de decisiones. En este caso se pueden considerar restricciones o recomendaciones ya que posteriormente en los resultados se podrá ver cómo estos criterios influenciaron mucho en la decisión final. Se seleccionaron los siguientes:

- Costo
- Durabilidad
- Método de Pedido
- Satisfacción

Las alternativas representan las diferentes opciones o posibles soluciones que se están evaluando en función de los criterios establecidos. Se refieren a las distintas opciones que se comparan en relación con estos criterios. Existen más alternativas, pero considerando los recursos y disponibilidad de la empresa las mencionadas fueron las más relevantes. Las alternativas son las que fueron presentadas anteriormente:

- Sistema de información base
- Redistribución de almacén
- La implementación de MRP en la Gestión de Inventarios, integrado con tecnología RFID.
- Implementación del sistema de código de barras
- Método de Control de Inventarios utilizando MRP y Análisis ABC
- Se consideró lo siguiente para dar peso a los criterios y alternativas:
- La empresa actualmente no cuenta con planes de ampliar la bodega en un futuro cercano
- Se ha planificado la implementación del sistema de código de barras para facilitar el manejo de materiales en la bodega
- La empresa tiene una expectativa alta de los resultados del equipo 207
- La empresa tiene múltiples bases de datos para registrar información

Esta información permitirá hallar con mayor precisión cuál de las alternativas es la mejor para seleccionar. Además, estas son peticiones e información de los grupos de interés con mayor poder en el proyecto, pero los demás grupos también dieron peticiones, pero no se consideraron relevantes en cuanto al entorno del problema, por ende, se desearon.

- Con estas consideraciones, se lograron calcular los pesos respectivos de los criterios donde:
- Costo tiene un peso del 15% de influencia sobre la decisión
- Durabilidad tiene un 7% de influencia sobre la decisión
- Método de Pedido tiene un 24% de influencia sobre la decisión
- Satisfacción tiene un 54% de influencia sobre la decisión

El criterio de satisfacción tiene más peso que los demás, esto se refleja ya que BAP Ingeniería urge una solución al problema presentado, con la esperanza de reducir las tensiones internas que se presentan en ocasiones y mejorar la satisfacción de sus clientes. Además, se observa que una de las soluciones más factibles logró tener el menor peso en el objetivo final, reflejado a las restricciones impuestas por la empresa, identificadas al entrevistarse. En esta ocasión se refleja la diferencia entre la teoría y la práctica donde lo ideal sería implementar una alternativa o alternativas que generan costos de implementación y costos de mantenimiento pero que, en la situación actual, la empresa no tiene el capital y sus trabajadores no se sienten satisfechos con la implementación de esta, la alternativa siendo la “Redistribución del almacén”. La empresa considera importante implementar tecnologías modernas como el RFID o el código de barras para mejorar la situación actual, pero estas tecnologías sin la implementación y seguimiento apropiado se pueden echar a perder, ya que solo aumentan la eficiencia de organización en el almacén, juntando estas 2 alternativas se tuvo un peso del 31 %, algo considerable teniendo en cuenta que la mejor alternativa tuvo un peso del 47 %. La alternativa que logró destacar sobre los demás es la que más se adapta a las capacidades del equipo actualmente, las necesidades y los recursos de la empresa. Se recomienda para la empresa diseñar el “Método de Control de Inventarios utilizando MRP y Análisis ABC”.

D. Objetivos

Objetivo General

Rediseñar el sistema de gestión de inventarios de los materiales para la instalación de líneas de gases medicinales de BAP Ingeniería, utilizando métodos de control de inventarios con el fin de disminuir la discrepancia entre el inventario físico y el inventario registrado en sistema.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis del comportamiento de demanda actual para determinar el modelo de compra de materiales que se adapte a la naturaleza de ingeniería a la orden (*Engineer-to-Order*), estrategia de producción, donde los productos son diseñados y fabricados de acuerdo con las especificaciones individuales de cada cliente.
- Analizar y evaluar los métodos de costeo, tanto de tener (costos de almacenamiento) como de pedir (costos de realizar pedidos), que sea idóneo con el modelo de compra a determinar.
- Incorporar análisis ABC, técnica de clasificación utilizada en la gestión de inventarios que permite identificar y priorizar los artículos según su importancia y Crear una lista de materiales principales que siempre están incluidos en las obras de instalación de gases medicinales y se deben de tener disponibles.
- Validar la factibilidad de la solución propuesta a través de una simulación.

E. Plan de trabajo (PdT)

La Tabla V. Plan de trabajo corresponde a un resumen de las actividades que se deben desarrollar para cumplir cada uno de los objetivos específicos. Cada objetivo específico tiene un entregable que indica su cumplimiento. Como respaldo del plan de trabajo se tiene el Anexo 8. Cronograma plan de trabajo. Donde se puede observar el cronograma de todas las tareas y actividades correspondientes al cumplimiento de cada objetivo específico y que contribuyen al cumplimiento del objetivo general.

TABLA V.
PLAN DE TRABAJO

Objetivo General					
Diseñar un sistema de gestión de inventarios de los materiales para la instalación de líneas de gases medicinales para BAP Ingeniería, utilizando métodos de control de inventarios con el fin de disminuir la discrepancia entre el inventario físico y el inventario registrado en sistema.					
Objetivo Especifico	Área IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable (alcance)	Fecha entrega

Realizar un análisis del comportamiento de demanda actual para determinar el modelo de compra de materiales que se adapte a la naturaleza ETO de la empresa.	2. Operations Research & Analysis	Análisis de datos, métodos estadísticos.	<ul style="list-style-type: none"> Recopilar datos de demanda de los materiales utilizados en la instalación de líneas de gases medicinales. Realizar un análisis estadístico de los datos para identificar patrones y tendencias de los materiales que más se usan. Determinar el modelo de compra que se adapte a la naturaleza de producción bajo pedido ETO (<i>Engineering-To-Order</i>) de la empresa. 	Informe de análisis de demanda y modelo de compra adaptado a la naturaleza ETO.	20 de mayo de 2024
Analizar y evaluar los métodos de costeo, tanto de tener (costos de almacenamiento) como de pedir (costos de realizar pedidos), que sea idóneo con el modelo de compra a determinar.	3. Engineering Economic Analysis	Análisis de costos, métodos de evaluación financiera.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis detallado de los costos asociados con el almacenamiento y de pedidos de los materiales Evaluar el método de costo ABC (<i>Activity-Based Costing</i>). 	Evaluación de los métodos de costeo y recomendaciones para el modelo de compra.	20 de mayo de 2024
Incorporar análisis ABC y Crear una lista de materiales principales que siempre están incluidos en las obras de instalación de gases medicinales y se deben de tener disponibles.	1. Work desing and Measurement	Análisis ABC, identificación de materiales críticos.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis ABC para clasificar los materiales utilizados en la instalación de líneas de gases medicinales en función de su importancia relativa. Identificar los materiales principales que siempre están incluidos en las obras y que deben estar disponibles en el inventario de manera regular. Crear una lista de materiales principales y establecer políticas de inventario específicas para garantizar su disponibilidad. 	Lista de materiales principales y categorización ABC	20 de mayo de 2024
Validar la factibilidad de la solución propuesta a través de una simulación.	2. Operations Research & Analysis	Modelado y simulación, análisis de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar un modelo de simulación que represente el sistema de gestión de inventarios propuesto Ejecutar la simulación y recopilar datos de desempeño, como el nivel de servicio al cliente, los costos de inventario y las discrepancias entre el inventario físico y el registrado en el sistema. Analizar los resultados de la simulación para evaluar la eficacia y la factibilidad de la solución propuesta. 	Informe que valide la solución propuesta y recomendaciones para su implementación.	20 de mayo de 2024

IV. MEJORAR

A. Análisis de Demanda

En el proceso de desarrollo de la alternativa seleccionada, se ha llevado a cabo un análisis de demanda como punto de partida fundamental. Este análisis se ha orientado hacia la comprensión de las necesidades y el comportamiento de los materiales específicos requeridos para las obras de instalación de líneas de gases medicinales. La finalidad de este análisis es proporcionar información esencial que pueda orientar las decisiones estratégicas de la empresa, particularmente en lo que respecta a la planificación de pedidos para mantener un inventario adecuado en el almacén y garantizar un suministro fluido para las obras planificadas.

Es importante destacar que este procedimiento de análisis de demanda no se limita a una evaluación superficial de la demanda general de materiales, sino que se centra específicamente en los requerimientos de las obras de instalación de líneas de gases medicinales. Esto se debe a que los materiales utilizados en este tipo de obras pueden diferir significativamente de otros materiales utilizados como son materiales de construcción y herramientas que también se utilizan en estas obras de instalación, pero responden a otros factores, lo que justifica un enfoque separado y específico (ver Anexo 9. DATA-2023).

Para llevar a cabo este análisis de demanda, se ha implementado un proceso de clasificación y organización de los materiales. Se han examinado los datos históricos de materiales utilizados en las obras realizadas durante el año 2023, lo que ha permitido identificar patrones de demanda y tendencias estacionales. Estos datos se han organizado según el nombre del material y su demanda en diferentes períodos, con base en meses (ver Anexo 9. DATA-2023 DEPURADOS).

Una vez completado este proceso de organización de la información, se procede a calcular una serie de parámetros estadísticos clave que ayudan a caracterizar y comprender la demanda de los materiales en cuestión (ver Anexo 9. CLASIFICACIÓN):

- **Promedio de demanda:** Este parámetro proporciona una medida central que indica el valor típico de la demanda de los materiales durante los períodos analizados.
- **Desviación estándar:** La desviación estándar representa la variabilidad o dispersión de los datos de demanda en relación con el promedio. Una desviación estándar alta sugiere una mayor variabilidad en la demanda, mientras que una baja indica una mayor consistencia.
- **Coefficiente de variación:** Este indicador relativo expresa la desviación estándar como un porcentaje del promedio, lo que proporciona una medida de la variabilidad relativa en relación con el tamaño promedio de la demanda. Un coeficiente de variación más bajo indica una mayor estabilidad en la demanda, mientras que uno más alto sugiere una mayor volatilidad.

Teniendo en cuenta estos parámetros se organiza los diferentes materiales de acuerdo con su coeficiente de variación y el promedio de demanda con el fin de determinar cuáles son los materiales que tienen una alta demanda, es decir, que deben tener una buena disponibilidad en el almacén, así como su variación para determinar una política de pedido adecuada.

La clasificación se evidencia a través de la asignación de colores de acuerdo con el nivel en el que se clasificarán por su coeficiente de variación como se observa en la Tabla VI.

TABLA VI.
CLASIFICACIÓN DE MATERIALES

CV MENOR A 1	N5
CV ENTRE 1 Y 1,5	N4
CV ENTRE 1,5 Y 2	N3
CV ENTRE 2 Y 2,5	N2
CV ENTRE 2,5 Y 3	N1

B. Análisis ABC

El análisis de ABC se realiza con el fin de optimizar la gestión de inventarios, donde se busca la revisión y ajuste de niveles de inventario según la clasificación obtenida, la optimización de los niveles de inventario para garantizar la disponibilidad de materiales críticos, la implementación de políticas de control de inventario más eficientes, la negociación de acuerdos con proveedores y la implementación de herramientas avanzadas de pronóstico de demanda.

El análisis ABC es una técnica de clasificación utilizada en la gestión de inventarios que permite asociar los “SKU (stock-keeping units)” o artículos de un inventario clasificándolos en una clase basado en su importancia para la empresa.

El análisis ABC se basa en el principio de Pareto, el cual un concepto teórico, donde un fenómeno del 80% de los resultados provienen del 20% de los esfuerzos, sin embargo, para BAP ingeniería se optó en dividir el grupo de artículos en 3 subgrupos:

- **Categoría A:** Los artículos que aportan el 43,3% del valor total se clasifican como A.
- **Categoría B:** Los artículos que aportan el 30,2% del valor total se clasifican como B.
- **Categoría C:** Los artículos que aportan el 23,9% del valor total se clasifican como C.

Como se observa en el Anexo 10, en el caso de BAP ingeniería, la clasificación se basa en los costos del artículo a analizar. El 80% del valor total son del 20% de los artículos, esto es, permite enfocar los artículos más importantes (Categoría A). Conociendo los artículos de este grupo, se pueden implementar estrategias de control más precisas para reabastecer a tiempo o mantener un SS (stock de seguridad) más alto. Como el 20% de artículos se encuentran en la categoría A, optimizando niveles de inventarios, reduciendo costos de almacenamiento, permitiendo liberar capital para nuevas inversiones. En la Fig 11. Diagrama de Flujo de Análisis ABC BAP Ingeniería, se muestra el paso a paso de esta clasificación que permite dar información precisa para tomar decisiones sobre la gestión del inventario, mejorando el control y obteniendo una mejor visibilidad sobre los artículos más importantes para la rotación de inventarios en la empresa. Para llenar la tabla (ver Anexo 11. Hoja 1):

1) Identificar los ítems:

En la columna B de la tabla, se debe registrar de forma precisa todos los materiales utilizados únicamente para las instalaciones de gases medicinales que se van a analizar, en la columna C se incluye su unidad de medida (es importante que la unidad de medida sea coherente con los demás materiales) y en la columna D su precio unitario.

2) Calcular su demanda:

En las columnas E-P, se ingresan la cantidad de unidades que se vendieron/utilizaron durante el periodo de meses registrado (máximo 1 año).

3) Calcular las unidades totales vendidas/utilizadas:

En la columna Q, se encuentra el total de cada material que se vendió/utilizó en el año. (Calculo automático)

4) Calcular el Ranking:

En la columna A, el ranking permite organizar los datos según su participación en el total de ventas/utilización en el periodo escogido, se organiza de mayor a menor. (Calculo automático)

5) Calcular el costo porcentual:

En la columna de la R, la tabla calcula el valor total que representa el valor unitario*el total (vendido/utilizado) en el periodo. En la columna S, se encuentra el costo porcentual que permite conocer la participación monetaria de ese material sobre la cantidad monetaria total. (Calculo automático)

- **Resultados:**

1) Cantidad de productos:

Esta columna permite observar cuantos artículos se encuentran en cada clase (A, B y C). La participación permite conocer la relación de las diferentes categorías de artículos con el total de artículos registrados

2) Porcentaje de Costo:

Esta columna permite observar la participación de costo de cada categoría sobre el costo total de artículos registrados.

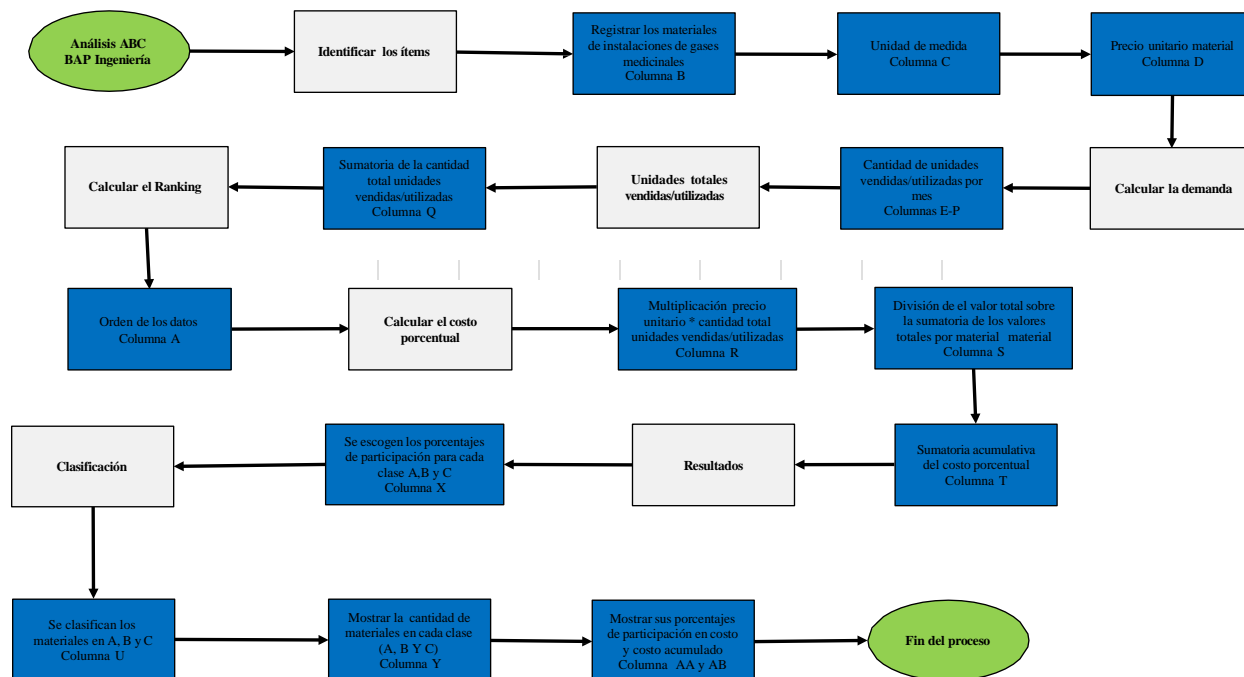


Fig. 11. Diagrama de Flujo de Análisis ABC BAP Ingeniería

C. Costos de Inventario

De acuerdo con los procedimientos establecidos, la determinación y clasificación de materiales requiere el uso de dos indicadores con el fin de prever y observar la variabilidad de los materiales. En el ámbito de la gestión de inventarios, se emplean métodos de costeo que son fundamentales. El costo de pedir se refiere a los gastos asociados con la realización de un pedido de reposición de inventario, lo cual incluye los costos administrativos relacionados con la preparación y procesamiento del pedido, así como los costos de transporte asociados con la entrega de los productos al lugar de almacenamiento.

Por otro lado, el costo de mantener representa los gastos vinculados con la conservación de inventario en el almacén. Este aspecto engloba una variedad de costos, tales como el costo de almacenamiento físico, el costo de capital para financiar el inventario, así como los costos asociados con el deterioro o la obsolescencia de los productos almacenados. En este contexto, se elabora una hoja de cálculo en Excel, adjunta en el Anexo 12, para calcular los costos de pedir (h) y mantener (k). Este documento consta de tres páginas que corresponden al cálculo de h y k. En la primera página, se encuentra una tabla denominada "cálculo de tasas", donde se describe cómo obtener y calcular cada tasa. De acuerdo con la descripción de cada tasa, el operador debe proporcionar los datos en las casillas correspondientes. A continuación, podemos ver la Tabla VII. que describe cómo podemos encontrar las tasas necesarias para el cálculo del costo capital.

TABLA VII.
TASAS DEL COSTO CAPITAL

Término	Descripción	Qué hacer para obtener/calcular	¿La empresa ya debería tenerlo?
Tasa de Utilidad de la Empresa	Porcentaje de ingresos que se convierte en utilidad. Incluye margen de utilidad bruta, operativa y neta.	Calcular utilizando información de ingresos, costos y utilidades del estado de resultados de la empresa.	Sí, desde estados financieros
Tasa de Riesgo para Empresas en Colombia	Nivel de riesgo asociado con invertir o hacer negocios en Colombia.	Consultar fuentes externas: Banco de la República, agencias de calificación crediticia, índices de riesgo país.	No, requerirá investigación
Tasa de Riesgo Adicional para Empresas Pymes	Riesgo adicional asociado con pequeñas y medianas empresas.	Consultar informes de bancos, consultoras, estudios de riesgo para pymes y agencias gubernamentales.	No, requerirá investigación

Para facilitar la aplicación efectiva de este método, se ha incorporado plantillas específicas, el Anexo 12. Plantilla - Procedimiento para calcular el costo de pedir (k) y costo de mantener (h), está diseñado para recopilar los datos necesarios y calcular los indicadores. Proporcionarán las herramientas necesarias para documentar y monitorear el desempeño del inventario, asegurando una toma de decisiones informada.

Costo de Operación [COP]		
1. Número promedio de compras anuales (A,B y C):		1040
2. Horas dedicadas promedio a esta acción:		8
3. Horas de trabajo a la semana:		48
4. Número de veces que realizo la acción de pedir en el mes:		3
5. Número de encargados en el área de compras:		3
6. Valor nomina encargado 1:	\$ 1.000.000,00	500000
7. Valor nomina encargado 2:	\$ 800.000,00	400000
8. Valor nomina encargado 3:	\$ 820.000,00	410000
9. Costo Total:	\$ 1.310.000,00	
Costo Tecnología departamento de compras:		
1. Número de computadores (depreciación 5 años):		4
2. Precio compra:	\$ 390.000,00	
3. Costo Total:	\$ 26.000,00	
Costo de Área departamento de compras		
1. Costo de Área M ²	\$ 120.000,00	
2. Costos indirectos [Telefono, Luz, Papel, Agua, Internet]	\$ 200.000,00	
Costo Total de pedir:		\$ 1.592,31

Fig. 12 Plantilla Costos de Pedir

La Fig.12 presenta una plantilla destinada a recopilar datos esenciales para generar indicadores relevantes en el contexto operativo. Esta herramienta consta de tres secciones clave: "Costo de Operación", "Costo de Tecnología" y "Costo de Área del Departamento de Compras". En la primera sección, se detallan los costos inherentes al proceso de pedido, mientras que en la segunda sección se contabiliza la depreciación de los equipos utilizados. Por último, en la tercera sección se analizan los costos asociados con el departamento de compras, tanto directos como indirectos. Cumplimentar meticulosamente esta plantilla facilita la obtención de datos precisos para calcular los indicadores pertinentes, lo que permite una gestión eficaz de recursos y costos relacionados con la gestión de pedidos y el inventario.

D. Periodo de Revisión

Considerando la naturaleza Engineer-to-Order (ETO) de la empresa, así como las herramientas disponibles para la ejecución de sus actividades, se considera apropiado utilizar el método de periodo de revisión para la gestión de inventarios. Este método se basa en revisar y ajustar los niveles de inventario a intervalos de tiempo preestablecidos, como semanal, quincenal o mensualmente. Durante cada revisión, se evalúan los niveles actuales de inventario y se toman decisiones de reposición para alcanzar los niveles deseados.

Al combinar la clasificación ABC con el análisis de demanda, se puede desarrollar políticas de inventario más precisas y adaptadas a los requerimientos de la empresa. Esta integración permite ajustar los periodos de revisión y los niveles de inventario de seguridad de manera que reflejen tanto la importancia estratégica de los materiales como la incertidumbre en su demanda. La clasificación ABC identifica la prioridad y el valor de los materiales, mientras que el análisis de demanda proporciona una comprensión detallada de cómo varía la demanda de estos materiales a lo largo del tiempo. Juntos, estos métodos permiten una gestión de inventarios más robusta, asegurando que los recursos críticos estén disponibles cuando se necesitan.

1) Gestión de Categorías

- **Clase A:** Coeficiente de variación entre 1 y 2.43.

Gestión: Requieren una atención constante y un control estricto. Los inventarios de Clase A deben ser revisados con mayor frecuencia para asegurar su disponibilidad, ya que cualquier escasez podría tener un impacto significativo en las operaciones.

- **Clase B:** Coeficiente de variación entre 1.91 y 3.46

Gestión: Estos materiales requieren un control intermedio, con revisiones periódicas menos frecuentes que los de Clase A, pero más frecuentes que los de Clase C. La gestión eficiente de estos inventarios puede contribuir significativamente a la reducción de costos operativos.

- **Clase C:** Coeficientes de variación superiores a 3.46.

Gestión: Dado que su demanda es demasiado baja y su variabilidad alta no se mantiene inventario de estos materiales y solo se abastece cuando se necesita y en las cantidades requeridas.

E. Planeación de pedidos

Cuando el coeficiente de variación de la mayoría de los materiales es alto, esto indica una gran variabilidad en la demanda a lo largo del tiempo. En tales casos, los métodos de pedido convencionales pueden no ser los más adecuados, ya que se basan en suposiciones de demanda relativamente estable. Es por ello que se ha decidido implementar una política de pedido heurística tomando como referencia la métrica del coeficiente de variación que se observa en la fig. 13.

$$SCV = \frac{\sigma_a^2}{\bar{a}^2}$$

$SCV < 0.2 \rightarrow$ Usar reglas simples (EOQ).

$SCV \geq 0.2 \rightarrow$ Usar heurísticas.

Fig.13. Métrica del SCV [21]

Una política de pedido heurística es útil cuando la demanda es volátil o no se dispone de datos históricos suficientes para realizar un análisis predictivo preciso, en la actualidad se tienen diferentes heurísticas que se pueden utilizar para una demanda

volátil como “*Period Order Quantity (POQ)*”, “*Least Unit Cost heuristic (LUC)*”, “*Part-Period Balancing (PPB)*”, las cuales se testearon y evaluaron en 20 diferentes problemas dando los resultados observados en la Tabla VIII.

TABLA VIII.
DESEMPEÑO DE HEURÍSTICAS EN 20 PROBLEMAS SELECCIONADOS [21]

<i>Heuristic</i>	<i>Number Optimal</i>	<i>Average Percent Error (%)</i>
POQ	7	10.004
LUC	8	9.303
PPB	16	1.339
Silver-Meal	14	0.943

En este caso particular, se ha optado por la heurística Silver-Meal, desarrollada por E.A. Silver y H.C. Meal en 1973, la cual ha demostrado un excelente desempeño especialmente en situaciones donde la demanda experimenta variaciones significativas. Este método se fundamenta en la minimización de los costos totales asociados con el mantenimiento y el pedido de inventario por unidad de tiempo.

El enfoque del método Silver-Meal radica en emitir un pedido en el primer período de manera que su tamaño sea suficiente para cubrir las demandas de los períodos siguientes, de manera secuencial. Luego, se calcula el costo total de cubrir cada demanda en un período específico con el pedido emitido en el primer período, así como el costo total por unidad de tiempo, dividiendo dicho costo total por el período deseado [22].

Es importante resaltar que este modelo se aplica únicamente a los materiales necesarios para la instalación de gases medicinales que presentan una alta demanda, es decir los que se encuentran en Nivel 5 y Nivel 4 dentro de la clasificación. La elección de esta heurística se basa en su capacidad demostrada para gestionar eficazmente la variabilidad de la demanda, lo que garantiza una gestión óptima de inventario y un equilibrio adecuado entre los costos de almacenamiento y de falta de existencias (ver Anexo 9. CLASIFICACIÓN).

Para esto se ha desarrollado el Anexo 13. PLANTILLA PARA GESTIÓN DE PEDIDOS, en la hoja S-M en donde se puede seguir el paso a paso para aplicar este método de pedido de manera práctica para los materiales clasificados como nivel 5 y 4. Está compuesto por dos partes como se observa en la fig.14 CALCULO DE SILVER-MEAL, la primera parte en donde se registra los requerimientos, los pendientes por recibir, los ajustes posibles, el inventario en almacén, y las ordenes planeadas por recibir; adicionalmente y resaltadas de azul las filas ya formuladas de cálculo automático como el inventario en diferentes periodos, el requerimiento neto, el balance, todo esto dándonos como resultado la guía para las órdenes a pedir en los periodos apropiados. Y la segunda parte que es donde de acuerdo con los requerimientos netos resultantes se calcula el SM que es el que nos dará la información de cuanto pedir y que periodos satisfacer que posteriormente se ingresaran en la casilla de órdenes a pedir, dándonos como resultado la planeación de 1 mes para un material en específico. Para facilitar la comprensión de la ejecución de este método de planificación, se adjunta un ejemplo práctico en el Anexo 13, denominado Ejemplo SM. En la misma plantilla se incluye también una adaptación de la planificación por días para casos específicos que lo requieran.

CONTROL EN MESES													
REGISTRO 1	SILVER-MEAL		Led Time	1	SS	10							
SOLDADURA PLATA PLANA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos		50	60	70	60	95	75	60	55	60	85	90	50
Pendientes por recibir							20			10			
Ajuste de Pendientes por recibir						20		10					
En inventario	40	-10	-70	-140	-200	-275	-350	-400	-455	-515	-600	-690	-740
Requerimiento neto		10	60	70	60	95	75	60	55	60	85	90	50
Balance		190	130	60	0	250	400	340	285	225	140	50	0
Ordenes planeadas a recibir		200				345	225						
Ordenes planeadas a pedir		0	0	0	345	225	0	0	0	0	0	0	0

REGISTRO 1	
Costo de pedir (k)	47
Costo de Mantener (h)	0,05

RESULTADO							
Para este ejercicio donde se hace una simulación de demanda de la Soldadura plata plana el plan de pedidos resultante del metodo S-M es pedir: 200 unidades para el mes 1, 345 unidades en el mes 5 y 225 unidades en el mes 6.							

Desde periodo 1 hasta...							
t	Periodo	Net	Acum	K	h	Costo total	SM
1	1	10	10	0	-	-	-
2	2	60	70	47	3,00	50	25,0
3	3	70	140	47	10	57	19,0
4	4	60	200	47	19	66	16,5
5	5	95	295	47	38	85	17,0
6	6	75	370	47	57	104	17,3
7	7	60	430	47	75	122	17,4
8	8	55	485	47	94	141	17,6
9	9	60	545	47	118	165	18,3
10	10	85	630	47	156	203	20,3
11	11	90	720	47	201	248	22,6
12	12	50	770	47	229	276	23,0

Desde periodo 5 hasta...							
t	Periodo	Net	Acum	K	h	Costo total	SM
1	5	95	95	47	-	47	47,00
2	6	75	170	47	4	51	25,38
3	7	60	230	47	10	57	18,92
4	8	55	285	47	18	65	16,25
5	9	60	345	47	30	77	15,40
6	10	85	430	47	51	98	16,38
7	11	90	520	47	78	125	17,89
8	12	50	570	47	96	143	17,84

Desde periodo 10 hasta...							
t	Periodo	Net	Acum	K	h	Costo total	SM
1	10	85	85	47	-	47	47,00
2	11	90	175	47	5	52	25,75
3	12	50	225	47	10	57	18,83

Fig. 14. CALCULO DE SILVER-MEAL

Para los materiales de clasificación de Nivel 1, 2 y 3 se ha optado por la regla de pedidos **Lot for Lot**, que es una regla sencilla que consiste en realizar pedidos iguales a las necesidades netas de cada periodo, minimizando así los costos de mantenimiento del inventario. Sus características principales son:

- Pedir exactamente lo necesario sin tener que trasladar inventario a periodos futuros.
- Minimizar al máximo los costos de mantenimiento.

Esta estrategia puede ser beneficiosa en una empresa de naturaleza "Engineer-to-Order (ETO)" por varias razones:

Personalización de productos: Dada la naturaleza ETO de BAP Ingeniería, los materiales utilizados en la obra de instalación son muy específicos en cada una de ellas dependiendo del tipo de obra, área a intervenir, etc, siendo obras altamente personalizadas y diseñadas según las especificaciones exactas del cliente. Esto significa que los requerimientos pueden ser únicos y difícil de predecir. La regla de pedido "lote por lote" permite a la empresa adquirir los materiales necesarios exactamente cuándo se necesitan, evitando la acumulación de inventario no utilizado y reduciendo el riesgo de obsolescencia de los materiales.

Flexibilidad en la gestión de proyectos: En un entorno ETO, los proyectos pueden tener plazos y requisitos variables. La regla de pedido "lote por lote" permite a la empresa adaptarse rápidamente a los cambios en los proyectos al evitar la necesidad de mantener grandes cantidades de inventario en stock. Esto puede ayudar a reducir los costos asociados con el almacenamiento y la gestión de inventarios, así como a mejorar la eficiencia operativa al minimizar el desperdicio y la obsolescencia.

En el Anexo 13. PLANTILLA PARA GESTIÓN DE PEDIDOS, en la hoja denominada LXL, se presenta un paso a paso para la aplicación práctica de este método de pedido, como se muestra en la Figura 15. Para facilitar la comprensión de la ejecución de este método de planificación, se adjunta un ejemplo práctico en el Anexo 13, titulado "Ejemplo LXL". Asimismo, la misma plantilla incluye una adaptación para la planificación por días en casos específicos que lo requieran.

CONTROL EN MESES													
	LXL: Pido lo que necesito		Led Time		SS								
VALVULA BOLA MARIPOSA 1/2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos		5	2	7	6	10	11	24	5	6	8	10	11
Pendientes por recibir			4				10			20			
Ajuste de Pendientes por recibir				4		10							
En inventario	40	35	33	30	24	24	13	-11	-16	-2	-10	-20	-31
Requerimiento neto		0	0	0	0	0	0	11	5	2	8	10	11
Balance		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ordenes planeadas a recibir								11	5	2	8	10	11
Ordenes planeadas a pedir		0	0	0	0	11	5	2	8	10	11	0	0

RESULTADO

Para este ejercicio donde se hace una simulación de demanda de la **Valvula bola mariposa 1/2** el plan de pedidos resultante del metodo LXL es pedir: 11 unidades en el mes 5, 5 unidades en el mes 6, 2 unidades en el mes 7, 8 unidades en el mes 8, 9 unidades en el mes 10 y 11 unidades en el mes 10.

Fig. 15. CALCULO DE LXL

F. Cálculo de inventario de seguridad

El inventario de seguridad es fundamental para el diseño propuesto, ya que protege contra la variabilidad de la demanda, actuando como un “colchón” para que la empresa pueda cumplir la demanda en épocas de alta incertidumbre. Además, facilita la planificación, evitando ajustes urgentes a los niveles de inventarios. El resultado de la simulación realizada para calcular el inventario de seguridad se presenta en la Tabla IX. Inventario de seguridad basado en datos reales. Cálculo de inventario de seguridad basado en datos reales (Ver Anexo 10. INV SEG)

TABLA IX.
INVENTARIO DE SEGURIDAD BASADO EN DATOS REALES

MATERIAL	UM	IS	Variabilidad
SOLDADURA PLATA PLANA	UND	50	69.44
TUERCAS 3/8"	UND	49	79.68
TUBERÍA 1/2"	MTS	71	137.49
CODOS 1/2"	MTR	38	57.34
TUERCAS 1/4"	UND	46	87.20
TUBERÍA 3/4"	MTS	38	70.26
ABRAZADERA EN U 1/2"	UND	21	31.07
CODOS 3/4"	UND	21	37.81
UNION DE COBRE ½	UND	17	27.26
ABRAZADERA EN U 3/4"	UND	20	33.94
ARANDELA 3/8	UND	20	32.22
ARANDELA 2"3/8	UND	13	22.03
TOMA DE OXIGENO	UND	16	33.74
TUBERIA DE COBRE TIPO L 3/4"	MTS	13	22.10
TEE COBRE ½	UND	9	13.72
TEE COBRE ¾	UND	12	21.69
TUBERIA DE COBRE TIPO L 1/2"	MTS	8	13.06

CODOS 1"	UND	8	14.01
REDUCCION 3/4 - 1/2	UND	8	16.11
ACOPLE CHEMETRON GENTEC DE VACIO	UND	7	10.35
UNION COBRE ¾	UND	6	10.10
ABRAZADERA DOBLE ALA 1/2"	UND	5	6.40
ABRAZADERA RIEL CHANEL 1"	UND	7	13.76
ABRAZADERAS EN PERA 1/2"	UND	8	10.68
RACOR DE 1/2 - 1/4 (MXM)	UND	8	14.65
RACOR JGE 1/4 NPT 1/2 SOLDEO HEMBRA HEMBRA	UND	7	13.82
REDUCCION DE 1/2 A 3/8	UND	5	7.26
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) OXIGENO	UND	7	12.16
JUEGO DE ORRIN CHEMETRON ALLIED	UND	6	10.23
JUEGO EMPAQUES TOMAS AGA PARED	UND	7	13.27
VALVULA 4 TORNILLOS DE 1/2" SOLDE BRONCE	UND	4	4.62
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) AIRE	UND	4	8.29
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) VACIO	UND	5	8.29
ADAPTADORES MACHO COBRE 1/2"	UND	3	3.88
ACOPLE CHEMETRON GENTEC DE OXIGENO	UND	4	6.89
COPA RED COBRE 1/2 A 3/8	UND	3	4.26
COPA REDUCCION 3/4" A 1/2"	UND	3	4.18
JUEGO DE ORRING PARA TOMA DISS OXIGENO	UND	4	7.46
JUEGO EMPAQUES TOMAS AGA CIELITICO	UND	5	8.29
MANOMETRO 0-160	UND	3	6.07
TUBERÍA 1"	MTS	3	5.69
UNION METALICA ¾	UND	4	7.74
VALVULA 1/2	UND	4	6.66
VALVULA 3/4"	UND	4	6.60
VALVULA DE BOLA DE 1/2"	UND	4	6.48
ABRAZADERA DOBLE ALA 3/4"	UND	3	3.73
ABRAZADERA EN U 1"	UND	3	3.73
ABRAZADERA TIPO PERA 3/4"	UND	3	4.15
ADAPTADOR MACHO BRONCE 3/4" A 1/4" HEMBRA	UND	2	3.35
ADAPTADOR AGA A CHEMETRON	UND	3	4.42

G. Simulación - inventario de seguridad

La simulación del inventario de seguridad es una herramienta importante en el contexto del proyecto ya que permite aportar varios beneficios al diseño. Permite calcular un promedio apropiado de inventario de seguridad bajo múltiples escenarios, hallando un valor con mayor precisión, el cual reduce los costos asociados. Se implementó esta herramienta al proyecto (Ver Anexo 14. Simulaciones De Inventario de Seguridad e inversión).

El resultado de la simulación realizada para calcular el inventario de seguridad se presenta en la Tabla X. Inventario de seguridad basado en simulaciones. No se tuvo en cuenta el grupo C de la lista de materiales ya que estos se manejan bajo pedido. Se debe tener en cuenta que el inventario de seguridad se expresa en meses, ya que la rotación del inventario de la empresa es por mes. Se observa que los primeros datos en la tabla presentan una mayor variabilidad en la demanda, es decir, que la incertidumbre en la demanda de estos materiales es alta, por ende, se evidencia más inventario de seguridad para estos artículos.

La simulación se realizó bajo los siguientes parámetros:

- Nivel de servicio del 85%
- Tiempo de entrega de materiales a la empresa de 3 – 5 semanas

TABLA X
INVENTARIO DE SEGURIDAD BASADO EN SIMULACIONES

MATERIAL	UM	IS	Variabilidad
SOLDADURA PLATA PLANA	UND	37	35.2968
TUERCAS 3/8"	UND	41	34.87356
TUBERÍA 1/2"	MTS	67	71.86917
CODOS 1/2"	MTR	30	29.72848
TUERCAS 1/4"	UND	43	40.97254
TUBERÍA 3/4"	MTS	34	36.64433
ABRAZADERA EN U 1/2"	UND	16	16.80633
CODOS 3/4"	UND	19	18.25767
UNION DE COBRE ½	UND	14	13.87236
ABRAZADERA EN U 3/4"	UND	17	18.68892
ARANDELA 3/8	UND	16	15.9554
ARANDELA 2"3/8	UND	11	12.35289
TOMA OXIGENO	UND	17	17.7897
TUBERIA DE COBRE TIPO L 3/4"	MTS	11	10.98473
TEE COBRE ½	UND	7	6.591237
TEE COBRE ¾	UND	11	11.05955
TUBERIA DE COBRE TIPO L 1/2"	MTS	7	6.46424
CODOS 1"	UND	7	7.157847
REDUCCION 3/4 - 1/2	UND	8	8.15339
ACOPLE CHEMETRON GENTEC DE VACIO	UND	5	5.035849
UNION COBRE ¾	UND	5	4.847615
ABRAZADERA DOBLE ALA 1/2"	UND	3	3.219779
ABRAZADERA RIEL CHANEL 1"	UND	7	6.546738
ABRAZADERAS EN PERA 1/2"	UND	5	7.423528
RACOR DE 1/2 - 1/4 (MXM)	UND	7	7.423528
RACOR JGE 1/4 NPT 1/2 SOLDEO HEMBRA HEMBRA	UND	7	6.866802
REDUCCION DE 1/2 A 3/8	UND	4	3.315264
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) OXIGENO	UND	6	6.043972
JUEGO DE ORRIN CHEMETRON ALLIED	UND	5	5.370473
JUEGO EMPAQUES TOMAS AGA PARED	UND	6	7.107538

VALVULA 4 TORNILLOS DE 1/2" SOLDE BRONCE	UND	2	2.374231
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) AIRE	UND	4	4.096779
(ADAPTADOR Y SISTEMA DE SELLO) VACIO	UND	4	4.216394
ADAPTADORES MACHO COBRE 1/2"	UND	2	2.088774
ACOUPLE CHEMETRON GENTEC DE OXIGENO	UND	3	3.848051
COPA RED COBRE 1/2 A 3/8	UND	2	2.35372
COPA REDUCCION 3/4" A 1/2"	UND	2	1.931321
JUEGO DE ORRING PARA TOMA DISS OXIGENO	UND	4	3.848051
JUEGO EMPAQUES TOMAS AGA CIELITICO	UND	4	3.971495
MANOMETRO 0-160	UND	3	2.924021
TUBERÍA 1"	MTS	3	3.08998
UNION METALICA 3/4	UND	4	3.87009
VALVULA 1/2	UND	3	3.68483
VALVULA 3/4"	UND	3	3.399232
VALVULA DE BOLA DE 1/2"	UND	3	3.306928
ABRAZADERA DOBLE ALA 3/4"	UND	2	1.9227
ABRAZADERA EN U 1"	UND	2	1.843305
ABRAZADERA TIPO PERA 3/4"	UND	2	2.134098
ADAPTADOR MACHO BRONCE 3/4" A 1/4" HEMBRA	UND	2	1.729386
ADAPTADOR AGA A CHEMETRON	UND	2	2.202266

H. Registros de Materiales

Se establece un procedimiento para el control de registros de materiales despachados para las obras, para la correcta contabilización de los materiales entregados, utilizados, dañados y devueltos, y así poder garantizar la precisión de los registros en el sistema SAI-OPEN al finalizar la obra. Este protocolo aplica a todos los materiales despachados para obras en BAP Ingeniería, desde su entrega inicial hasta la contabilización final en el sistema SAI-OPEN.

1) Despacho de Materiales

- Verificar y preparar la lista de materiales necesarios para la obra según la planificación y los requerimientos del proyecto.
- Generar una orden de despacho detallada con los materiales a entregar.
- Registrar cada material despachado en un registro temporal, incluyendo cantidades y especificaciones.
- Emitir un recibo de despacho que acompañe los materiales hasta el sitio de la obra.

2) Recepción de Materiales en la Obra

- Al recibir los materiales, el responsable de la obra debe verificar las cantidades y condiciones de los materiales entregados contra el recibo de despacho.
- Registrar cualquier discrepancia o daño observado en el momento de la recepción en el registro temporal.
- Actualizar el registro temporal con las cantidades recibidas y cualquier material reportado como dañado.

3) Uso y Monitoreo de Materiales durante la Obra

- Mantener un registro diario de los materiales utilizados en la obra en el registro temporal.

- Registrar los materiales que resulten dañados durante el uso en la obra, especificando la causa del daño en el registro temporal.

4) *Finalización de la Obra*

- Al finalizar la obra, realizar un inventario final de todos los materiales presentes en el sitio.
- Clasificar los materiales en:

Materiales Utilizados: Materiales efectivamente utilizados en la obra.

Materiales Dañados: Materiales que resultaron dañados durante la obra.

Materiales No Utilizados: Materiales que no se utilizaron y están en buen estado para ser devueltos al almacén.

- Documentar detalladamente el inventario final en el registro temporal.

5) *Devolución de Materiales al Almacén*

- Preparar los materiales no utilizados para su devolución al almacén, asegurando que estén en condiciones óptimas.
- Registrar la devolución de materiales no utilizados en el registro temporal, indicando las cantidades y el estado de cada material.

6) *Actualización del Sistema SAI-OPEN*

- Al finalizar la obra, consolidar todos los registros de materiales utilizados, dañados y devueltos en el registro temporal.
- Generar un reporte final de materiales realmente utilizados en la obra.
- Ingresar todos los datos consolidados del registro temporal en el sistema SAI-OPEN, ajustando los inventarios de acuerdo con el uso real.
- Proceder a dar salida en el sistema SAI-OPEN a los materiales realmente utilizados, actualizando las existencias y registrando los materiales dañados y devueltos.

V. CONTROLAR

A. *Medición de los impactos*

Basándose en la Tabla IX. Inventario de seguridad basado en datos reales y Tabla X. Inventario de seguridad basado en simulaciones, y la lista de valores en el Anexo 14, se calculó el costo para el inventario de seguridad, considerando que el nivel de servicio es del 85% para cada uno de los escenarios donde se puede ver que:

- El costo de inventario de seguridad basado en datos reales: \$ 17 068 984.24
- El costo de inventario de seguridad basado en simulaciones: \$ 17 458 543.61

El costo aproximado de 17 000 000 de pesos (COP) permite que la empresa tenga disponibilidad de materiales de las categorías A y B los cuales tienen una rotación mayor en el inventario, evitando el escenario donde no se encuentra disponible el material, generando tiempos de inactividad o sobrecompra. Por otra parte, modificando los parámetros de la simulación donde el nivel de servicio se reduce al 70%, se observa que el valor mínimo que la empresa debe invertir para un inventario de seguridad es de \$ 9 029 678.21 para el primer año, la simulación se debe realizar anual o mensualmente para mantener la cantidad de inventario de seguridad relevante. El valor mencionado anteriormente es más económico, pero se debe considerar que las cantidades de inventario disminuyen, aumentando el riesgo de no tener disponibilidad en escenarios urgentes.

B. Estandarización de la solución – POE'S

Para asegurar que la solución propuesta no solo corrija el problema de la discrepancia entre el inventario registrado en el sistema y el inventario físico real, sino que también prevenga la reiteración, se ha desarrollado un manual detallado (Ver Anexo 15) que abarca cuatro áreas críticas: Análisis de demanda, Análisis ABC, Plan de pedidos, Políticas de control y Cálculo de costo de mantener y de pedir. Este manual no sólo estandariza los procedimientos operativos, sino que también proporciona reglas claras para la gestión de inventarios de gases medicinales en BAP Ingeniería.

La estandarización es importante para mantener la coherencia y efectividad en los procesos de inventario, asegurando que cada etapa se ejecute de manera controlada y precisa. A través del manual, se establece un marco de referencia que incluye objetivos claros, alcances definidos, responsabilidades asignadas y descripciones detalladas de las actividades. Este enfoque facilita la implementación de las mejores prácticas y minimiza el riesgo de errores operativos.

En la reunión del equipo con la empresa se destacó la importancia de calcular el pago de la deuda, especialmente de mantenimiento de costos y ofertas. Esta es una métrica que la empresa no controla actualmente y es importante para evaluar el costo de mantener inventario no rotado y tomar decisiones sobre el método de pedido más apropiado. Sin estas métricas, la empresa no tiene mucho que decir sobre la gestión de inventario. Los métodos de planificación como "Lot for Lot" y "Silver Meal" pueden resultar muy útiles, se enfocó profundamente en las políticas de registro (ver Anexo 15), donde la directora del equipo de almacenamiento demostró interés con las métricas diseñadas. De esta forma, la empresa puede planificar bien a la hora de determinar la demanda semanal. La implementación de la clasificación ABC permite priorizar elementos esenciales (clasificados como A) y elementos secundarios (clasificados como B). Los artículos con clasificación C se pueden controlar manejando estos artículos bajo pedido ya que su bajo impacto económico y baja demanda, se encuentran disponibles fácilmente a través de proveedores locales. Esto es importante considerando las limitaciones de espacio del almacén.

Asimismo, la importancia de establecer y seguir nuevas políticas de registro y estandarización, asegurando un registro preciso del consumo real de materiales. Este enfoque permitirá una mejor gestión del inventario y un control más riguroso de los recursos utilizados en cada proyecto.

C. Conclusiones

Se diseñó un sistema de gestión de inventarios que considera la variabilidad de la demanda de diferentes materiales, así como su nivel de importancia según el análisis ABC. Este diseño resultó en una clasificación detallada de los materiales, así como su variabilidad de demanda en el tiempo, otorgándoles un nivel de acuerdo con su coeficiente de variación. Esto permitió establecer las métricas del período de revisión como método de gestión, soportado por métodos de planificación de pedidos basados en Silver-Meal y Lote por Lote. Todo esto permite dar una prioridad clara a los materiales, asegurando que los materiales críticos sean gestionados con mayor atención y precisión.

- Análisis del comportamiento de demanda actual, se realizó un análisis del comportamiento de la demanda actual para determinar el modelo de compra de materiales adecuado para la estrategia ETO (Engineer-To-Order). Este análisis permitió identificar patrones de demanda y ajustar los modelos de compra a las especificaciones individuales de cada cliente. Esto resulta en una gestión más precisa y eficiente de los materiales necesarios para las obras de instalación de gases medicinales.
- Evaluación de los métodos de costeo, se analizaron y evaluaron los métodos de costeo tanto de mantener (costos de almacenamiento) como de pedir (costos de realizar pedidos). Se determinó que la combinación de estos métodos con el modelo de compra seleccionado permite una gestión económica y eficiente del inventario, beneficiando la toma de decisiones administrativas y operativas, la implementación de estos métodos permite a BAP Ingeniería asignar valores cuantitativos a las opciones disponibles, mejorando así el proceso de toma de decisiones. Esto facilitó la determinación del inventario de materiales apropiado y el establecimiento de niveles de inventario de seguridad, optimizando los costos operativos
- Incorporación del análisis ABC, se implementó un análisis ABC para clasificar y priorizar los artículos según su importancia, identificando los de alta prioridad (Clases A), prioridad media (Clase B) y prioridad baja (Clase C), Se creó una lista de materiales principales que siempre están incluidos en las obras de instalación de gases medicinales,

asegurando que estos estén siempre disponibles. Esta técnica de clasificación ayuda a enfocar los recursos y esfuerzos en los materiales más críticos, mejorando la gestión del inventario.

- Validación de la solución propuesta, la solución del sistema de gestión de inventarios fue validada a través del método de evaluación de expertos, en este caso de la identidad involucrada BAP Ingeniería, los cuales evaluaron la factibilidad del proyecto. Esta validación demostró que el sistema propuesto es efectivo para reducir la discrepancia entre el inventario físico y el inventario registrado, y para mejorar la precisión y confiabilidad del sistema de gestión de inventarios.

D. Recomendaciones

- La implementación del sistema de código de barras puede hacer un impacto significativo positivo en la empresa, ya que permite rastrear inventarios con precisión, la ubicación y cantidad de cada producto, facilitando la identificación de los elementos en el almacén. Además, el sistema código de barras permite agilizar procesos de almacenamiento y despacho de los productos, reduciendo tiempos de procesamiento. Finalmente, permite mejorar la planificación de pedidos ya que, al tener información precisa sobre el inventario actual, se puede identificar rápidamente los niveles de inventario de cada producto, realizando pedidos en los momentos adecuados, evitando el exceso de inventario y falta de producto.
- El sistema SharePoint de Microsoft es una plataforma en línea creada por Microsoft que permite gestionar contenido, colaboración y construcción de aplicaciones empresariales. Se fundamenta en ayudar a las organizaciones a almacenar, organizar y compartir información, y facilitar la colaboración entre los departamentos de una empresa. Se considera una herramienta fundamental para la implementación del diseño realizado en el documento, asegurando que todos tengan acceso a la información actualizada en tiempo real. Además, fomenta la colaboración y comunicación entre departamentos, permitiendo crear sitios de equipo donde se comparten actualizaciones, tareas, documentos y noticias relacionadas con la información del inventario, mejorando la coordinación entre departamentos. Por cada usuario, se debe contar con uno de los siguientes requerimientos para acceder a él:
 - Navegadores como: Microsoft Edge, Safari, Google Chrome, Mozilla Firefox.
 - Microsoft Office: Office 2019 o Microsoft 365 para la integración completa.

Sharepoint ofrece programas para empresas, ofreciendo una creación de equipos basado en las necesidades de la empresa:

- Microsoft 365 Business Standard: \$12.50 USD por usuario/mes
 - Incluye todo lo de Business Basic.
 - Aplicaciones de Office instalables (Word, Excel, PowerPoint, Outlook).
 - Herramientas de colaboración adicionales.
- Microsoft 365 Enterprise (E1, E3, E5):
 - E1: \$10 USD por usuario/mes
 - Funcionalidades básicas de protección de datos, archivado, auditoría y análisis.
 - E3: \$23 USD por usuario/mes
 - Funcionalidades avanzadas de protección de datos, prevención de pérdida de datos, cumplimiento y análisis con Power BI Pro y MyAnalytics.
 - E5: \$38 USD por usuario/mes
 -

Funcionalidades más avanzadas de seguridad, cumplimiento y análisis, incluyendo Microsoft Defender for Office 365 Plan 2, Azure ATP, Power BI Premium y Workplace Analytics.

- La contratación de hasta de una persona adicional especializada en gestión de inventarios y planeación junto al almacenista formarán un equipo inicial, servirá como base para futuros desarrollos más profundos del proyecto. El candidato debería poseer un sólido conocimiento o identificación de los modelos y técnicas avanzadas de gestión de inventarios, así como experiencia en estrategias de mercadeo para identificar y aplicar el modelo más adecuado en el entorno de almacenamiento. Este personal jugará un papel crucial en la gestión del incremento del volumen de trabajo derivado de la expansión del

almacén y la implementación del nuevo sistema de códigos de barras, asegurando precisión y eficiencia en nuestras operaciones, también se puede capacitar al operador actual y es recomendable visto que ya conoce la operación y los procesos en esa área.

La principal responsabilidad del personal adicional será garantizar que todos los documentos y formatos requeridos, además de los registros del módulo o software de inventario como SAI Open, se completen correctamente. Esto fomentará una comunicación efectiva entre el equipo gerencial y operativo, asegurando una ejecución fluida de las actividades diarias. Se recomienda también el uso de técnicas de ingeniería específicas, como análisis de sistemas, optimización de procesos y métodos de simulación, para mejorar la eficiencia operativa y la integración de sistemas. Estas prácticas probadas facilitarán una gestión eficiente del inventario y una adaptación efectiva a las demandas cambiantes y su planeación adecuada. La contratación de este personal no solo fortalecerá nuestras capacidades internas, sino que también asegurará un cumplimiento riguroso de los estándares operativos, contribuyendo al éxito continuo de nuestras operaciones de almacenamiento.

VI. GLOSARIO

Sistema de gestión de inventarios: Un sistema de gestión de inventarios es un conjunto de procesos y herramientas utilizados para administrar y controlar el inventario de una empresa. La gestión de inventarios implica el seguimiento y control de los productos o materiales disponibles, así como la planificación de las compras, el almacenamiento y la distribución [17].

Desfase de inventarios: El desfase de inventarios se refiere a las diferencias que pueden existir entre la cantidad de inventario registrada en el sistema y la cantidad física de inventario que se encuentra en el almacén.

Control de inventarios: El control de inventarios se refiere al conjunto de procesos y herramientas utilizados para administrar y supervisar el inventario de una empresa. El objetivo principal del control de inventarios es garantizar que la cantidad de productos o materiales disponibles en el almacén coincida con la cantidad registrada en el sistema [18].

Software SAI-Open: Está diseñado para ofrecer a las pequeñas y medianas empresas una herramienta integral que facilite la productividad, efectividad y competitividad del negocio. Por su diseño en línea permite consultar la información oportuna en el momento que se necesite. SAI-OPEN se adapta a los parámetros y procesos del nuevo marco normativo para la preparación y presentación de su información financiera bajo NIIF [19].

Las herramientas de ingeniería industrial IISE: Estos documentos representan un repositorio de información esencial para ISE y se componen de áreas de conocimiento que representan una taxonomía de conceptos relevantes de ingeniería industrial y de sistemas. El Cuerpo de Conocimiento de Ingeniería Industrial y de Sistemas (ISEBoK) está compuesto por catorce áreas de conocimiento. Cada área de conocimiento está representada por un esquema que define lo que se necesita saber para lograr un dominio en el campo de la ISE [20].

Stock-keeping units (SKU): "Un código SKU es un número de referencia único que se utiliza en una tienda o empresa para identificar una unidad de venta. Cada ítem o elemento que forma parte del stock tiene su propio código SKU, lo que facilita su identificación y diferenciación del resto de productos o elementos con los que se trabaja [22].

Inventario de seguridad: Es aquel stock extra que tiene un almacén o depósito para utilizarlo si acontecen eventos imprevistos, tales como retrasos con los proveedores o una variación en la demanda (que esta aumente) [23].

VII. REFERENCIAS

- [1] Minsalud, Análisis de impacto normativo estabilidad de gases medicinales 2022. [En línea]. Disponible: AIN GASES MEDICINALES CONSULTA PUBLICA 2022-03-07.pdf (minsalud.gov.co) [Último acceso: octubre 2023]
- [2] BAP Ingeniería, Catalogo de presentación BAP Ingeniería. [En línea]. Disponible: <https://bapingeneria.com.co/> [Último acceso: septiembre 2023]
- [3] Levy, Inventory Management: Principles, Concepts and Techniques, Springer New York, NY, 2000.
- [4] S. Chopra and P. Meindl, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, 6ta ed., Pearson Education, 2015.
- [5] J. Heizer and B. Render, Principios de administración de operaciones, 7ma ed., Pearson Education, México, 2009.
- [6] V. H. Mendoza Ríos, Qué Son los Stakeholders y Métodos para su Análisis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, [En línea]. Disponible: <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/stakeholders-metodos/>. [Último acceso: septiembre 2023]
- [7] BAP Ingeniería, Empalme de Registros de inventario a 30 diciembre 2022, Registros BAP Ingeniería. 2022.
- [8] Aswath Damodaran, Damodaran Online, Universidad de Nueva York, [En línea]. Disponible: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/home.htm. [Último acceso: octubre 2023]
- [9] MIRO, MIRO Online, [En línea]. Disponible: <https://miro.com/es/diagrama/que-es-diagrama-sipoc/>. [Último acceso: octubre 2023].
- [10] PRICING, Revenue Managemet, [En Línea]. Disponible: <https://www.pricing.cl/conocimiento/costos-de-inventario/S>. [Último acceso: octubre 2023].
- [11] S. Van der Auweraer, S. Zhu, and R. N. Boute, “The value of installed base information for spare part inventory control,” International Journal of Production Economics, vol. 239, p. 108186, 2021. doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108186
- [12] A. A. Correa Espinal, R. A. Gomez Montoya, and J. A. Cano Arenas, “Gestión de Almacenes y Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC),” Estudios Gerenciales. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S012359231070139X>. [Último acceso: octubre 2023]
- [13] M. Buckner, R. Crutcher, M. R. Moore, and B. Whitus, “MICLOG RFID tag program enables Total Asset Visibility,” MILCOM 2002. Proceedings. doi:10.1109/milcom.2002.1179691
- [14] S. C. Ptak and C. Smith, “Product structure data,” McGraw-Hill Education - Access Engineering. [En Línea]. Disponible: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781264264575/chapter/chapter3?implicit-login=true>. [Último acceso: noviembre 2023]

- [15] V. M. P. Carvajal, M. E. A. Sanabria, D. J. G. Costain, and V. A. M. Jácome, “Control de inventario para la acertada toma decisiones gerenciales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de babahoyo,” Zenodo. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5507434>. [Último acceso: noviembre 2023]
- [16] M. Braid, “Inventory costs and the optimal spacing of retail stores,” *Economics Letters*, vol. 58, no. 1, pp. 127–131, 1998. doi:10.1016/s0165-1765(97)00230-9
- [17] IBM, ¿Qué es la gestión de inventario? [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/es-es/topics/inventory-management>. [Último acceso: noviembre 2023]
- [18] SEIDOR, ¿Qué es el control de inventario y qué sistemas de inventarios existen? [En línea]. Disponible: https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/guia-para-la-elaboracion-de-inventarios-de-emisiones_.pdf. [Último acceso: noviembre 2023]
- [19] SAI-Open, Sistema administrativo Inteligente. [En línea]. Disponible: <https://sai-open.com/>. [Último acceso: noviembre 2023]
- [20] Institute of Industrial and systems engineers, BODY OF KNOWLEDGE. [En línea]. Disponible: <https://www.iise.org/details.aspx?id=43631>. [Último acceso: noviembre 2023]
- [21] Baker, K.R, *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 1989(2).
- [22] Dispatchtrack, Stock-keeping units [En línea]. Disponible: <https://www.beetrack.com/es/blog/que-es-sku-tipos-de-codigo-stock-keeping-unit> [Último acceso: mayo 2024]
- [23] Maestrías y MBA, ¿Qué es un inventario de seguridad? Disponible: <https://posgradosadistancia.com.ar/que-es-un-inventario-de-seguridad/> [Último acceso: mayo 2024]
- [24] Microsoft, Find the best Microsoft 365 plan for your business [En línea]. Disponible: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/business/compare-all-microsoft-365-business-products> [Último acceso: mayo 2024]

VIII. ANEXOS

TABLA XI.
TABLA DE ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTML, Excel, Word...)
1	2023207-Anexo 1. REGISTRO DE INVENTARIO- EMPALME AL 30 DIC 2022	BAP Ingeniería. Mod.	Excel
2	2023207-Anexo 2. Entrevistas 26 de agosto 2023.	Propio	PDF
3	2023207-Anexo 3. Plan para Recolección de Datos.	Propio	Excel
4	2023207-Anexo 4. Entrevistas 30 de septiembre 2023.	Propio	PDF
5	2023207-Anexo 5. Costos de Gestión de Inventario.	Propio	Excel
6	2023207-Anexo 6. Investigación y exploración de alternativas.	Propio	Word
7	2023207-Anexo 7. Matriz AHP	Propio	Excel

8	2023207-Anexo 8. Cronograma plan de trabajo.	Propio	Excel
9	2023207-Anexo 9. Análisis de Demanda Clasificación.	Propio	Excel
10	2023207-Anexo 10. Análisis ABC BAP Ingeniería	Propio	Excel
11	2023207-Anexo 11. Plantilla para Análisis ABC BAP Ingeniería	Propio	Excel
12	2023207-Anexo 12. BAP Ingeniería - Costos de gestión de Inventarios BAP	Propio	Excel
13	2023207-Anexo 3 Plantilla para la Gestión de Pedidos	Propio	Excel
14	2023207-Anexo 14. Simulaciones De Inventario de Seguridad e inversión.	Propio	Excel
15	2023207 - Anexo 15. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INVENTARIO BAP INGENIERÍA	Propio	PDF

