

**Nota de Aceptación:**

**Proyecto de Diseño Aprobado**, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali para optar el título de Ingeniero Industrial.

---

HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO  
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias

---

JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO  
Director Carrera Ingeniería Industrial

---

LUIS ALONSO VELASCO ROLDAN  
Director(a) Proyecto de Diseño

---

GERMÁN CÓRDOBA BARAHONA  
Jurado 1

---

CARLOS ALBERTO OLARTE MENESES  
Jurado 2

Estimados Álvaro y Jorge,

Cordial saludo.

La presente carta es para comunicar que como director del proyecto de diseño titulado: "Diseño de un sistema de gestión de inventarios basado en un modelo probabilístico en una planta de medicamentos para comunidades indígenas"; cuyos autores son: Mariana Echeverri Monsalve, Laura Janeth Díaz Sarria, Pablo Santiago Constain Mera y Juan Pablo Cárdenas Aristizabal, apruebo el envío del documento.

Al realizar la lectura correspondiente considero que el proyecto cumple con los requisitos exigidos para cumplir con el objetivo de trabajo de grado para alcanzar el título de Ingeniería industrial.

Atentamente,



---

Luis Alonso Velasco Roldán



**ASOCIACION DE CABILDOS INDIGENAS DEL NORTE DEL CAUCA-ACIN**

**CXHAB WALA KIWE (Territorio del gran pueblo)**

Resolución No. 051 de 1.996 de la Dirección General de Asuntos Indígenas del Ministerio del Interior  
Carrera 11° - N° 23-11 Barrio los Bolivariano Telefax: (032) 829 14 83, Email [acinsecretaria@acincwk.org](mailto:acinsecretaria@acincwk.org) -  
[www.acincwk.org](http://www.acincwk.org) Santander de Quilichao Cauca – Colombia,  
NIT. 817.000.232-6

Santander de Quilichao, sábado 18 de noviembre de 2022.

Señores  
UNIVERSIDAD JAVERIANA

Asunto: Socialización proyecto de grado con planta de medicamentos – ACIN

Por medio del siguiente documento, se confirma que la socialización del proyecto de grado "Diseño de un sistema de gestión de inventarios en una planta de medicamentos para comunidades indígenas" elaborado por los estudiantes Mariana Echeverri Monsalve, Laura Janeth Díaz Sarria, Pablo Santiago Constain Mera y Juan Pablo Cárdenas Aristizabal y dirigido por el profesor Luis Alonso Velasco Roldán se realizará en los días próximos.

*Camillo M. Acosta Z*

CAMILO MOISES ACOSTA ZAPATA  
Coordinador Planta Medicamentos  
CXHAB WALA KIWE - ACIN

# Diseño de un sistema de gestión de inventarios basado en un modelo probabilístico en una planta de medicamentos para comunidades indígenas

Mariana Echeverri Monsalve<sup>a,c</sup>, Laura Janeth Díaz Sarria<sup>a,c</sup>, Pablo Santiago Constain Mera<sup>a,c</sup>, Juan Pablo Cárdenas Aristizabal<sup>a,c</sup>,

Luis Alonso Velasco Roldán<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

---

## Resumen

En 1997, La Asociación creó La Institución Prestadora de Servicios de Salud Indígena (IPSI) con el fin de proporcionar servicios de salud de baja complejidad. Años más tarde, fue construida una planta de medicamentos con el objetivo de reemplazar gradualmente el uso de los fármacos occidentales por los medicamentos elaborados a partir del uso de plantas medicinales en la medicina tradicional indígena. Sin embargo, desde que la planta inició a operar en el año 2010, han gestionado de manera empírica los inventarios de producto terminado. Esto ha derivado en grandes desbalances que fueron evidentes al comparar el inventario físico esperado contra el real, lo cual causa la realización de supuestos económicos erróneos en cuanto a los productos almacenados. Lo anterior se debe principalmente a que no se cuenta con las herramientas de gestión y manejo de inventarios que permitan realizar una toma de decisiones efectiva con relación a la administración de los productos terminados. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto consiste en reducir el desbalance presentado y ampliar el flujo de información para mejorar la toma de decisiones. En ese sentido, fue identificada la causa raíz del problema con la cual se plantearon diversas alternativas de solución, concluyendo que la mejor opción es desarrollar un sistema de gestión de inventarios. En el diseño fue implementado un sistema de clasificación multicriterio usando en conjunto el método AHP y la clasificación ABC. Posteriormente, para la familia de productos más relevante fue realizado el pronóstico de demanda. Por último, se evaluaron las políticas de revisión continua y periódica para seleccionar aquella que se ajuste mejor a las necesidades de la planta de medicamentos y de la comunidad y que además presente los mejores resultados en los indicadores de nivel de servicio y costo para el sistema de gestión.

*Palabras clave: Medicina indígena, gestión de inventarios, nivel de servicio, producto terminado.*

## Abstract

In 1997, the Association created the indigenous health service provider institution (IPSI) to provide low-complexity health services. Years later, a medicine plant was built with the aim of gradually replacing the use of Western drugs with medicines made from the use of medicinal plants in traditional native medicine. However, since the plant began operating in 2010, they have empirically managed finished goods inventories. This has led to large imbalances that were evident when comparing the expected physical inventory against the actual, which causes the realization of erroneous economic assumptions regarding the stored products. This is mainly due to the lack of inventory management and handling tools that allow effective decision-making in relation to the management of finished products. Therefore, the objective of this project is to reduce the imbalance and increase the flow of information to improve decision-making. In this way, the root cause of the problem was identified, and several solution alternatives were proposed, concluding that the best option is to develop an inventory management system. A multi-criteria classification system was implemented in the design, using the AHP method and the ABC classification. Subsequently, demand forecasts were made for the most relevant product family. Finally, continuous and periodic review policies were evaluated to select the one that best suits the needs of the drug plant and the community and that also presents the best results in terms of service level and cost indicators for the management system.

*Key words: Native medicine, Inventory management, service level, finished goods.*

## Tabla de contenido

<b>I. PROJECT CHARTER</b> .....	4
<b>II. DEFINIR</b> .....	5
A. Contexto y justificación .....	5
B. Grupos de interés.....	7
C. Requerimientos de los grupos de interés del proyecto .....	10
<b>III. MEDIR</b> .....	12
A. Plan de recolección de datos .....	12
B. Medición del sistema actual .....	13
<b>IV. ANALIZAR</b> .....	18
A. Análisis de causas.....	18
B. Revisión de literatura .....	19
C. Exploración de ideas y selección de alternativa.....	21
D. Objetivos.....	23
E. Plan de trabajo (PdT).....	24
<b>V. MEJORAR</b> .....	25
A. Desarrollo del diseño de la solución .....	25
B. Validación del diseño propuesto .....	30
<b>VI. CONTROLAR</b> .....	31
A. Medición de impactos.....	31
B. Estandarización de la solución – POE'S (plan de control).....	32
1) Paso 1: .....	33
2) Paso 2: .....	33
3) Paso 3: .....	34
4) Aplicativo en Excel.....	32
C. Conclusiones.....	34
D. Recomendaciones .....	35
<b>VII. GLOSARIO</b> .....	35
<b>VIII. REFERENCIAS</b> .....	35
<b>IX. ANEXOS</b> .....	37

---

TABLA I. GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO .....	8
TABLA II. REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO .....	10
TABLA III. CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS .....	17
TABLA IV. RESULTADO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO .....	17
TABLA V. PLAN DE TRABAJO.....	24
TABLA VI. RESUMEN DE MÉTODOS DE PRONÓSTICO.....	26
TABLA VII. RESULTADOS SISTEMA DE REVISIÓN CONTINUO (s, Q).....	29

TABLA VIII. RESULTADOS SISTEMA DE REVISIÓN PERIÓDICO (R, S) .....	29
TABLA IX. COMPARACIÓN INDICADORES TEÓRICOS VS SIMULADOS .....	30
TABLA X. TABLA DE ANEXOS.....	37

## Índice de Tablas

## Índice de Figuras

Fig. 1. Desbalance en inventarios de producto terminado [4-7].....	5
Fig. 2. Comparación de costos de inventarios registrado vs real de jarabes y tisanas. [4-7] .....	6
Fig. 3. Componentes del costo logístico [9].....	7
Fig. 4. Matriz influencia-impacto.....	9
Fig. 5. Matriz influencia-impacto de los grupos de interés del proyecto.....	9
Fig. 6. Diagrama de Pareto de la demanda 2021 .....	12
Fig. 7. Diagrama de Pareto de los faltantes 2021 .....	13
Fig. 8. Mapa de procesos de la planta de medicamentos.....	14
Fig. 9. Diagrama SIPOC de la gestión de los inventarios .....	14
Fig. 10. Diagrama de flujo del proceso de gestión de inventarios.....	15
Fig. 11. Producción de tisanas de 2021 Mod. [7].....	16
Fig. 12. Diagrama Ishikawa .....	18
Fig. 13. Diagrama de los 5 por qué's.....	19
Fig. 14. Peso ponderado de los criterios de selección .....	22
Fig. 15. Calificación de las alternativas de diseño .....	23
Fig. 16. Demanda vs pronóstico de tisana de diarrea .....	27
Fig. 17. Comparación del nivel de servicio de tisanas actual vs propuesto .....	31
Fig. 18. Comparación del costo del inventario promedio de tisanas actual vs propuesto.....	32

## I. PROJECT CHARTER

<b>Breve resumen (Business case)</b>				
La planta de producción de medicamentos a base de cultivos medicinales fue creada por La Asociación hacía el año 2010. Su construcción fue realizada con el objetivo de sustituir progresivamente el uso de fármacos comunes de la medicina occidental por productos elaborados de acuerdo con sus tradiciones. El centro productivo ha operado por más de una década administrando sus inventarios de manera empírica, lo cual ha generado grandes problemas. Por ello, se propone el diseño de un sistema de gestión de inventarios de producto terminado que, a través de una política de conteo y un sistema de revisión periódica o continua, le brinde a la planta la posibilidad de mejorar la administración de sus inventarios. Lo anterior será verificado por medio de la comparación de entre los indicadores obtenidos como resultado del modelo propuesto y los calculados al determinar la situación actual.				
<b>Problema (Problem statement)</b>		<b>Impacto en los actores de interés (Business Need – Stakeholders)</b>		
En el año 2021 han sido realizados supuestos económicos errados considerando el desbalance presentado en la revisión de los inventarios, en donde se puede alcanzar una diferencia hasta de \$15 000 000 COP al realizar la comparación entre el costo esperado y el costo real.		La planta de producción busca a través del proyecto mejorar en el nivel de servicio y reducir sus costos mediante la implementación de un sistema de gestión de inventarios que les permita ser más eficientes. Por su parte, interesados como los clientes y los resguardos (proveedores) desean maximizar su beneficio cumpliendo con el requerimiento de la demanda y la mejora en el flujo de información respectivamente. En cuanto a La Asociación y el Instituto de Estudios Interculturales (IEI), se espera que se cumplan las necesidades de la planta para mejorar el desarrollo de las comunidades indígenas.		
<b>Objetivo general (Goal statement)</b>		<b>Objetivos específicos (Project scope)</b>		
Diseñar un sistema de gestión de inventarios de producto terminado basado en un modelo probabilístico de demanda para la revisión del stock y el conteo de los inventarios físicos, con el fin de reducir el desbalance y aumentar el nivel de servicio en una planta de medicamentos para comunidades indígenas.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer una política de conteo considerando la clasificación de las familias y elaborar un sistema de información que permita consultar el inventario de producto terminado.</li> <li>Definir el sistema de revisión de inventarios más adecuado e incorporar los costos de ordenar, costos de mantener inventarios y costos de faltantes.</li> <li>Calcular los indicadores de gestión del sistema propuesto de modo que se consolide la información que permita mejorar en la toma de decisiones.</li> <li>Evaluar y validar la propuesta de solución al comparar los resultados de los indicadores del sistema propuesto con los relacionados al sistema actual a través del uso de herramientas computacionales.</li> </ul>		
<b>Equipo de trabajo (Team members)</b>				
Estudiante	Estudiante	Estudiante	Estudiante	Director
Mariana Echeverri Monsalve	Laura Janeth Díaz Sarria	Pablo Santiago Constain Mera	Juan Pablo Cárdenas Aristizabal	Luis Alonso Velasco Roldán
<b>Plan de trabajo</b>				
<pre> graph LR     A[Elaborar la clasificación de los productos] --&gt; B[Establecer los parámetros de pronóstico]     B --&gt; C[Realizar el pronóstico de demanda]     C --&gt; D[Evaluar las políticas de revisión (s, Q) y (R, S)]     D --&gt; E[Calcular los costos de ordenar, mantener inventario y faltantes]     E --&gt; F[Calcular los indicadores de gestión (Nivel de servicio y CTR)]     F --&gt; G[Validar la propuesta de solución mediante simulación Montecarlo]     G --&gt; H[Comparar los resultados obtenidos con los actuales]             </pre>				

## II. DEFINIR

### A. Contexto y justificación

Generalmente para hacer referencia a los tratamientos o prácticas médicas fundamentadas en el uso de medicamentos homeopáticos de las comunidades indígenas pertenecientes al territorio colombiano, se aplica el término medicina tradicional. Esta última está definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el conjunto de conocimientos basados en creencias y experiencias, usados para el cuidado, prevención o diagnóstico de enfermedades físicas o mentales [1]. Sin embargo, es posible encontrar una variedad de elementos que aluden a diversos enfoques de medicina alternativa la cual se divide en varias ramas. Una de las principales en este conjunto de conocimientos tradicionales es la medicina indígena, expresión que será usada para describir específicamente a aquellas prácticas médicas propias de los pueblos indígenas.

La medicina indígena en Colombia se sustenta en el SISPI (Sistema Indígena de Salud Propio Intercultural). Este es un sistema de salud exclusivo de los pueblos indígenas del país, el cual funciona de acuerdo con sus normas, políticas y procedimientos. El SISPI se consolida a inicios de la década de 1980 implantándose con base en los conocimientos y sabidurías ancestrales e interculturales, garantizando la vida y la convivencia de los seres en armonía y equilibrio [2].

Hacia el año 1997, surge una Institución Prestadora de servicios de Salud Indígena (IPSI) creada por La Asociación (se usará este término para referirse a la asociación indígena para asegurar su confidencialidad), con el objetivo de prestar servicios de salud de baja complejidad. Dicha institución, para el año 2018 ya contaba con aproximadamente 101 000 afiliados [3]. En la búsqueda de sustituir de forma gradual el uso de fármacos comunes de la medicina occidental, La Asociación decidió construir su propia planta de medicamentos. Estos medicamentos son elaborados a partir del proceso de transformación de plantas medicinales por medio del conocimiento ancestral que es adquirido y compartido por los mayores. De esta forma, la medicina indígena nuevamente se consolida como un pilar fundamental en las comunidades en un sistema de salud estructurado.

Actualmente la planta cuenta con un poco más de 50 productos, los cuales se dividen en diversas familias como los jarabes, tisanas, aceites, extractos, cremas tópicas, entre otros. La planta inició su operación en el año 2010, y desde entonces ha producido una gran variedad de medicamentos sin gestionar los inventarios de estos productos, debido a que no llevan un registro adecuado de las cantidades existentes en bodega. En consecuencia, han surgido situaciones en donde se han visto en la necesidad de producir cantidades adicionales, especulando que la cantidad disponible de un producto en específico no es suficiente para satisfacer la demanda. Asimismo, ha sucedido el caso opuesto, donde se asume contar con las cantidades suficientes a despachar, cuando en realidad no se dispone de ellas en inventario, llevando así al incumplimiento de pedidos.

El desbalance presentado en los inventarios fue identificado a partir de los datos suministrados por la planta de medicamentos. En estos, se detectó que fueron registradas unidades adicionales de producto terminado, es decir, el inventario final era superior al esperado. A su vez, también se presentó el caso contrario donde la cantidad de unidades en el inventario físico fue inferior a las esperadas. Lo anterior puede verificarse en la Fig. 1.

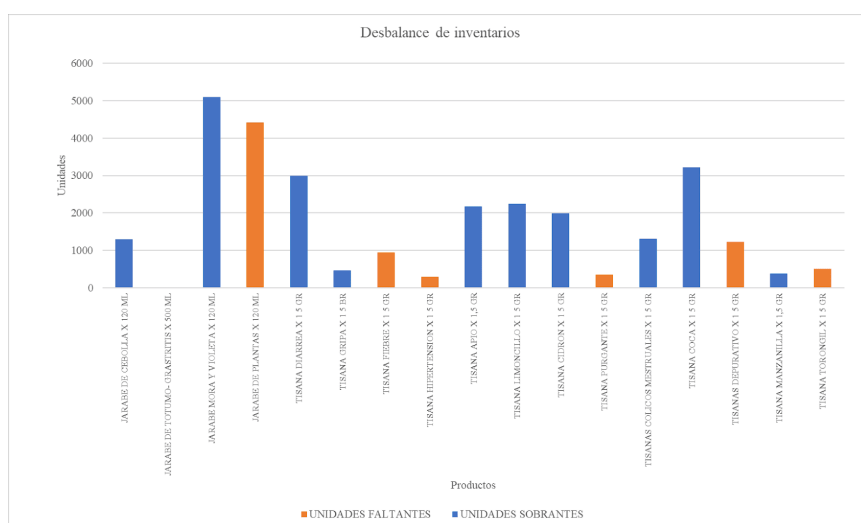


Fig. 1. Desbalance en inventarios de producto terminado [4-7]



En primer lugar, los sobrantes hacen referencia a las unidades que no fueron registradas en las ventas o en el inventario físico final del año 2020. Por su parte, los faltantes exponen aquellas unidades que no se contabilizaron ya sea en producción o en el inventario físico final del 2021. Esto se viene presentando desde el inicio de operación de la planta. Sin embargo, no se cuenta con información suficiente de la época para determinar con exactitud qué tan prolongada es la situación relacionada con este desbalance.

Lo anterior evidencia que los inventarios no están siendo gestionados correctamente, pues como muestra en el Anexo 1 el desbalance supera las 1 000 unidades de faltantes o sobrantes en más del 70% de los productos. De forma paralela, lo anterior genera un desconocimiento de los costos en los que está incurriendo en inventarios, derivando no solo en la obtención de supuestos económicos inadecuados respecto a ellos, sino también de producción, inventarios, o ventas realizadas. Por ejemplo, según los datos suministrados, en el inventario final del 2021 fueron registradas 3 014 unidades de jarabe de plantas. No obstante, realizado el juego de inventarios se calcularon 4 418 unidades faltantes. En el juego de inventarios se considera la fórmula de balance, donde el inventario final es equivalente al inventario inicial más la producción menos las ventas. Por tanto, suponiendo en el mejor de los casos que los faltantes se tratan de unidades que se encuentran en el almacén, el verdadero inventario final sería de 7432 unidades. Esto se traduce en un costo de \$26 012 000 COP y no de \$10 549 000 COP, existiendo una diferencia en más de \$15 000 000 COP que no está siendo considerada (Ver Fig. 2), solo para este producto.

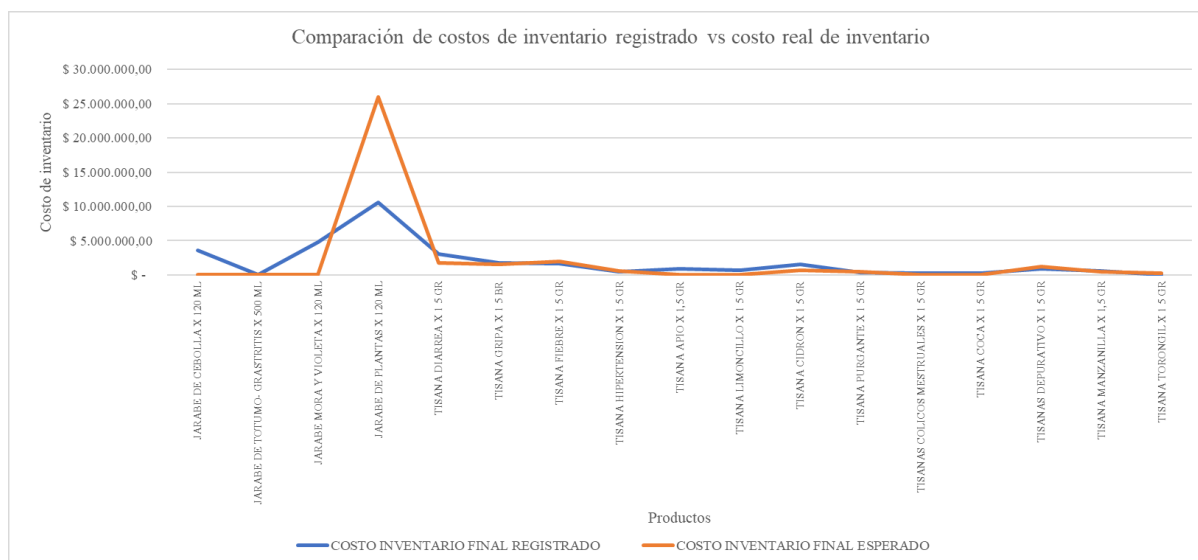


Fig. 2. Comparación de costos de inventarios registrado vs real de jarabes y tisanas. [4-7]

La situación descrita anteriormente representa un problema significativo para La Asociación, ya que la gestión de los inventarios es uno de los componentes más importantes en el área de la logística. Es tal su relevancia, que luego del costo de transporte el costo de inventarios es el que más contribuye en proporción a los costos totales logísticos [8]. Esto lo demuestra la Encuesta Nacional de Logística (ENL) del año 2020 con el gráfico de la división de los costos logísticos que se expone en la Fig. 3. Aquí, los costos de inventarios se componen del costo de reposición y manejo de inventarios, mientras el costo de almacenamiento cuenta con los costos de operadores logísticos, bodegas, arriendos, inversiones, vigilancia, seguros y otros [9].

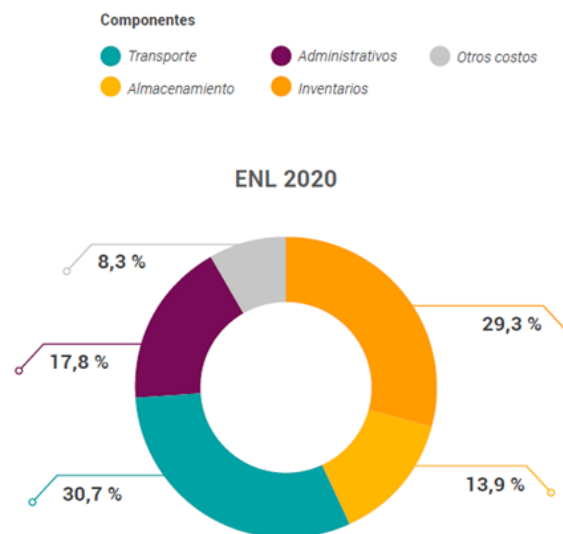


Fig. 3. Componentes del costo logístico [9].

Por otra parte, la inexistencia de un sistema de información sea manual o computacional que indique el número de unidades en disponibles ha generado un desconocimiento de la cantidad exacta de productos que están almacenados y no permite contrastar el inventario físico con el nivel de stock que se supone que hay. Asimismo, se debe destacar que la ausencia de herramientas para lograr una toma de decisiones efectiva con base en información real también representa un problema para la planta. En este orden de ideas, la solución que sea diseñada deberá buscar la medición de indicadores de gestión, y además fijar metas no sólo deseables, sino alcanzables. Adicionalmente, la ausencia de un control de los inventarios también favorece al desconocimiento del impacto que las variables críticas tienen en las operaciones de la empresa. Considerando como uno de los más importantes los denominados costos ocultos que afectan el flujo de caja de la empresa. En este caso específico, se desconocen los costos de ordenar y costos de mantener productos almacenados.

Además, es conveniente resaltar que el propósito principal de la organización no es el generar la máxima cantidad de ingresos posibles, sino el servir a la comunidad logrando ser autosostenible. Por ello, uno de sus objetivos más valiosos es maximizar el nivel de servicio, es decir, que los clientes tengan un producto disponible cuando lo necesiten. Los clientes se dividen en dos grupos, las IPS-I y los clientes externos. De ellos se sabe que las IPS-I generan alrededor del 90% de las unidades vendidas, por lo cual se le considera el cliente más importante (ver Anexo 2). Además, se estima que para este cliente el nivel de servicio es en promedio del 73,48% de acuerdo con datos recolectados sobre las unidades demandadas y unidades vendidas (ver Anexo 3). En cuanto a la rotación, en promedio para todos los productos esta es de 2,33 veces/año (ver Anexo 3). Aun así, según indican los encargados de la planta, los productos nunca han alcanzado su fecha de caducidad en el almacén de producto terminado, la cual se estima que es hasta dos años después de su fecha de fabricación.

Por último, para establecer el alcance del proyecto es importante resaltar que la solución que sea diseñada en la etapa mejorar estará enfocada en la familia de productos más relevante. Esto será determinado a través de un método de clasificación ABC, en donde los productos serán agrupados por familias. De este modo, aquellos ítems que sean catalogados como tipo A serán el principal objeto de estudio para la problemática enunciada este proyecto. No obstante, la solución será replicable para todos los productos y se brindará la información necesaria para que la planta pueda implementar el diseño para las demás familias. Como resultado de lo anterior se espera reducir el desbalance de los inventarios y brindarle a la empresa instrumentos necesarios para administrar sus productos terminados de manera efectiva a partir de indicadores de gestión. A su vez, será posible fortalecer la medicina y cultura indígena al mejorar el servicio de medicamentos, brindando a las comunidades un beneficio social, cultural y médico.

### B. Grupos de interés

Para implementar la mejor propuesta en el diseño de un sistema de gestión de inventarios, es necesario identificar los grupos de interés, partes interesadas o stakeholders. Estos serán entendidos como personas, grupos u organizaciones que se verán directa o indirectamente afectados tan pronto como inicie el desarrollo del proyecto. La importancia de su identificación es poder analizar las expectativas y requisitos, para que de esta forma la solución propuesta se pueda alinear con sus intereses y observaciones.

Asimismo, es importante medir la posibilidad de tener influencia e impacto. Algunas partes interesadas pueden tener una capacidad limitada para influir en el trabajo o los resultados del proyecto, mientras otros pueden tener una influencia significativa sobre el mismo y sobre sus resultados esperados [10].

Además del reconocimiento de las partes interesadas es importante que sean priorizados y clasificados de acuerdo con su trascendencia para el proyecto. Para ello, a través de entrevistas realizadas se tuvo en consideración información relevante de cada uno, como lo son sus intereses, roles y alcance de influencia e impacto que podrían tener con el proyecto. En este último, se le concedió a cada stakeholder un valor perteneciente a una escala de 1 a 5 que representa su nivel de influencia e impacto (ver Tabla I). Posteriormente, estos fueron organizados en una matriz influencia-impacto según la calificación correspondiente a cada característica, como se observa en la Fig. 4. De esta forma, queda ilustrado la participación que cada interesado tendrá en el proyecto (influencia) y su capacidad de efectuar cambios en el mismo (impacto) [11].

*TABLA I.  
GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO*

Interesado	Descripción	Influencia	Impacto
Equipo del proyecto	Integrantes del equipo que realizan el proyecto, aplicando conocimientos y competencias adquiridas a lo largo del proceso formativo como ingenieros industriales.	5	4
Planta de medicamentos	Planta de producción de medicamentos de La Asociación la cual cuenta con alrededor de 50 productos cuya materia prima proviene principalmente de plantas medicinales. Sus dos principales clientes son ocho IPSI que hacen parte del tejido de salud conformado por La Asociación y clientes particulares externos a esta. Por su propósito de servicio necesita un sistema de gestión de inventarios para lograr satisfacer la demanda en una proporción mayor a la actual.	5	3
Clientes (IPSI del territorio indígena y particulares)	La planta envía productos a IPSI ubicadas a lo largo de la región donde la Asociación brinda sus servicios. Estas IPSI se encargan de prestar los servicios de seguridad social en salud y hacen parte de la red pública como unidades prestadoras del servicio de salud a nivel territorial, por lo cual, es muy importante desarrollar un sistema de gestión de inventarios que ayude a siempre tener la cantidad adecuada de productos en inventarios para satisfacer la demanda de las IPSI ya que estas dependen de los productos de la planta para atender satisfactoriamente las necesidades en cuanto a la salud de la comunidad indígena.	4	1
La Asociación	Compuesta por 22 cabildos indígenas pertenecientes a la etnia Nasa. Se encarga de construir políticas, estrategias, planes y proyectos buscando la soberanía alimentaria, sanitaria y territorial de la comunidad indígena.	2	4
Los resguardos	Los resguardos son divisiones territoriales de carácter legal que, por medio de un título, asegura que determinado grupo indígena tiene propiedad sobre un territorio poseído en común y tradicionalmente habitado por él. Los resguardos son considerados proveedores ya que en sus territorios se cultiva la materia prima que va a ser utilizada por la planta en el proceso de producción. Sin embargo, estos a su vez también son clientes ya que sus individuos están afiliados a las IPS que compran los productos de la planta de medicamentos.	1	1

IEI - Instituto de estudios interculturales de la PUJ	<p>Como comunidad de acción universitaria, interdisciplinaria e intercultural están comprometidos con la transformación de la sociedad en clave de defensa de la vida, justicia social y construcción de paz, influyendo en las relaciones entre comunidad – comunidad, comunidades-empresa y comunidades-Estado.</p> <p>Su objetivo es promover condiciones para el ejercicio de derechos de los indígenas, campesinos, afros y de las mujeres en el contexto rural y urbano de Colombia</p>	3	1
---	---	---	---

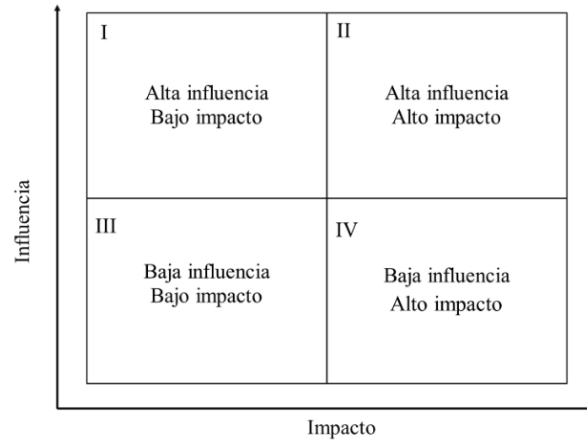


Fig. 4. Matriz influencia-impacto.

Un grupo de interés en la casilla I contará con alta influencia, pero con bajo impacto, es decir, tienen un alto nivel de participación, pero bajo en su capacidad de realizar cambios en el proyecto. Pueden verse afectados de manera positiva o negativa según los resultados del proyecto. Similarmente ocurre con los que se clasifican en la casilla II, donde están significativamente involucrados en el proyecto, por lo que es más fácil que se vean afectados por las salidas de este. Su alta influencia permite que cualquier cambio que sea necesario, pueda realizarse de la forma más rápida y directa posible. Esto, por el contrario, no aplica para grupos de interés que se encuentren en la casilla III, ya que tanto su participación como influencia en el proyecto es baja, por lo tanto, no tienen poder de decisión acerca de cambios que se deban realizar. Por su parte, los grupos de interés clasificados en la casilla IV, no contarán con alta influencia, pero deberán de tenerse en cuenta durante el desarrollo del proyecto, manteniéndolos informados de cualquier novedad que pueda surgir, ya que también pueden verse afectados. Teniendo en cuenta lo anterior, fue posible relacionar cada grupo de interés en la matriz de influencia impacto plasmada en la Fig. 5.

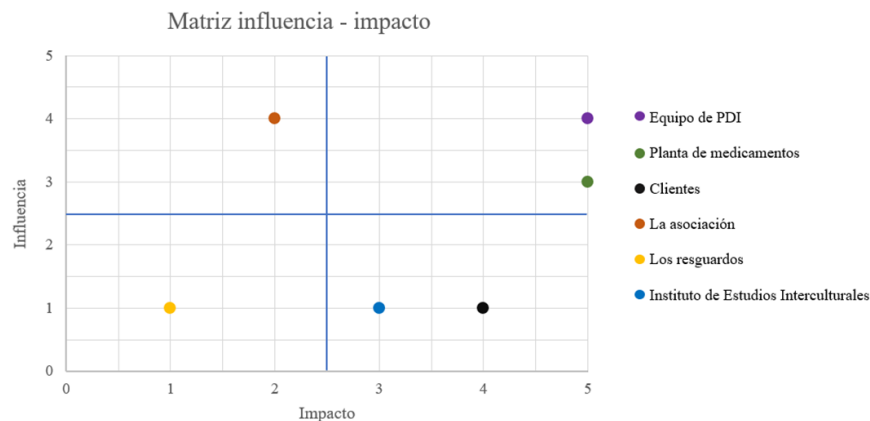


Fig. 5. Matriz influencia-impacto de los grupos de interés del proyecto

### C. Requerimientos de los grupos de interés del proyecto

Los requisitos son un componente esencial de un proyecto y su propósito es satisfacer las necesidades, expectativas y beneficios que las partes interesadas pueden esperar o derivar del resultado final. Por lo tanto, es imperativo definir completamente cada requisito, lo que permitirá que el proyecto se desarrolle con precisión. Teniendo en cuenta esto, cada requisito debe contar con sus respectivas restricciones de diseño y especificación, así como la legislación, las reglas y los estándares. Esta información se proporciona en la Tabla II.

TABLA II.  
REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO

GRUPOS DE INTERÉS	VoC (REQUISITOS GRUPOS DE INTERÉS)	RESTRICCIONES DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	LEYES, NORMAS Y ESTÁNDARES	
				Legislación y Requisitos Aplicables	Importancia o Efecto
Equipo de proyecto	<p>Información y datos por parte de la empresa para el desarrollo del proyecto.</p> <p>Atención oportuna por parte de la empresa, para cooperar con el proyecto y por parte de profesores conocedores de la metodología y temas que se abordarán en el proyecto.</p> <p>Los plazos del proyecto deben adaptarse al cronograma del proyecto.</p>	<p>Poca disponibilidad de horarios de atención por parte de la empresa.</p> <p>No contar a tiempo con la información y datos importantes para la entrega de documentos de la asignatura.</p>	<p>Cumplir con las actividades necesarias para tener una óptima solución del proyecto.</p> <p>Aplicar de los conocimientos y herramientas adquiridas en asignaturas de la carrera.</p> <p>Retroalimentar al finalizar cada etapa de la metodología DMAIC.</p>	<p>Acuerdo de Equipo.</p> <p>Acuerdo de confidencialidad con La Asociación.</p>	<p>Aplicar los conocimientos que han sido obtenidos a lo largo de la carrera, a los procesos y situaciones que maneja una empresa.</p>
Planta de medicamentos	<p>Obtener un sistema de gestión de inventarios.</p> <p>Brindar las herramientas que permitan cumplir los pedidos realizados por los clientes para satisfacer a la comunidad.</p> <p>Conocer los niveles de demanda en un periodo determinado.</p>	<p>Inexistencia del sistema de información que indique las unidades disponibles.</p> <p>Baja implementación de herramientas tecnológicas</p> <p>Los productos no se fabrican de manera continua.</p> <p>No se cuenta a la mano con los registros de demanda para predecir su comportamiento futuro.</p>	<p>Implementación de un modelo o formato de sistema de gestión de inventarios que permita realizar el análisis de la cantidad de unidades necesarias en el inventario, considerando la variabilidad de la demanda para ocasionar la menor cantidad de faltantes en los órdenes de pedido y el cual pueda ser editado para futuros casos.</p> <p>Permitir conocer el costo de mantener el inventario.</p> <p>Cumplir con la mayor proporción posible de la demanda o pedidos generados, de acuerdo con los tiempos de entrega estipulados.</p> <p>Determinar los costos que le permitan operar de</p>	N. A	N. A

			manera efectiva para el servicio de la comunidad.		
Clientes (IPSI del territorio indígena y particulares)	Recepción de la cantidad de productos solicitada para cumplir con la demanda de los usuarios.	Baja capacidad de producción por parte de la empresa.  Baja capacidad de almacenamiento.	Aumentar el nivel de servicio o demanda requerida por las IPS-I.	N. A	N. A
	Cumplimiento de la demanda requerida.	Baja demanda por falta de producto terminado.	Aumentar el nivel de servicio o demanda requerida por los clientes externos.	N. A.	N. A
La Asociación	Sistema o modelo de gestión de inventarios.  Proporcionar mecanismos de gestión que permitan crecer administrativa y organizacionalmente.	Poca capacidad de la planta.  Presupuesto limitado.	Cumplir con la mayor proporción posible de la demanda para satisfacer las necesidades de la población sin afectar de manera significativa a los costos.	Cabildos: Coordina y orienta los resguardos indígenas.  Gestionar adecuadamente los recursos escasos para el bienestar de los resguardos indígenas.	Brinda seguridad económica, social y sanitaria a la comunidad
Los Resguardos	Recepción de la información necesaria para conocer los requerimientos de materia prima de la planta.	Baja producción o con periodos de tiempo variables por parte de los Resguardos, debido a que deben cumplir con las indicaciones de los mayores respecto al calendario lunar.	Cumplir con el envío de la información con anterioridad.	Óptimo método de recolección para cumplir con la cantidad de materia prima solicitada.  Recolección cuidadosa para maximizar la calidad de la materia prima.	Aumento en la fiabilidad y mejora en el alistamiento de la materia prima.
IEI - Instituto de estudios interculturales de la PUJ	Ayudar a La Asociación vinculándola con el equipo del proyecto para la identificación y satisfacción de sus necesidades que permita fortalecer su desarrollo económico.	Dificultad en la comunicación debido a que los integrantes del IEI se encuentran activamente en trabajo de campo para favorecer las distintas culturas de nuestro país.  No sea aprobado el proyecto en el que está trabajando el equipo.	Brindar herramientas a la planta para mejorar sus procesos y recomendaciones que permitan optimizar los recursos de La Asociación.	N.A	N.A

### III. MEDIR

#### A. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos es una parte fundamental del proyecto pues se encargará de establecer los indicadores de medición de inventarios que permitirán reconocer el sistema actual de la planta. Esta etapa del proyecto se enfoca en el desarrollo de un plan de medición en donde se busca determinar de qué manera se están gestionando, en este momento, los inventarios de la empresa. A partir de las mediciones realizadas, se llevará a cabo un análisis e interpretación de los resultados obtenidos que posibiliten una comprensión más amplia del problema y su impacto en la empresa y sus procesos. Por ello, para garantizar que los datos recopilados sean confiables y representativos en el problema, es necesario identificar los tipos de datos a recopilar y definir claramente el propósito de cada uno.

En primera instancia, es necesario empezar el proceso de recolección y medición con aquellos datos primarios que proporcionen la información necesaria para establecer de qué forma el sistema actual puede ser evaluado. En este orden de ideas, para la recopilación de datos e información en la planta de medicamentos, se utilizaron dos métodos de recolección. Por un lado, se hizo uso de la investigación documental (ver Anexo 10) la cual incluye un censo de los formatos de solicitud de pedidos realizados por las distintas IPSI de forma mensual a lo largo del año 2021 (ver Anexo 11). De esta forma, es posible obtener el conocimiento necesario acerca de las demandas, ventas y demanda no servida para las IPS-I en el periodo mencionado. Adicionalmente, también se tendrá en cuenta la información del costo de fabricación de cada producto y las cantidades de producto terminado en inventario al final del año 2020 y 2021 con el objetivo de calcular el costo promedio de los inventarios. Estos datos serán usados como parámetros para calcular una serie de indicadores a través de los cuales se establecerá de qué forma se comporta actualmente el sistema de gestión de inventarios. Por otra parte, han sido realizados estudios de campo cuyo enfoque consiste en recopilar información cualitativa y cuantitativa de fuentes directas, los cuales fueron obtenidos a partir de técnicas como la observación y el desarrollo de entrevistas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es conveniente resaltar que, si bien son reconocidos dos tipos de clientes, determinar la cantidad que actualmente es demandada por los particulares que adquieren el producto directamente en la tienda minorista de la planta no es posible. Esto ocurre como consecuencia de que no se cuenta con los registros de aquellos productos que estos clientes demandan y no se tienen en inventario, es decir, para estos clientes únicamente se dispone del registro de las ventas. Por lo anterior, los datos serán recolectados teniendo en cuenta las IPSI, que como se mencionó con anterioridad representan alrededor del 90% de las unidades vendidas. Sin embargo, el valor de la demanda, ventas y faltantes estimados de todo el año 2021 se calculará con el uso de la proporción de las ventas que corresponde a cada cliente para cada uno de los productos (ver Anexo 12). Por otro lado, para realizar el cálculo del inventario promedio se tendrán en cuenta los datos suministrados por la empresa, los cuales fueron tomados al 31 de diciembre del 2020 y 2021 con fines contables.

De acuerdo con lo planteado, el registro de la demanda de cada familia se puede evidenciar en la Fig. 6 en la cual se plantea un diagrama de Pareto. Aquí, los deshidratados hacen referencia a la familia de tisanas, y se puede observar que este es el producto más demandado. De igual modo se debe resaltar que las familias de tisanas y jarabes representan el 28,57% de las familias de productos, y generan un poco más del 80% de la demanda.

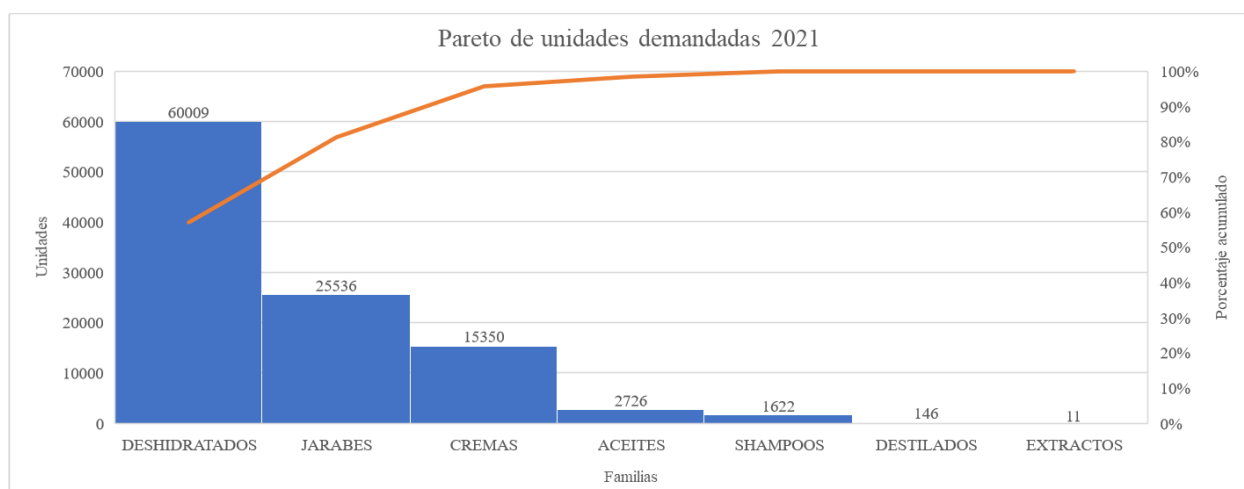


Fig. 6. Diagrama de Pareto de la demanda 2021

También será importante describir el comportamiento de los faltantes, los cuales en este caso hacen referencia a la porción de la demanda que no puede ser servida. Este incumplimiento es derivado de situaciones que deben ocurrir de manera simultánea.

En primer lugar, no se cuenta con unidades existentes del producto terminado en el inventario a la mano, y en segundo lugar su producción no se encuentra planeada para el periodo que se requiere. El problema de no contar con el producto cuando éste es requerido es uno de los que fundamenta la gestión de los inventarios como un rasgo indispensable dentro de los procesos de toma de decisiones en una empresa. Esto es aún más importante, considerando el objetivo con el que se creó la planta y fue servir a la comunidad y conseguir limitar el uso de fármacos típicos de la medicina occidental. A partir de lo anterior, en la Fig. 7 se ilustra las unidades faltantes de acuerdo con cada familia de productos. Aquí, ocurre un comportamiento similar al Pareto de la demanda pues los deshidratados y jarabes, equivalen al 28,57% de las familias de productos y conforman más del 90% de las unidades faltantes.

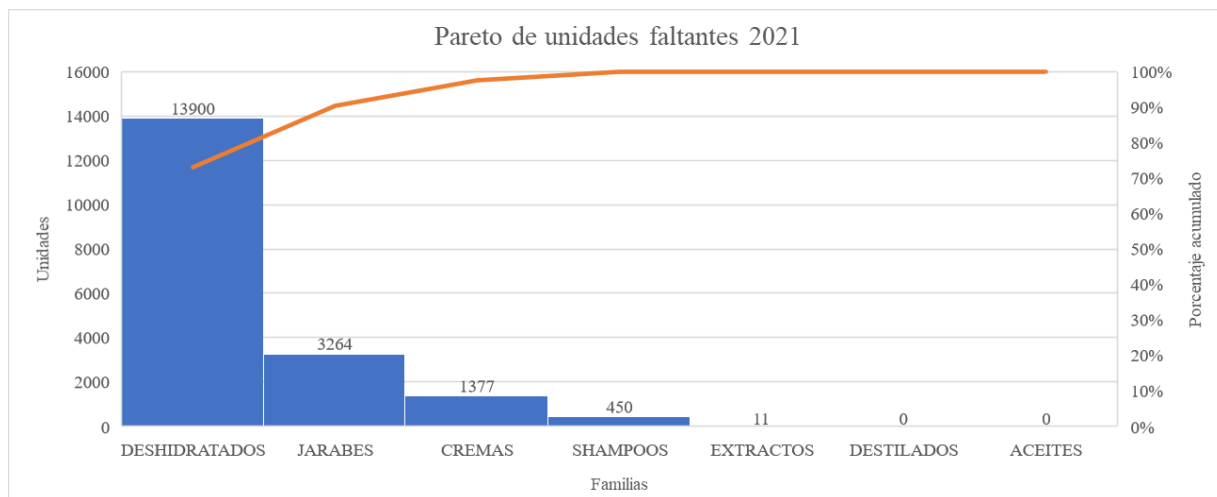


Fig. 7. Diagrama de Pareto de los faltantes 2021

### B. Medición del sistema actual

Para la identificación y medición del sistema actual será importante distinguir, primeramente, de qué forma se compone la empresa, cuáles son sus procesos de toma de decisiones y de qué manera son gestionados los inventarios. Por ello, es fundamental realizar un análisis completo de la planta, partiendo desde lo macro con el uso de un mapa de procesos. Seguidamente, serán analizados los subprocesos dentro de la planta haciendo uso del diagrama SIPOC y, al final, se desarrollará un diagrama de flujo que permita establecer las actividades y decisiones que son llevadas a cabo en el manejo de inventarios. De forma simultánea, se hará un análisis cualitativo de la planta de producción en donde a partir de la observación será recopilada información que brinde la posibilidad de precisar en el entorno que rodea a las actividades ya descritas en el flujograma. Para este serán examinados variables referentes al tiempo, lugar, métodos de trabajo, el personal encargado, el flujo de información y materiales, y las mediciones que realiza la empresa para determinar las circunstancias que pueden afectar el desempeño del sistema. Por último, los datos tomados en el plan de recolección se usarán para calcular una serie de indicadores relacionados al ejercicio de los inventarios. En estos indicadores, se medirá el comportamiento actual de cada uno y la meta que se espera llegar con la solución que se plantee en el proyecto.

Inicialmente, se decide mostrar desde el punto de vista más general la relevancia que ocupa la administración de los productos terminados en la planta. Además, también se podrá diferenciar aquellos procesos que son vitales para el funcionamiento de la planta y como estos son gestionados en las estrategias y tomas de decisiones organizacionales. De este modo, se plantea el mapa de procesos (ver Fig. 8) en donde se presentan las decisiones que deben ser tomadas con relación al enfoque direccional, misional y de apoyo.



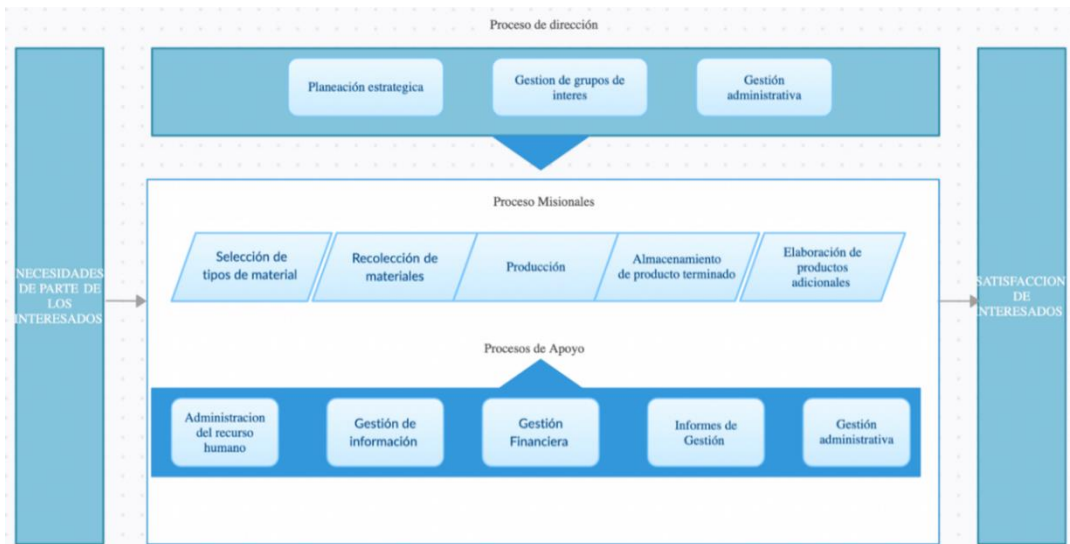


Fig. 8. Mapa de procesos de la planta de medicamentos

Al establecer el problema principal con respecto al manejo de los inventarios de producto terminado, se encontró que hay un claro desbalance en el sistema de los inventarios (ver Anexo 1). Este fue identificado debido a las grandes cantidades de unidades faltantes y sobrantes y los costos que estos representan. Aquí, se encontró que para el 72% de los productos existe un desbalance de más de 1 000 unidades. Además, también se resaltó en cómo la ausencia de herramientas para lograr una toma de decisiones efectiva está afectando la operación de la planta. Esto se evidencia al encontrar que la planta no mide diversas variables fundamentales para la administración de sus inventarios como lo pueden los costos de mantener un nivel determinado de unidades almacenadas, sus costos por realizar una orden o cual es la proporción de demanda satisfecha con el inventario a la mano. De esta forma, se observa que el proceso de gestión no es el adecuado y con ello se abre la oportunidad para generar grandes puntos de mejora. Por lo cual, se hace necesario un análisis acerca de la manera en que las decisiones misionales u operativas en la planta son tomadas de acuerdo con los problemas encontrados.

Seguidamente, en la Fig. 9. se muestra un diagrama SIPOC en el cual se visualizan las características principales que conforman los subprocesos de la administración de inventarios en la planta.

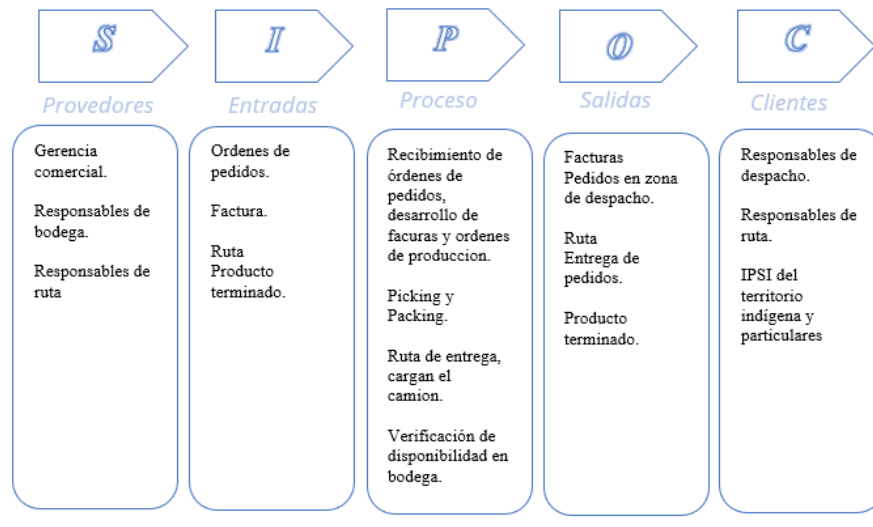


Fig. 9. Diagrama SIPOC de la gestión de los inventarios

Finalmente, para comprender qué actividades son realizadas y qué decisiones son tomadas en la de gestión de inventarios, se elabora un flujograma de procesos el cual puede observarse en la Fig. 10. Este permite comprender de forma más precisa qué acciones se llevan a cabo en la actualidad. Es posible evidenciar que se generan dos decisiones tras organizar las órdenes de pedido, la primera es determinar si el producto se encuentra disponible y, en caso de que no lo esté se observa si la producción ya

fue planificada. Esto puede retrasar el proceso, pues realizar la verificación en el almacén puede ser improductiva por lo que se reconoce como una actividad que no agrega valor en el proceso. En este caso, contar con un sistema en el cual se tenga la información de las unidades de producto terminado en el almacén, es considerado como un punto a mejorar. De igual modo, esta información que se encuentre en el sistema deberá ser verificada y contrastada con las unidades en inventario físico real ya que, como se ha demostrado, los inventarios esperados al final de cada periodo son diferentes al que realmente se observa debido a los largos tiempos entre conteos.

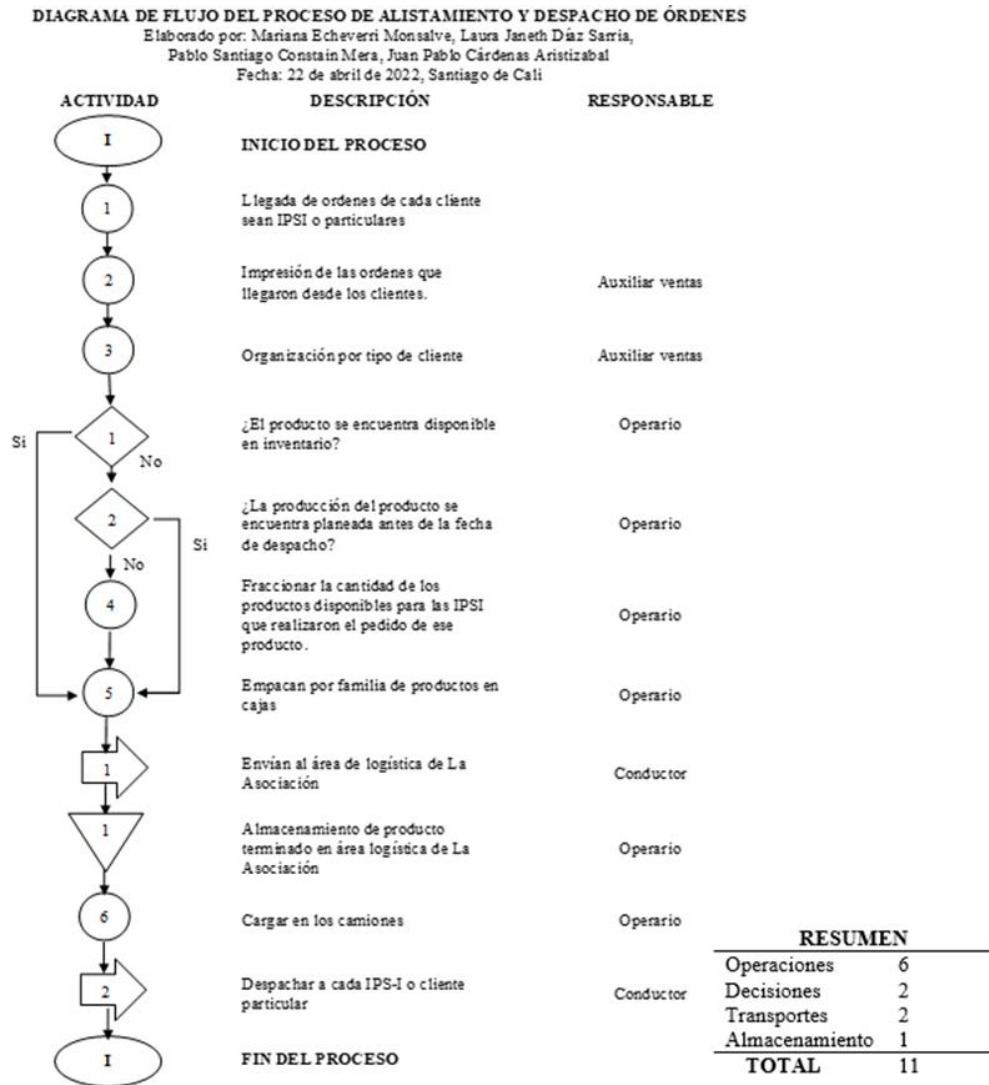


Fig. 10. Diagrama de flujo del proceso de gestión de inventarios.

Ahora, entrando en la descomposición de las actividades ha sido realizado un análisis basado en la observación y recolección de información cualitativa acerca del contexto que rodea la ejecución de estas. De este modo, fue posible precisar que desde que la planta inició su operación hacia el año 2010, los inventarios no han sido administrados de manera oportuna por lo cual se estima que esta situación problema se presenta desde esta época. Aun así, no es posible afirmar con exactitud la antigüedad la que se presenta debido a que los datos de producción, inventarios al final del periodo y las órdenes de pedido solo han sido recolectadas hace un par de años.

En cuanto al personal encargado de realizar las operaciones necesarias en el proceso, como es posible ver la Fig. 10, el auxiliar de ventas se encarga de la impresión, alistamiento y clasificación de las órdenes de las distintas IPSI. Asimismo, esta persona cuenta con más funciones dentro de la planta como lo son llevar los registros de la producción, brindar la atención al público en la tienda minorista, e incluso colaborar en producción cuando sea requerido. Esto, es visto como una de las debilidades del

proceso, debido a que el recurso humano puede estar sobrecargado de trabajo, por lo que su eficacia en el desempeño de su labor puede verse afectada. A su vez, los operarios disponibles son los que se encargan de la producción y otras actividades que pueden ser requeridas por el coordinador.

Igualmente, es importante destacar que en el almacén de producto terminado cada operario es encargado de tener el registro de la producción y el estimado de inventarios de una línea o familia de productos que se le es asignada. Sin embargo, el fenómeno relacionado al desbalance no se encuentra únicamente asociado a un producto o familia en específico, sino que ocurre en todos ellos de manera indiferente. Por otro lado, debido al factor cultural, la materia prima principal del proceso solo puede ser cosechada de acuerdo con la fase lunar. Según lo descrito por La Asociación, los resguardos, quienes a su vez son sus proveedores, se encargan de la recolección de las plantas medicinales durante una semana especificada por parte de los mayores. Bajo estas condiciones, la planta realiza su producción en grandes cantidades de cada producto para responder a la demanda por varios periodos de tiempo en donde los productos son almacenados en la bodega. Lo anterior, se muestra en la Fig. 11, en donde se presenta la producción de tisanas en el año 2021. Aquí, es posible ver como las tisanas de cólicos menstruales solo es producida en el mes de mayo, y con ello se cubre la demanda de todo el año.

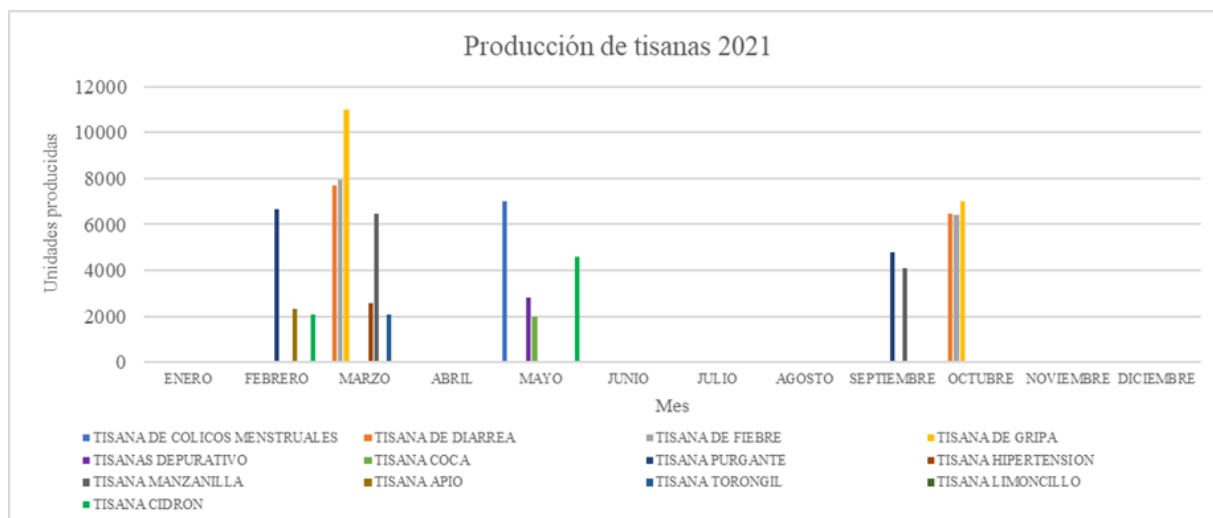


Fig. 11. Producción de tisanas de 2021 Mod. [7]

Además, la planta no cuenta con un sistema de información de inventarios ya sea a mano o basado en herramientas computacionales que facilite el trabajo y posibilite tener en tiempo real la cantidad de producto terminado almacenada. En lugar de ello, la disponibilidad de cada ítem es verificada por los operarios al momento de alistar los pedidos.

Entretanto, en el tema de las mediciones se debe resaltar que los niveles de stock solo son contabilizado y registrado al final de cada año. Lo cual genera una gran incertidumbre en los resultados que se obtienen en el balance debido a los grandes intervalos de tiempo en donde el nivel de inventario real no es contrastado con el inventario esperado. De la misma manera, los indicadores fundamentales en un sistema de gestión con los que se busca caracterizar y describir de qué forma se comportan los inventarios, no son medidos en la actualidad de la planta. Por consiguiente, las variables bajo las cuales se plantea el plan de recolección de datos no han sido recolectadas ni analizadas con anterioridad.

Por otro lado, para precisar de qué forma se comporta el sistema es importante analizar cuáles son los ítems más relevantes para la planta. Por consiguiente, la clasificación de los productos propuesta se elabora a partir del método ABC en conjunto con el análisis jerárquico de proceso (AHP, por sus siglas en inglés). Este análisis permite considerar de manera simultánea y ponderada una serie de criterios establecidos de acuerdo con las necesidades de la planta de producción. Por ello, mediante una entrevista se estableció de manera conjunta con tres expertos de la planta que la demanda, el costo y la importancia médica cultural serían los criterios de clasificación. De igual manera, se le asignó una importancia relativa a cada criterio y todas las familias fueron evaluadas de acuerdo con estos. En consecuencia, se obtuvo una calificación global considerando la ponderación obtenida en el análisis jerárquico de procesos (ver Anexo 14).

Luego, al obtener la puntuación total se recurre a la clasificación ABC, la cual se basa en el principio de Pareto, el 20% de los productos serán tipo A, el 30% tipo B, y el 50% restante serán tipo C. De esta manera, se alcanzó la clasificación mostrada en la Tabla III. En adelante, ahora que se dispone de la clasificación de los productos, el diseño de la solución estará enfocada en aquellos productos que pertenezcan a la clasificación A. Es decir, la familia de deshidratados o también llamados tisanas, la cual

se conforma por las tisanas de diarrea, gripa, fiebre, hipertensión, apio, limoncillo, cidron, purgante, cólicos menstruales, coca, depurativo, manzanilla y toronjil.

TABLA III.  
CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS.

Familias	Códigos	Ponderación	Clasificación
DESHIDRATADOS	005	77,08%	A
JARABES	002	74,09%	B
EXTRACTOS	003	67,98%	B
CREMAS	006	57,91%	C
DESTILADOS	004	49,55%	C
SHAMPOOS	001	44,10%	C
ACEITES	007	43,67%	C

Para finalizar la definición de la situación actual en la planta, se proponen una serie de indicadores que permiten medir a través de las variables determinadas, recopiladas y medidas durante el plan de recolección. El principal objetivo de estos es, en primera instancia, determinar el estado en el que se encuentra la empresa. No obstante, en comparación a las descripciones cualitativas realizadas con anterioridad, estos indicadores posibilitan establecer metas cuantitativas fijadas de acuerdo con los requisitos planteados por los interesados. En el caso particular de la rotación de los inventarios, si bien se considera como un indicador importante en la gestión de los inventarios para los fines del proyecto fijar una meta con base a ellos no se considera práctico. Esto como consecuencia que la rotación puede ser perjudicial aumentarla o disminuirla en el caso particular de cada producto. Por tal razón, este índice es importante medirlo para comprender las veces en que el inventario rota en un periodo de tiempo, más no con el objetivo de mejorar la situación actual de la empresa. De esta manera, el resultado obtenido para este indicador fue que en promedio entre las 7 familias de productos la rotación es de 2,33 veces por año, mientras para el caso particular de las tisanas es de 1,59 veces por año. Por otro lado, el cálculo, objetivo, descripción y la comparación entre el estado actual y el ideal o esperado en la familia de tisanas para cada indicador se presenta en la Tabla IV.

Por su parte, en relación con la confiabilidad no es considerado un valor actual pues como se ha expresado con anterioridad, no se cuenta con un sistema de información físico o electrónico que permita conocer el nivel real del inventario. Aun así, es importante reconocer la importancia de este indicador en la búsqueda de reducir el desbalance relacionado a la gestión de los inventarios.

TABLA IV.  
RESULTADO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador	Actualidad	Meta
Nivel de servicio	Conocer cuál es la proporción de la demanda satisfecha con el inventario disponible a la mano	Medición con base a las órdenes de pedido de las IPSI totalizadas de forma anual	$NS = \frac{\text{Total unidades vendidas}}{\text{Total unidades demandadas}} * 100$	62,95%  (Ver Anexo 3, hoja NIVEL DE SERVICIO)	90%
Costo inventario promedio	Monitorear el valor del nivel medio de los inventarios para conocer el capital invertido	Datos de inventarios obtenidos a través de los medidos al final de cada año	$\text{Inventario promedio} = \frac{\text{Inventario inicial} + \text{Inventario final}}{2}$ $\text{Costo del inventario promedio} = \text{Inventario promedio} * \text{costo}$	\$13 502 966  (Ver Anexo 3, hoja INVENTARIO PROMEDIO)	Aumentar en menor % con respecto al Nivel de Servicio
Confiabilidad del inventario	Observar la diferencia entre el inventario físico y el inventario registrado	Información que se obtiene en a partir del conteo de los inventarios y el registro en libros	$\text{Confiabilidad} = \frac{ \text{Inventario físico} - \text{Inventario en libros} }{\text{Inventario físico}}$	N. A.	95%

## IV. ANALIZAR

### A. Análisis de causas

Tras el cierre de la medición y descripción del sistema actual, es necesario realizar un análisis de las causas que generan el problema de desbalance y ausencia de herramientas para la toma de decisiones. Esta fase es un punto clave en el desarrollo del proyecto pues brindará parte del conocimiento necesario para el diseño de una solución adecuada del problema planteado. Por esta razón, para lograr un análisis efectivo de las causas se realizará un diagrama de espina de pescado o diagrama Ishikawa. Este será construido a partir de una lluvia de ideas de las posibles causas directas del problema, las cuales serán contrastadas con la descripción del sistema realizado en la etapa medir. Posteriormente, se determinará de manera conjunta con expertos en el proceso qué categoría es más relevante para lograr identificar la causa raíz. Por último, a partir de la metodología de los 5 por qué, se llegará al factor principal el cual se considerará como la razón de la ineficiente gestión de los inventarios.

Para la realización del diagrama, fueron consideradas seis categorías principales como posibles responsables del problema. En estas se establecieron, los proveedores, las operaciones, los clientes, la organización, los sistemas y el producto (ver Fig. 12).

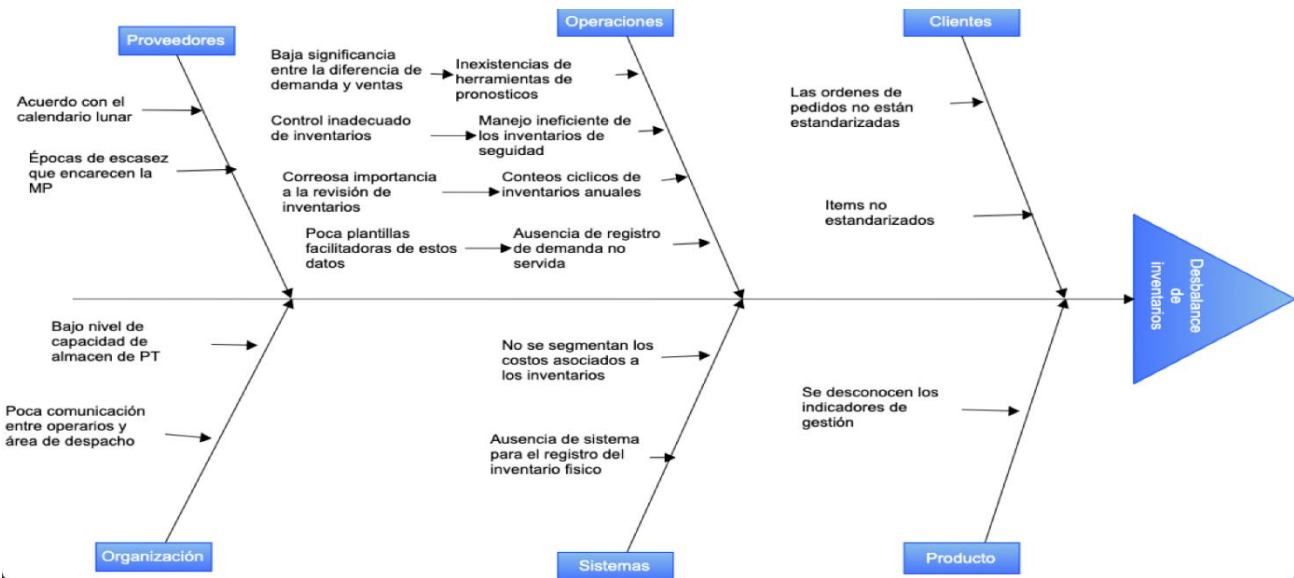


Fig. 12. Diagrama Ishikawa

Aquí, se estableció de manera conjunta con los expertos del proceso qué causas podrían estar afectando directa o indirectamente el sistema dentro de cada categoría. De igual modo, fue definida como causa principal el manejo actual de las operaciones (ver Anexo 16). En esta categoría se encontró que existen largos intervalos de tiempo en los que no se realiza el conteo del inventario. Lo anterior se relaciona directamente con el desbalance debido a la gran incertidumbre asociada a la verificación anual, por ello las soluciones deberán estar enfocadas en eliminar esta situación. Por otro lado, la inexistencia de las herramientas de pronóstico, la estimación inadecuada del stock de seguridad y la ausencia de registros de la demanda no servida, son otras de las causas determinantes de las operaciones que ocasionan que la toma de decisiones sea realizada a partir del empirismo. Por esta razón, se considerará a este factor como el principal responsable de la situación problema.

Sin embargo, también es importante resaltar grupos como los clientes en donde se detalla ciertas características notadas en las órdenes de pedido. En estas, se identificó que el formato no se encuentra estandarizado y por tal motivo puede llegar a generar confusiones en la forma en la que se despachan los pedidos por la manera en cómo se especifican las unidades requeridas. Lo anterior es debido a que no se hace énfasis en la presentación, ya sea cajas, unidades, paquetes o demás. Igualmente, el nombre de los productos no se encuentra estandarizado, y las IPS-I no hacen uso de los códigos ya existentes para cada producto. Por este motivo, existe la posibilidad que se generen malentendidos en cuanto a qué ítem está siendo solicitado y registrar de manera errónea su salida del sistema.

De manera similar, es indispensable analizar las causas asociadas a los sistemas disponibles en la planta, en donde resaltar cómo en la administración de los inventarios no se considera la segmentación de los costos, lo cual afecta la identificación de los costos ocultos. Por su parte, la inexistencia de un sistema de información es un punto crítico en el proceso. Esto genera que el

desbalance sea mayor pues al realizar el conteo, pueden existir imprecisiones en el registro de los inventarios de producto terminado.

Para la determinación de la causa raíz se hará uso de la metodología de los 5 por qué's, la cual estará enfocada en el grupo correspondiente a las operaciones. Por consiguiente, el problema tomará como punto de partida el desbalance de inventarios, y progresará en sus causas de acuerdo con las identificadas en la categoría de operaciones del proceso. El resultado del procedimiento ejecutado se puede ver en la Fig. 13.

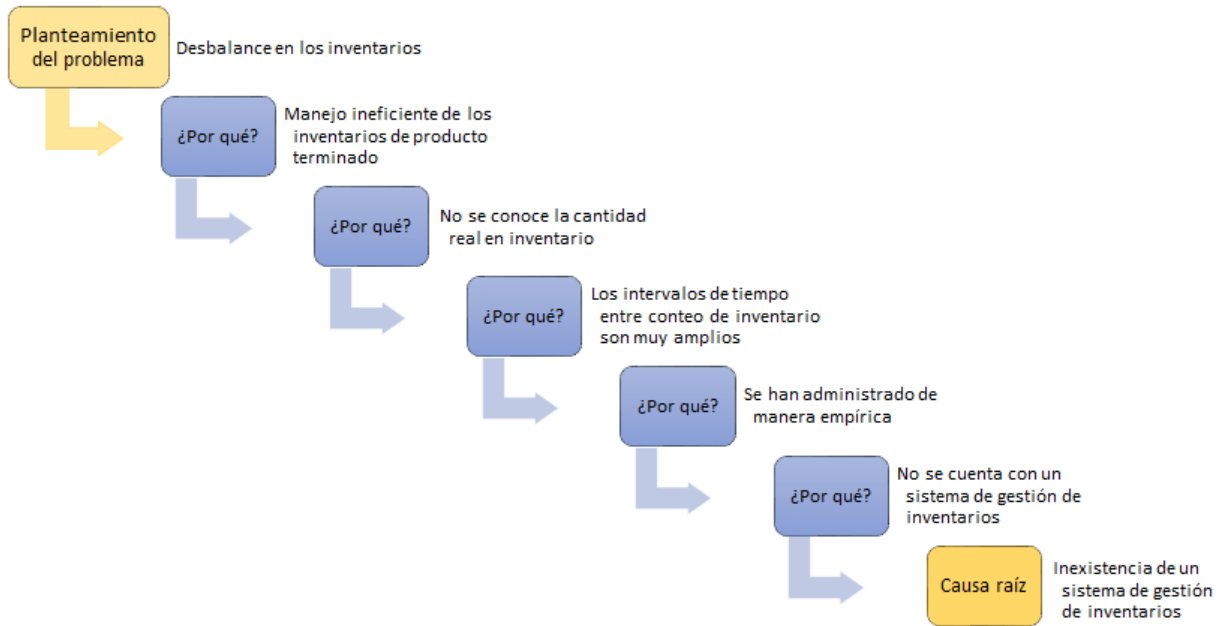


Fig. 13. Diagrama de los 5 por qué's

Tras la culminación de la metodología empleada en el análisis de causas, se obtuvo que la causa raíz del problema es la inexistencia de un sistema de gestión de inventarios. Es relevante destacar que esta es una causa asignable a la imposibilidad de contar con mecanismo de control en la administración del producto terminado. En ese sentido, es imprescindible que la solución que sea diseñada como resultado del proyecto tenga su enfoque en resolver este factor causal. Es decir, el propósito del proyecto será diseñar el sistema de gestión de inventarios que disminuya el desbalance y le brinde a la planta instrumentos en los cuales apoyar el proceso de toma de decisiones en el manejo del stock.

### B. Revisión de literatura

El objetivo de esta fase será investigar diversas propuestas de solución planteadas que han sido utilizadas para resolver problemas en la gestión de inventario. De esta manera, se desea determinar qué opciones y diversos enfoques de solución se pueden abordar con la intención de ser aplicables en el proyecto. Para la búsqueda de información fueron utilizadas bases de datos como Aquarium (Universidad Javeriana), EBSCO, Springer Link (Journals), Scielo, y ScienceDirect. En el proceso de investigación, es necesario utilizar palabras clave que estén directamente relacionadas con el problema explorado. Algunos ejemplos son, los sistemas de gestión de inventario, administración de productos medicinales y métodos de revisión de inventarios y pronósticos de demanda. A Continuación, se mencionan los artículos más importantes encontrados.

Inicialmente, se encuentra el artículo de Angie Tatiana Parga-Prieto; Johan Alexander Aranda-Pinilla [13], denominado Políticas de inventario para demandas con tendencia y aleatoriedad. Caso comercializadora de lubricantes. En este texto, son calculadas políticas para determinar la cantidad a ordenar, de manera que mantengan un nivel predefinido de servicio al cliente y reducir simultáneamente los costos de gestión de inventario. Además, las políticas son estimadas a partir del uso de métodos heurísticos como lo son el algoritmo de Silver Meal y el algoritmo de Wagner-Whitin. De esta forma, fueron establecidos los intervalos de pedido y la manera en qué fue analizada el comportamiento de la demanda.

Por otro lado, se encuentra la postura de Fabián Domínguez Pérez, Igor Lopes Martínez, Pilar M. Felipe Valdés, Antonio E. Vallin Garcia y Alegna Cruz Ruiz [14], denominado Propuesta de clasificación de insumos para la gestión de inventarios en la

industria biofarmacéutica. La gestión de inventarios en esta industria es compleja, con grandes cantidades y variedad de ítems, debido a la dificultad de mantener múltiples procesos simultáneos que afectan su gestión, relacionados a la investigación, desarrollo y producción. El propósito de este documento es evaluar el estado actual de la gestión de inventarios en el Centro de Inmunología Molecular en función de la implementación del concepto de entrada del proyecto y entrada del proceso. Entre las herramientas utilizadas se incluyen un modelo de referencia para evaluar la gestión de los inventarios, Microsoft Excel y diagramas de causa y efecto. Además, debido al aporte en los procesos de gestión de inventarios individuales según el proceso autoorganizado y financiero, se obtuvieron mejoras en indicadores como rotación de inventario, ciclo de importación y satisfacción del cliente.

En el artículo de A. M. Paredes Rodríguez, V. L. Chud Pantoja y J. C. Osorio [15], denominado Sistema de control de inventarios multicriterio difuso para repuestos. Se reflexiona sobre cómo la gestión de inventarios se ha convertido en uno de los temas más desarrollados en la academia con la colaboración de la industria debido a la alta representación de costos de las empresas. Estos costos se dividen en dos grandes grupos, los costos de mantener el inventario y los costos por la pérdida de ventas por el agotamiento del producto. El texto presenta un problema de gestión de inventario de los artículos más relevantes en el almacén de repuestos, donde para establecer su clasificación fue necesario tener en cuenta más de un criterio. El método adoptado se basa en el modelo AHP difuso (FAHP). Este tiene en cuenta criterios importantes relacionados con las características del ítem, el costo total y la ponderación de los factores. Con lo anterior, se identificaron los grupos de factores más representativos para el sistema de control. Posteriormente, se realizó el análisis de demanda y el pronóstico correspondiente para los bienes clasificados como clase A. Por último, se elaboró una propuesta para la adopción de una política de gestión continua de inventarios, teniendo en cuenta el análisis de la política aplicable a las piezas y validada en el ejemplo de un ingenio azucarero. Como resultado del estudio fue posible establecer una política de inventario que minimiza costos y corresponde a los niveles de servicio previamente definidos por la organización, gestionando los productos más importantes de acuerdo con una clasificación ABC multicriterio.

En cuanto al documento del Dr. C. Arturo Bofill Placeres y la Dra. C. Neyfe Sablón Cossío [16], denominado Procedimiento para la gestión de inventarios en el almacén central de una cadena comercial cubana, se tiene como finalidad del trabajo proponer el proceso de gestión de inventarios en el almacén central de la red de distribución. El objetivo es reducir los costos de inventario en el negocio y mejorar el servicio al cliente. El proceso se divide en etapas y fases, cada una de las cuales describe técnicas y herramientas que se pueden utilizar para identificar insumos (necesidades y costos), seleccionar aplicar modelos matemáticos y analizar los resultados de tal manera que se pueda determinar cuánto y cuándo ordenar los productos.

En el texto de Tafesse Gizaw y Awol Jemal [17], llamado How is Information from ABC-VED-FNS Matrix Analysis Used to Improve Operational Efficiency of Pharmaceuticals Inventory Management? A Cross-Sectional Case Analysis se implementan las tres metodologías. El artículo trata sobre cómo ordenar el inventario por múltiples métodos usados paralelamente. Dichos métodos de clasificación son, ABC (siempre mejor y en control), VED (Vital, Esencial y Deseable), y El análisis FNS (cámara rápida, normal y lenta) proporciona entradas según el peso del costo, valor crítico y la tasa de desgaste correspondiente. Es por ello que este estudio fue dirigido para definir categorías de artículos que requieren control de gestión por objetivo, prioridad y período de tiempo y reposición de inventario. Así, se logra evaluar la adecuación de la matriz ABC-VED-FTS para un control eficiente del inventario.

Por otro lado, una investigación realizada por A. O. Mogbojuri, O.A. Olanrewaju, T.O. Ogunleye [18] en el texto denominado Evaluation of Inventory Management Practice in Food Processing Industries in Lagos: Analytical Hierarchy Process Approach se realizó una encuesta entre las empresas de procesamiento de alimentos. Lo anterior busca investigar sobre las diferentes estrategias de inventario usadas con el fin de establecer qué métodos son los más aceptados en el estado de Lagos, Nigeria. Mediante el uso de criterios de selección el estudio busca seleccionar las mejores prácticas de gestión de inventario para la industria alimentaria en la región. Por tal motivo, fueron desarrollados cuestionarios estructurados y asignados a diferentes categorías de gestión en 150 empresas procesadoras de alimentos desde octubre de 2020 hasta diciembre de 2020. Los pasos del proceso de jerarquía analítica (AHP) se realizaron utilizando Spice Logic para calcular la importancia de los criterios como peso, prioridad criterios y prioridad general para las alternativas de inventario viables. Con base en la prioridad general más alta, la jerarquía analítica muestra las mejores estrategias de inventario. Pueden destacarse, la cantidad económica de pedido (EOQ), cantidad mínima de pedido (MOQ), último en entrar, primero en salir (LIFO) y primero en entrar, primero en salir (FIFO) e inventario de seguridad para agilizar la industria alimentaria.

Continuando con la búsqueda, se encontró un artículo de Lam Noroña Cecilia [19], Diseño de una política de inventarios para una empresa de acero, el cual trata sobre un estudio en el cual surgió de la necesidad de mejorar la gestión del inventario en KUBIEC S.A. Este proyecto se enfoca en el análisis sobre las referencias representativas evaluadas mediante stocks sobredimensionados e inventarios con roturas, además de un análisis ABC, para poder establecer una política de inventarios que proponga mejoras en el área operativa. Por otro lado, se verifica que la demanda se ajusta a una distribución normal mediante pruebas de bondad de ajuste. Adicionalmente, mediante la aplicación del sistema de revisión continua, se logra definir unos stocks de seguridad, los puntos de reorden, una cantidad óptima a pedir y el número de pedidos que deben ser realizados cada año.

Finalmente, se tiene el texto de Leidy Tatiana Barbosa Pérez y Juan Manuel Abella Ramírez [20], denominado Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la empresa Imporcauchos S.A. para la línea de producción. Este proyecto se enfoca en analizar los factores relacionados con el proceso de administración de inventarios de Importcauchos S.A. En primer lugar, se determina la situación actual con respecto a la gestión y uso de materias primas. Luego, se propone una gestión que incluya la identificación de costos operativos, costos de mantener inventario y costo de faltantes, de forma que puedan ser monitoreados y controlados. Teniendo como foco el análisis de la demanda, se determina el modelo de inventario adecuado para cada línea de producción. Asimismo, se realiza una clasificación ABC determinando los productos más importantes para la empresa. A continuación, para agregar y comprimir información detallada y relevante se elaboró una plantilla de administración de inventario que funciona al registrar todos los tipos de movimientos que se producen con materias primas o materiales utilizados por una organización. Además, funciona para recopilar información del análisis de cada modelo aplicado a cada material. De esta manera, se asegura que la administración adecuada de los inventarios perdure en el tiempo.

Las revisiones realizadas permitieron observar y conocer las diversas propuestas y métodos implementados que pueden hacer un aporte significativo para el desarrollo del proyecto. Esto, debido a que como se mencionó anteriormente, La Asociación no tiene políticas ni herramientas de gestión de inventario, por lo que las revisiones de la literatura permitieron identificar diferentes formas de abordar este problema.

Por ejemplo, el aporte potencial que presenta este texto al proyecto es el uso de los algoritmos heurísticos como el de Silver meal, de igual modo, la realización de pronósticos de demanda en donde se analizan los comportamientos de la serie puede resultar útil en una posible alternativa de solución. Asimismo, la postura de los autores Fabián Domínguez Pérez, Igor López Martínez, Pilar M. Felipe Valdés, Antonio E. Valín García y Allegra Cruz Ruiz serviría de guía para la implementación del sistema mediante herramientas computacionales y del sistema de gestión de almacenes en múltiples procesos y productos en caso de desarrollarla en el proyecto. Por otro lado, la clasificación por metodología AHP combinado con ABC para la gestión de productos, tal como fue visto en el artículo Sistema de control de inventarios multicriterio difuso para repuestos, sería interesante de evaluar en el proyecto como un uso complementario del análisis, así como también lo sería los pronósticos de la demanda para ítems clase A descritos en el mismo artículo. Asimismo, resulta valioso considerar el uso de modelos matemáticos como la programación lineal o modelo heurísticos como lo plantean los autores Dr. C. Arturo Bofill la Dra. C. Neyfe Sablón Cossío.

Además, se podrían considerar los métodos de clasificación ABC, VED y FNS para determinar la importancia de los artículos basándose en la implementación de múltiples metodologías de forma simultánea. Por su parte, el uso de métodos como EOQ y MOQ pueden ayudar a determinar las políticas de pedido, como fueron vistos en los artículos How is Information from ABC-VED-FNS Matrix Analysis Used to Improve Operational Efficiency of Pharmaceuticals Inventory Management? A Cross-Sectional Case Analysis y en el texto Evaluation of Inventory Management Practice in Food Processing Industries in Lagos: Analytical Hierarchy Process Approach.

Finalmente, será oportuno considerar el elemento relacionado a las pruebas de bondad visto en el texto Diseño de una política de inventarios para una empresa de acero, para considerarlo entre las alternativas de diseño y actividades a realizar, pues permitirá determinar el comportamiento de la demanda. Del mismo modo, tiene sentido considerar el texto Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la empresa Imporcauchos S.A para la segmentación de los costos en el proyecto, debido a la robustez con la que el sistema de gestión fue diseñado.

### *C. Exploración de ideas y selección de alternativa*

Luego de la revisión de la literatura, en este apartado se buscará definir una serie de alternativas y elegir aquella que mejor se ajuste a los requisitos de los interesados y a las limitaciones o restricciones que se han enunciado. Lo anterior se ejecutará mediante la determinación de un conjunto de criterios, los cuales serán ponderados a través del uso del análisis jerárquico de procesos. Finalmente, las alternativas tendrán una calificación respecto a cada uno de los criterios, esta será multiplicada por la ponderación y sumados para seleccionar como solución de diseño aquella alternativa que presente una mayor calificación total.

Inicialmente, se generó una discusión en torno a qué criterios pueden ser considerados de forma que la selección de la alternativa de diseño sea la mejor para el proyecto. Para su determinación, fue importante considerar una serie de variables cualitativas, y recordar que los fines de la planta no son lucrativos, sino que el enfoque debe ser maximizar el servicio a las comunidades indígenas. Sin embargo, también fue importante resaltar el hecho de que dicha solución no se puede evaluar únicamente desde la perspectiva del factor cultural, sino que debe ser lo suficientemente robusta. Por ello, esta debe considerar otros criterios cuantitativos que serán útiles para definir qué alternativa se implementará, todo esto con el fin de mejorar en múltiples aspectos la administración de los inventarios.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, el criterio de selección inicial es el fácil manejo e implementación, el primero hace referencia a que la solución diseñada debe contar con un uso sencillo. De esta forma, se busca que las personas encargadas de



emplearla puedan hacerlo tras una capacitación, más no quiere decir que necesiten de un profundo conocimiento de la metodología usada en el desarrollo y aplicación. Por su parte, la facilidad de implementación requiere que el montaje del diseño sea lo más natural y cómodo posible. En segundo lugar, se encuentra la consideración de la variabilidad de la demanda, la cual se fundamenta en que en la realidad esta se comporta de forma estocástica y no determinística. Esto es esencial, ya que realizar aproximaciones para determinar que se conoce en la totalidad el comportamiento futuro de la demanda puede describir erróneamente la realidad del proceso. Luego, se presenta el criterio del cumplimiento de los requisitos, este será considerado como el de mayor envergadura pues es uno de los principales propósitos por el cual se justifica la realización del proyecto. Otro criterio que será conveniente resaltar, es que el diseño considere el comportamiento de los costos y de qué manera estos están siendo manejados, en qué tipos de costos se incurre y cuál es su clasificación. Para concluir, el último criterio se enfoca en la fácil adaptación que el sistema de gestión presente con relación al factor cultural, el cual como se ha descrito a lo largo del documento es una característica imprescindible en el diseño de la solución.

Los cinco criterios enunciados fueron evaluados con la metodología AHP (ver Anexo 17), al igual que ocurrió en la clasificación de los productos. Por medio de dicho análisis se estableció una ponderación de los criterios, donde cada uno tendrá un peso relativo de acuerdo con su importancia en la selección de alternativas. El porcentaje correspondiente a la prioridad de cada criterio se puede evidenciar en la Fig. 14.

<b>Criterio</b>	<b>Peso ponderado</b>
Fácil manejo e implementación	24,42%
Considera la variabilidad de la demanda	13,73%
Cumplimiento de requisitos	40,17%
Considera los costos	13,73%
Fácil adaptación al factor cultural	7,94%

*Fig. 14. Peso ponderado de los criterios de selección*

A través del Método Walt Disney, fueron propuestas diversas opciones de solución al problema del desbalance y la imposibilidad de contar con indicadores que mejoren el manejo de los inventarios (ver Anexo 18). Del mismo modo, como parte del proceso de creación de ideas fue incluida la espina principal que genera el problema la cual se mostró en el Ishikawa, y la causa raíz enunciada como la inexistencia del sistema de gestión de inventarios. Simultáneamente, el análisis de literatura permitió reflexionar sobre cómo otros autores han abordado problemas análogos al del proyecto. Esto fue posible a pesar de que los distintos problemas abordados no se enfoquen en la misma industria, pues la administración de productos terminados en términos de sistemas de control es comparable en la mayor parte de las ocasiones.

Para empezar, la primera alternativa de solución se basa en el uso de la programación lineal entera mixta (o MILP, por sus siglas en inglés). A través de esta se garantizará una política óptima en el manejo de los inventarios, en donde se tendrá dos objetivos simultáneos, el maximizar el nivel de servicio al menor costo posible. Esta requiere de los datos de demanda, nivel inicial de inventarios y demás parámetros. Como resultado del modelo se espera obtener la cantidad óptima de producto a mantener en inventarios y el número de unidades a producir en cada periodo.

En segundo lugar, se plantea el diseño de un modelo probabilístico en donde se considere el fuerte componente aleatorio asociado a la demanda. En este sistema se establecerá una unidad de tiempo para la revisión de las unidades en inventarios, esta puede ser definida de manera periódica o continua, sin embargo, se evaluarán ambas alternativas y se seleccionará aquella que incurra en menores costos totales y mejore el nivel de servicio de la planta. Asimismo, serán definidos los ciclos de conteo los cuales están relacionados con la clasificación de las familias. Adicionalmente, se considerarán los pronósticos de demanda para cada producto en cada período, la cantidad óptima de pedido que establezca la política en donde se consideren los tiempos de producción y el lead time, el cálculo de los costos de mantener inventario y la estimación de los costos por faltantes. Al final, podrán ser evaluados una serie de indicadores propuestos que permitan comparar la solución planteada con la situación actual.

Continuando con la enunciación de alternativas, se propone inicialmente elaborar una política de control sustentada en la cantidad económica de producción o EPQ. Dicha política se tiene como objetivo minimizar los costos totales, considerando una tasa de demanda y producción, dando como resultado el tamaño óptimo del lote de producción y el tiempo de ciclo. En la segmentación de los costos no solo será importante tener en cuenta el costo de alistar la producción y el costo de mantener inventarios, sino que se establecerá un costo por el incumplimiento de la demanda, el cual es una penalización por ventas perdidas. Asimismo, serán calculados otros indicadores de gestión como el nivel de servicio y la rotación de los inventarios.

Por otra parte, se propone un sistema de gestión de inventarios, en donde se tenga en cuenta el uso de metodologías heurísticas, como lo es el algoritmo de Silver-Meal. Este se enfoca en buscar el menor costo promedio para determinar el requerimiento neto,

es decir el tamaño del pedido. Además, serán utilizadas herramientas de pronóstico y pruebas de bondad de ajuste para analizar el comportamiento de la demanda. Igualmente, se calcularán los indicadores de control que permitirán verificar de qué manera la solución diseñada se ajusta a los requisitos de los grupos de interés.

Para finalizar, se presenta un sistema de gestión basado en la clasificación de los productos o familias de manera conjunta, mediante el uso de las metodologías ABC, VED y FNS de manera simultánea. La clasificación ABC fue realizada en la etapa medir utilizando el principio de Pareto y el método AHP. Por otro lado, la clasificación VED se realizaría en función de la criticidad de los productos. Esta se segmenta en tres grupos, Vital, Esencial, y Deseable, en los cuales asignan cada uno de los productos [21]. Por su parte, el FNS examina el peso del costo, el valor crítico y la tasa de desgaste. Con ello, se podrá separar los productos por categorías de acuerdo con la gestión, prioridad o periodo de reposición que requiera cada uno. Finalmente, conforme con la clasificación que pertenezca se establecerá un valor mínimo de pedido (MOQ, por sus siglas en inglés), pues los encargados de la planificación reconocerán a partir de la capacidad de la planta y las necesidades de la comunidad si se requiere una mayor producción.

Ahora, una vez han sido reconocidas cada una de las alternativas de solución, se debe precisar de qué manera estas serán evaluadas. De forma conjunta, el grupo del proyecto ha determinado hacer uso de la matriz de preferencia para establecer qué propuesta será la seleccionada. Para su desarrollo, cada una de las opciones de diseño fue evaluada en una escala de 1 a 5 para cada uno de los 5 criterios que se establecieron anteriormente para su calificación (ver Anexo 19). Los resultados obtenidos tras la calificación se pueden observar en la Fig. 15, en donde se demuestra que la mayor puntuación corresponde al sistema de revisión.

Alternativas	Puntuación
MILP	3,16
Sistema de revisión	4,15
EPQ	3,52
Silver-Meal	3,95
Clasificación y MOQ	3,84

Fig. 15. Calificación de las alternativas de diseño

Lo anterior se debe a que su puntaje para aquellos criterios con mayor peso ponderado es considerablemente bueno. Asimismo, es determinante reconocer el hecho de que es la opción con mayor robustez y que busca satisfacer el cumplimiento de los requisitos desde todo punto de vista. En primera instancia, la revisión de los inventarios ya sea continua o periódica permitirá conocer con mayor precisión el nivel de stock y establecer una política de administración para el reabastecimiento de producto terminado. Adicionalmente, será importante proponer un método de conteo de los inventarios físicos en función de la clasificación de cada familia, de forma que estos sean contrastados con el valor esperado del inventario final. De esta manera, se busca disminuir considerablemente el problema que se asocia al desbalance de los inventarios y la fluctuación de los costos que se puede presentar.

Por otro lado, el diseño incluirá a su vez el cálculo y control de indicadores de gestión, los cuales se podrán ajustar a los requisitos de los grupos de interés. Finalmente, también se debe considerar la elaboración de una herramienta o aplicativo que permita a la planta tener un sistema de información, en el cual se pueda realizar el seguimiento al inventario de producto terminado. Esto es esencial, pues una política de revisión ya sea continua o periódico debe contar con un sistema que permita monitorear de manera eficaz el nivel de inventario de producto terminado.

#### D. Objetivos

Objetivo General:

Diseñar un sistema de gestión de inventarios de producto terminado basado en un modelo probabilístico de demanda para la revisión del stock y el conteo de los inventarios físicos, con el fin de reducir el desbalance y aumentar el nivel de servicio en una planta de medicamentos para comunidades indígenas.

Objetivos específicos:

- Establecer una política de conteo considerando la clasificación de las familias y elaborar un sistema de información que permita consultar el inventario de producto terminado.

- Definir el sistema de revisión de inventarios más adecuado e incorporar los costos de ordenar, costos de mantener inventarios y costos de faltantes.
- Calcular los indicadores de gestión del sistema propuesto de modo que se consolide la información que permita mejorar en la toma de decisiones.
- Evaluar y validar la propuesta de solución al comparar los resultados de los indicadores del sistema propuesto con los relacionados al sistema actual a través del uso de herramientas computacionales.

E. Plan de trabajo (PdT)

Para desarrollar el plan de trabajo fueron planteada una secuencia de actividades y tareas relacionadas a lograr el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos. El plan de trabajo se puede observar en la Tabla V. Igualmente, fue realizado un diagrama de Gantt el cual se puede ver en el Anexo 20. Aquí, se muestran los tiempos de duración y mayor detalle de las tareas necesarias para desarrollar cada actividad.

TABLA V.  
PLAN DE TRABAJO

Objetivo general						
Diseñar un sistema de gestión de inventarios de producto terminado basado en un modelo probabilístico de demanda para la revisión del stock y el conteo de los inventarios físicos, con el fin de reducir el desbalance y aumentar el nivel de servicio en una planta de medicamentos para comunidades indígenas.						
Objetivos específicos	Actividades	Área IISE	Herramienta	#	Entregable	Fecha
Establecer una política de conteo considerando la clasificación de las familias y elaborar un sistema de información que permita consultar el inventario de producto terminado.	Asignar el número de veces que se debe contabilizar cada familia de productos según la clasificación	4. Facilities Engineering and Energy Management	Storage policies	D.1	Política de conteo de los inventarios de producto terminado	29-09-2022
Definir el sistema de revisión de inventarios más adecuado e incorporar los costos de ordenar, costos de mantener inventarios y costos de faltantes.	Comparar y elegir entre el modelo de revisión continua y el de revisión periódica	4. Facilities Engineering and Energy Management	Storage policies	E.2	Informe de resultados de la comparación de los modelos de revisión junto con los costos calculados del manejo de inventarios y la elección del modelo	25-10-2022
	Calcular los costos asociados al manejo de inventarios	3. Engineering Economic Analysis	Accounting and Cost Accounting	I.2		
		3. Engineering Economic Analysis	Classification of Cost	B		
Calcular los indicadores de gestión del sistema propuesto	Calcular los indicadores asociados a la		Service level	L.3	Tablas que muestran los resultados de	21-10-2022

de modo que se consolide la información que permita mejorar en la toma de decisiones.	gestión del sistema que se utilizará	7. <i>Operations engineering and management</i>	Plan effectiveness	L.7	los indicadores de ambos sistemas de gestión que facilitan la selección de la mejor práctica para el desarrollo del sistema de gestión de inventario	
	Comparar los resultados obtenidos de los indicadores para establecer una mejora en la toma de decisiones					
Evaluar y validar la propuesta de solución al comparar los resultados de los indicadores del sistema propuesto con los relacionados al sistema actual a través del uso de herramientas computacionales.	Validar la propuesta de solución con herramientas computacionales e indicadores propuestos	7. <i>Operations engineering and management</i>	Simulation	A.2	Informe acerca de la mejora e impacto del proyecto en la situación de la compañía.	18-11-2022
		3. <i>Engineering Economic Analysis</i>	Accounting and Cost Accounting	I.2		
		3. <i>Engineering Economic Analysis</i>	Classification of Cost	B		
		7. <i>Operations Engineering &amp; Management</i>	Service level	L.3		
	Comparar resultados obtenidos con los actuales de la empresa	7. <i>Operations engineering and management</i>	Simulation	A.2		

## V. MEJORAR

### A. Desarrollo del diseño de la solución

Esta etapa se plantea el diseño del sistema de gestión de inventarios de producto terminado, el cual inicialmente propone la política de conteo y la elaboración del sistema de información. Además, se desarrollan los pronósticos de demanda, y se comparan los sistemas de control continuo y periódico a través de los costos de mantener inventarios, de pedir y de faltantes para la familia de tisanas. De este modo, se busca alcanzar los objetivos planteados en el proyecto, seguir el plan de trabajo, cumplir con los requisitos de los interesados y las restricciones de diseño.

En primer lugar, se presenta la política de conteo de los inventarios de producto terminado la cual tiene como objetivo disminuir el desbalance presentado en la declaración del problema. En las etapas de medir y analizar se resaltaba el hecho de que el conteo y revisión de los inventarios es una actividad que se realiza únicamente a finales de cada año para términos contables. No obstante, el gran periodo de tiempo entre un conteo y otro hace que exista una incertidumbre muy grande en la precisión de la información. Por este motivo, se plantea que la contabilización debe ser realizada de acuerdo con la importancia que cada producto tiene para la planta de producción. En este sentido, siguiendo la metodología recomendada por Render y Heizer, aquellas familias que sean catalogados como tipo A, serán contabilizados una vez al mes; por su parte, las familias clase B serán contabilizadas una vez cada tres meses, y las familias clase C se contarán una vez cada seis meses [22].

Luego, es importante resaltar que la inexistencia de un sistema que informe el nivel de stock de cada uno de los productos no solo es un punto débil del proceso, sino que es un impedimento para el desarrollo del proyecto. En consecuencia, se formula el diseño de un aplicativo en Microsoft Excel (ver Anexo 21), el cual cuenta con diversas propuestas para la planta de medicamentos. La base fundamental se encuentra en la consulta del inventario en donde se puede observar el nivel actual de cada producto. Sin embargo, para que su funcionamiento sea ideal se permite digitar las entradas y salidas del proceso. En otras palabras, se puede generar un registro de la producción y ventas de forma que el flujo este constantemente actualizado, y la información del sistema sea lo más ajustada posible a la realidad.

Ahora, como se ha mencionado desde la etapa medir, el diseño se enfocará de manera exclusiva en la familia de tisanas, la cual se compone por 13 diferentes productos. Esto se establece principalmente para cumplir con el alcance en términos de duración del proyecto. Aun así, se brindará la información necesaria para que este avance sea replicado en las demás familias que se fabrican en el centro de producción de medicamentos.

En este orden de ideas, al tener un alcance y enfoque más específico son realizadas pruebas de bondad de ajuste para determinar la normalidad de los datos de demanda. Como resultado se obtuvo que de esta familia solo las tisanas de diarrea y fiebre se ajustan a la distribución normal, mientras los demás productos debido a su alta variabilidad y múltiple presencia de ceros en las series de tiempo presentan un comportamiento errático (ver Anexo 22). Por lo tanto, al analizar el comportamiento de los 18 datos se utilizan los pronósticos siguiendo la metodología de la suavización exponencial simple para las series estacionarias o perpetuas. A su vez, la suavización exponencial doble se usa para series con tendencia (método de Holt), y la suavización exponencial triple para series estacionales (método de Winters). Por su parte, el método de Croston se propone para estimar la demanda de aquellos ítems que tengan una serie errática, es decir, con múltiples ocasiones con demanda en cero.

En el Anexo 23 es posible observar los pronósticos de cada producto de la familia, aquí se comparan métodos para series perpetuas, con tendencia o erráticas. Esto como consecuencia de que, para el caso de las tisanas, las series no presentan series con comportamiento estacional. También se debe resaltar que para determinar los errores de cada método se usó la desviación absoluta media (DAM) y el error cuadrático medio (ECM). Además, los parámetros de cada uno fueron optimizados usando la función de Solver para minimizar los estimadores de error. En la Tabla VI, el método que mejor se ajusta a cada ítem de la familia de deshidratados. Para las tisanas de hipertensión y depurativo no se presentan demandas en los periodos determinados, por lo cual no se consideran sus pronósticos.

*TABLA VI.  
RESUMEN DE MÉTODOS DE PRONÓSTICOS*

<b>Código</b>	<b>Producto</b>	<b>Método de pronóstico</b>	<b>Serie de tiempo</b>
005-001	Tisana diarrea	Suavización exponencial simple	Perpetua
005-002	Tisana gripa	Suavización exponencial simple	Perpetua
005-003	Tisana fiebre	Suavización exponencial simple	Perpetua
005-005	Tisana apio	Método de Croston	Errática
005-006	Tisana limoncillo	Método de Croston	Errática
005-007	Tisana cidron	Método de Croston	Errática
005-008	Tisana purgante	Suavización exponencial doble	Tendencia
005-009	Tisana cólicos menstruales	Suavización exponencial doble	Tendencia
005-010	Tisana coca	Método de Croston	Errática
005-012	Tisana manzanilla	Método de Croston	Errática
005-013	Tisana torongil	Método de Croston	Errática

Paralelamente, en la Fig. 16 se observa la comparación entre la serie de demanda, y su respectivo pronóstico para la tisana de diarrea. La demanda cuenta con 18 datos que corresponden entre los meses de enero 2021 y junio 2022. Por su parte, el pronóstico fue para el intervalo entre julio 2022 y junio 2023, el cual fue realizado con el método de suavización exponencial simple. Aquí se evidencia la manera en que el pronóstico se mantiene estable a lo largo del tiempo.

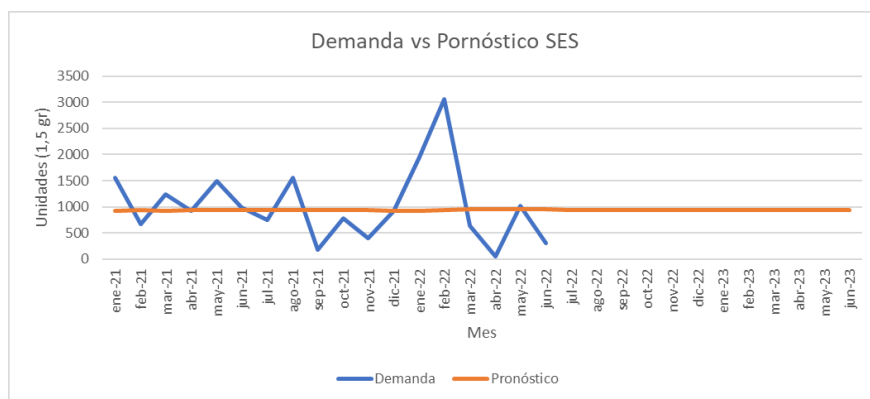


Fig. 16. Demanda vs pronóstico de tisana de diarrea

Una vez estimado el comportamiento de la demanda en un futuro, se procede a comparar los sistemas de revisión de inventario continuo (s, Q) y periódico (R, S). Esto se hace con el objetivo de determinar los niveles de inventario que se deben manejar, la cantidad de faltantes que se espera tener en cada periodo y como los costos se ven involucrados en cada política. Asimismo, dicha política permitirá establecer de qué manera el inventario de producto terminado será administrado y cómo este debe ser monitoreado para establecer una revisión del sistema de información diseñado. Es decir, en caso de que el sistema seleccionado sea la revisión continua, el nivel de stock del producto debe ser verificado cada vez de que un se haya alistado el pedido de ese producto. Por su parte, el sistema de revisión periódica indica que el sistema se debe monitorear en intervalos fijos de tiempo.

Para empezar, se definen los costos de mantener inventarios, los costos de ordenar y los costos por faltantes, los cuales en conjunto forman el costo total relevante (1).

$$CTR = \text{Costo de ordenar} + \text{Costo de mantener inventarios} + \text{Costo por faltantes} \quad (1)$$

Para el caso de la política de revisión (s, Q) los costos de ordenar se calculan con (2). La variable que se debe calcular en primera instancia es el costo de alistamiento. Este costo es un valor fijo que se depende de cada orden que se enlista para la preparación de la producción. El costo de ordenar incluye la preparación de la producción, así como el diligenciamiento de formularios, la transmisión de la información para la requisición de insumos y demás. En conjunto con los expertos de la planta, se determinó que este costo corresponde al 20% de las funciones de la persona encargada de enlistar las ordenes de producción (ver Anexo 24).

$$\text{Costo de ordenar} = \frac{AD}{Q} \quad (2)$$

Donde,

A = Costo de ordenar o alistar la producción (\$/orden)

D = Tasa anual de la demanda (unidades/año)

Q = Cantidad a ordenar (unidades)

En cuanto a los costos de mantener inventarios (3), hacen referencia a aquellos costos que se generan al mantener productos terminados en la bodega. Dichos costos consideran principalmente el inventario promedio que se almacena en cada periodo y el inventario de seguridad manejado para atender la variabilidad de la demanda. En este caso, se debe definir la tasa de mantener inventario (r), la cual se representa en un porcentaje anual. Para el cálculo de esta tasa es necesario conocer cómo se comportan diversos costos asociados al manejo y almacenamiento de productos terminados.

De acuerdo con Ballou, es posible reconocer los costos de espacio, los costos de capital, los costos de servicios de inventarios y los costos de riesgo de inventarios [23]. Sin embargo, debido a la ausencia de información y la informalidad en el manejo de inventarios que se presenta en la planta de producción estimar algunos de estos costos no es posible. Asimismo, no se presentan otros costos relevantes para esta variable como lo pueden ser los relacionados a la seguridad de la propiedad, o de seguros sobre los productos, pues en la aplicación real la planta no los considera necesarios para su funcionamiento. Por tal motivo, la tasa de mantener será tomada de la literatura. De este modo siguiendo un caso de estudio similar, la tasa  $r$  se establecerá en un valor de 25% anual [24]. Este es considerado la cifra máxima que puede alcanzar la tasa, pues como se mencionó con anterioridad la planta no incurre en gran parte de los costos que la teoría resalta.

$$\text{Costo de mantener inventario} = \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_{LT} \right) * v * r \quad (3)$$

Donde,

$k$  = Factor de seguridad

$\sigma_{LT}$  = Desviación estándar de los errores del pronóstico (unidades)

$v$  = Precio de venta (\$/unidad)

$r$  = Tasa de mantener inventarios (%/año)

En último lugar se presentan los costos por faltantes (4). Este es un valor necesario, pues si bien se busca maximizar el beneficio de las comunidades a través de alcanzar un nivel de servicio del 100%, este valor es poco probable de alcanzar debido a la variabilidad de la demanda. De igual modo, se incurrirían en altos costos que llevarían tener grandes inventarios de seguridad para hacer frente a la volatilidad de la demanda, lo cual podría afectar la operación de la planta al no contar con una liquidez suficiente. En la empresa cada faltante es considerado como una venta perdida, pero, no se ve afectado la totalidad del pedido, sino únicamente las unidades del producto que no están disponibles. El costo por unidad faltante se estima a partir del porcentaje de los costos que representa no realizar la venta, es decir, el margen de contribución unitario (ver Anexo 25).

$$\text{Costo por faltantes} = \left( \frac{D}{Q} \right) + B_2 * v * \sigma_{LT} * G_z(k) \quad (4)$$

Donde,

$B_2$  = Costo por unidad faltante (%)

$G_z(k)$  = Función especial de la distribución normal unitaria

De esta manera, la ecuación (1) pasa a ser (5). Aquí, se puede calcular el costo total relevante (CTR) el cual expresa los costos totales asociados a la administración de los inventarios y se expresa de forma anual. Para el caso de la revisión periódica (R, S), se tiene que la cantidad de pedido es equivalente al producto entre el tiempo entre revisión y la tasa de la demanda, de lo cual se obtiene el siguiente CTR (6).

$$\text{CTR (política } s, Q) = \frac{AD}{Q} + \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_{LT} \right) * v * r + \left( \frac{D}{Q} \right) + B_2 * v * \sigma_{LT} * G_z(k) \quad (5)$$

$$\text{CTR (política } R, S) = \frac{A}{R} + \left( \frac{DR}{2} + k * \sigma_{LT} \right) * v * r + \left( \frac{1}{R} \right) + B_2 * v * \sigma_{LT} * G_z(k) \quad (6)$$

Donde,

R = Periodo de revisión

Ahora que se cuentan con las fórmulas de costos a partir de las cuales serán evaluados sistemas de control de inventarios, se calcularán los resultados de sistema cada sistema. En el caso de la política de revisión continua se tiene el punto de reorden (s) y la cantidad a ordenar (Q). El punto de reorden, indica el nivel en el que se debe iniciar el alistamiento de manera que el almacén de producto terminado pueda reabastecerse, considerando que existe un tiempo de reposición, mientras Q es la cantidad que se debe ordenar cada vez que se alcanza el nivel s en los inventarios. Por su parte, para la política de revisión periódica se tiene el periodo de revisión (R) y el nivel máximo de inventario (S). El periodo de revisión es el intervalo de tiempo entre los cuales se hace el conteo de los inventarios. Con ello, se generan los requerimientos de producto terminado, de forma que cada uno alcance un nivel máximo S en la bodega. Para cada sistema es necesario a calcular el nivel de servicio (7), para de esta forma obtener los indicadores de control del sistema de gestión.

$$\text{Nivel de servicio} = 1 - \left( \frac{\sigma_{LT} * G_z(k)}{Q} \right) \quad (7)$$

Para finalizar, se procede a realizar los cálculos para cada una de las políticas, de forma que los resultados puedan ser comparados. En la Tabla VII, se presentan de los resultados obtenidos con el sistema de revisión continua (ver Anexo 26). Similarmente, la Tabla VIII muestra los resultados del sistema de revisión periódica (ver Anexo 26).

*TABLA VII.  
RESULTADOS SISTEMA DE REVISIÓN CONTINUO (s, Q)*

Política de revisión continua (s, Q)					
Código	Producto	NS	NS promedio	CTR	CTR total
005-001	Tisana diarrea	99,79%	99,84%	\$ 822 794	\$ 6 678 352
005-002	Tisana gripa	99,80%		\$ 844 262	
005-003	Tisana fiebre	99,81%		\$ 678 502	
005-005	Tisana apio	99,87%		\$ 389 529	
005-006	Tisana limoncillo	99,89%		\$ 454 034	
005-007	Tisana cidron	99,84%		\$ 543 409	
005-008	Tisana purgante	99,79%		\$ 594 098	
005-009	Tisana cólicos menstruales	99,76%		\$ 1 011 639	
005-010	Tisana coca	99,90%		\$ 407 468	
005-012	Tisana manzanilla	99,80%		\$ 617 754	
005-013	Tisana torongil	99,93%		\$ 314 865	

*TABLA VIII.  
RESULTADOS SISTEMA DE REVISIÓN PERIÓDICO (R, S)*

Política de revisión periódica (R, S)					
Código	Producto	NS	NS promedio	CTR	CTR total
005-001	Tisana diarrea	99,58%	99,65%	\$ 887 229	\$ 7 138 567
005-002	Tisana gripa	99,64%		\$ 904 034	
005-003	Tisana fiebre	99,58%		\$ 746.799	
005-005	Tisana apio	99,62%		\$ 415 822	
005-006	Tisana limoncillo	99,82%		\$ 463 764	
005-007	Tisana cidron	99,66%		\$ 571 823	
005-008	Tisana purgante	99,41%		\$ 690 848	



005-009	Tisana cólicos menstruales	99,60%	\$ 1 060 333
005-010	Tisana coca	99,82%	\$ 417 381
005-012	Tisana manzanilla	99,55%	\$ 662 136
005-013	Tisana torongil	99,89%	\$ 318 397

Con estos resultados, se demuestra que la mejor política para desarrollar el sistema de gestión de inventarios es la revisión continua. Esto gracias a que el costo total relevante para cada producto y en total, es mayor al obtenido en la revisión periódica. Adicionalmente, resalta que en promedio el nivel de servicio teórico del sistema (s, Q) es un poco superior al del sistema (R, S). Si bien se obtiene una diferencia que puede llegar a ser considerada despreciable, considerando la grave situación de desbalance en los inventarios, un control continuo del stock le permitirá a la planta tener un manejo más preciso sobre sus productos terminados.

Por consiguiente, se decide que la política que se simulará en la validación de la solución es una política de revisión continua, con un punto de reorden s y una cantidad de pedido Q. Con ello, se logra establecer el nivel de servicio el inventario promedio, y la división de los costos de inventario, los cuales son indicadores de gestión asociados a la administración de los inventarios de producto terminado. Además, con la implementación de la revisión constante de los productos en el sistema de información, será posible tener un control más preciso sobre el nivel del stock.

### B. Validación del diseño propuesto

Tras realizar la comparación de los sistemas de inventarios continuo y periódico, se procede a ejecutar la validación de la solución propuesta para el desarrollo de sistema de gestión de inventarios. En esta sección se verifica que la política de revisión (s, Q) es adecuada de acuerdo con los objetivos planteados en el proyecto. Por tal razón, a través de la simulación Montecarlo se desea demostrar el comportamiento de los indicadores de gestión, considerando múltiples escenarios de demanda.

Para realizar la validación de la propuesta, se utilizó la herramienta de Risk Simulator de Microsoft Excel para llevar a cabo una simulación del sistema de revisión continua (s, Q). Como datos de entrada del modelo se tiene la demanda correspondiente al periodo comprendido entre julio 2022 y junio 2023. Además, se presentan los datos iniciales de demanda comprendida entre enero 2021 y junio 2022 para comprobar el funcionamiento del modelo. Por otro lado, las variables de salida son el nivel de servicio, el inventario promedio y el costo total relevante obtenidos en la simulación. Estos indicadores serán comparados con los valores teóricos del sistema y con el valor actual de la planta.

En primer lugar, se determinan las propiedades de la simulación, en donde se plantean 1 000 iteraciones de manera que se pueda obtener un valor esperado confiable y estable de los indicadores (ver Anexo 27). Adicionalmente, en esta sección se seleccionó la distribución normal, en donde se simuló la demanda mensual utilizando la demanda promedio y desviación de la demanda de los 18 datos iniciales. Luego, los niveles de inventario se calcularon diariamente asumiendo que cada mes cuenta con 30 días, al igual que la demanda. Esta división permite a su vez observar cómo el inventario de seguridad incorporado en el punto de reorden se comporta ante la variación de la demanda y del tiempo de abastecimiento.

En la Tabla IX, se observa la comparación entre el comportamiento teórico y el resultado de la simulación de los indicadores del sistema de gestión, en el caso especial de las tisanas. Aquí, se puede resaltar cómo la variación entre los indicadores teóricos y los obtenidos luego de la simulación es bastante pequeña. Esto demuestra que los niveles del punto de reorden están establecidos correctamente pues bajo múltiples escenarios probabilísticos de demanda y un tiempo de reposición que puede variar entre 14 y 28 días, en promedio los resultados se mantienen estables.

TABLA IX.  
COMPARACIÓN INDICADORES TEÓRICOS VS SIMULADOS

Valores	Nivel de servicio	CTR	Costo del inventario promedio
Valor teórico	99,84%	\$ 6 678 352	\$ 12 732 717
Valor simulación	97,34%	\$ 6 924 336	\$ 13 873 350
Variación (%)	2,57%	8,22%	3,55%

## VI. CONTROLAR

### A. Medición de impactos

Esta etapa tiene como propósito precisar cómo la solución planteada influye sobre la administración de los inventarios de la planta. De este modo, al contrastar los indicadores del sistema actual contra el sistema de gestión propuesto, se puede observar una clara mejoría. En primera instancia, el nivel de servicio promedio para la familia de tisanas es el más bajo en todas las familias de productos. Por lo cual, a través de la política de revisión continua se logra un aumento significativo en casi el 35% de la proporción de demanda satisfecha con el inventario a la mano (ver Fig. 17). Con ello, fue posible superar la meta propuesta para el nivel de servicio, la cual se planteaba en un 90%, y que finalmente llega hasta un 97,34%. De este modo se cumple con el requisito de satisfacer la mayor proporción de demanda posible, logrando que la planta sea autosostenible.

Adicionalmente, se debe resaltar el factor social como una variable fundamental en el planteamiento de la solución. Como se ha mencionado con anterioridad el objetivo de la planta no es generar el máximo de ingresos, sino generar el mayor beneficio en la comunidad. En consecuencia, un alto nivel de servicio les permitirá a las personas tener una mayor disponibilidad de los medicamentos los cuales son muy importantes para la preservación de sus costumbres y tradiciones. Lo anterior demuestra el cumplimiento de los requisitos de diseño relacionados al beneficio y atención de las necesidades de la comunidad a través de los cuales La Asociación, la planta y los clientes buscaban mejorar la proporción de demanda satisfecha. Del mismo modo, al presentar una mayor disponibilidad de los medicamentos, se logra brindar una mayor seguridad social y sanitaria, lo cual es fundamental para La Asociación y el IEI.

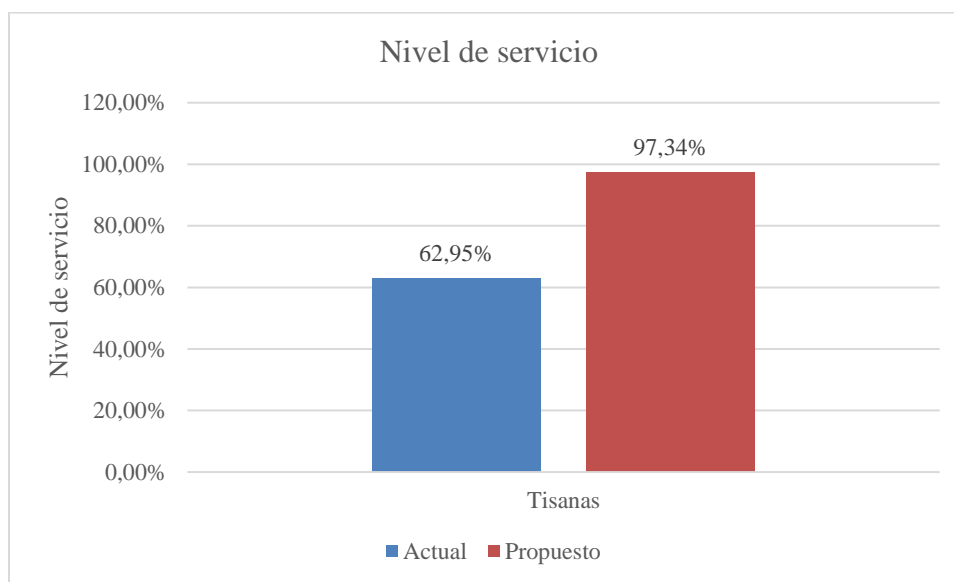


Fig. 17. Comparación del nivel de servicio de tisanas actual vs propuesto

Por último, en relación con los costos se observa a lo largo del documento dos indicadores vinculados a estos. El primero hace referencia al costo del inventario promedio, el cual solo calcula el costo del nivel de inventarios. Este indicador fue planteado de manera inicial de forma que permitiera medir cómo se comportaba el sistema actual, en donde no existían indicadores relacionados a la administración de inventarios. En la Fig. 18 se compara la situación actual con los resultados de la simulación, en donde se observa que el costo del inventario promedio aumentó en torno a \$370 000 COP. Esto se deriva del aumento del nivel de los inventarios y el establecimiento de inventarios de seguridad que permitan controlar los efectos de la variabilidad de la demanda durante el tiempo de abastecimiento. De esta forma, no se considera el aumento como un efecto adverso, sino como el producto de la búsqueda de la planta de fortalecer el servicio sus clientes, representado en las necesidades de la comunidad indígena.

Además, se debe considerar que el inventario promedio actual se calculó con un promedio entre el inventario final del 2020 y 2021. Esta es una estimación que puede ser bastante lejana a la realidad y es consecuencia de la poca información disponible al respecto, con lo cual el costo del inventario promedio actual puede llegar a ser muy superior, y por tanto la diferencia entre el

actual y el simulado presentaría una reducción en los costos. Además, también es importante resaltar que, con el sistema de gestión propuesto, el indicador que demuestra el funcionamiento de los costos de los inventarios de producto terminado es el costo total relevante, el cual es más confiable y usado en la literatura. Este costo se establece en torno a los \$6 900 000 de COP para la familia de tisanas. De esta manera, se observa una diferencia significativa entre el CTR propuesto y el costo del inventario promedio actual, situado en \$13 502 967.

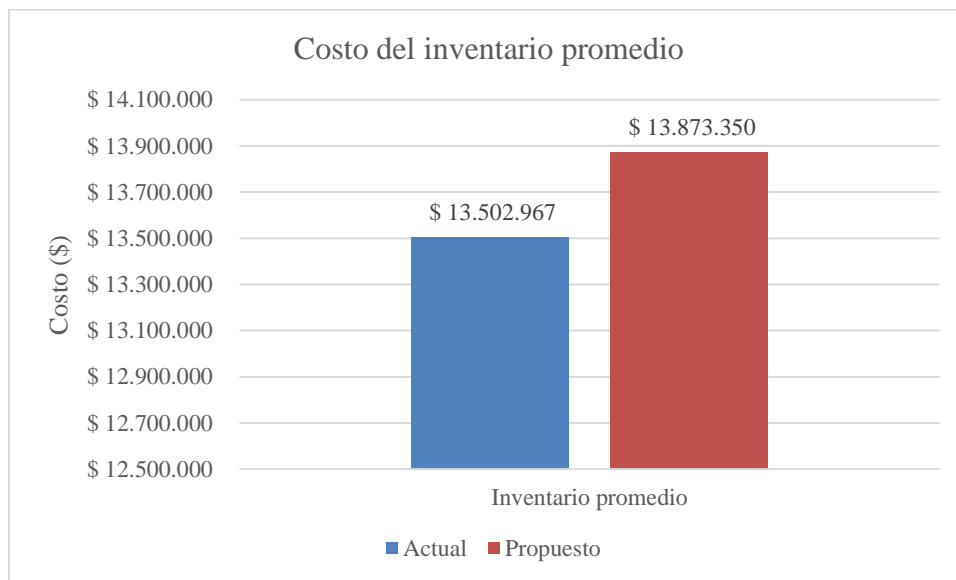


Fig. 18. Comparación del costo del inventario promedio de tisanas actual vs propuesto

Finalmente, la política de conteo de los inventarios físicos deberá reducir significativamente la situación de desbalance, pues se reducen de manera considerable los tiempos entre conteos. Esto permite que la incertidumbre sea mucho menor y por tanto el control de los inventarios sea más preciso, de forma que los supuestos económicos realizados sean más ajustados a la realidad. Además, se debe recordar que la confiabilidad es el indicador que medirá como se está comportando el contraste entre el nivel de stock que se obtiene del conteo y el que se presenta en el sistema de información. Como se planteó en la etapa medir, este debe ser igual o superior al 95% para lograr un funcionamiento adecuado del sistema de gestión.

#### B. Estandarización de la solución – POE'S (plan de control)

En esta sección, se establece un plan de control en el cual se plantean las instrucciones necesarias para estandarizar la solución propuesta. Por esta razón, son presentados una serie de pasos que La Asociación y la planta de medicamentos debe de seguir con el fin de mantener el sistema de gestión de inventarios planteado.

##### 1) Aplicativo en Excel.

El desarrollo del aplicativo en Excel (ver Anexo 21) permite a La Asociación consultar y conocer la cantidad de inventario disponible en bodega de manera más fácil y rápida, y así tratar de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de gestión propuesto.

Este archivo cuenta con un total de seis hojas para que el aplicativo pueda arrojar los resultados (ver Anexo 21). La primera hoja de "Productos" contiene los códigos de cada una de las familias, los cuales se encuentran en la columna A. Estos fueron generados para una mayor facilidad en los cálculos y análisis en el proyecto, pero estos pueden ser editados o agregar más productos en caso de ser necesario. Seguidamente, en la columna D, se cuenta con los productos pertenecientes a cada familia, en la Columna E las unidades de presentación y en la Columna F los precios de venta, los cuales podrán ser editados según sus cambios.

En la hoja de "Registro de ventas", se debe de escribir en la columna B la fecha en la que se realizó la venta y seguidamente, el código de la familia, el producto, su presentación, las unidades vendidas, y el precio de cada producto. También se pueden realizar algunas observaciones acerca de la transacción realizada ese día según sea necesario, para tener un mayor seguimiento en las operaciones.

Finalmente, en la hoja de "Inventario" se encontrarán las unidades disponibles de cada producto junto con su precio de venta, permitiendo conocer las unidades disponibles de algún producto. Los datos de esta hoja están sujetos a cambios según la cantidad que ingresa a inventario la cual debe de digitarse en la hoja "Agregar al inventario" donde hay algunos campos para completar, como lo son el código del producto, el nombre del producto (detalle), la familia de este y su presentación. Una vez llenados, deberá de digitar la cantidad de unidades que se guardarán en bodega en la casilla de "Unidades a agregar" y posteriormente hacer clic en el botón "Agregar inventario" y después en "Limpiar" si se desea agregar una nueva entrada.

Los cambios realizados los podrá consultar en la hoja "Consulta en inventario" donde deberá de llenar los campos de Código, Familia, nombre del producto (detalle) y la presentación. Luego, se debe hacer clic en "Consultar disponibilidad". En la casilla de "unidades disponibles" podrá observar la cantidad de unidades con las que se cuenta. Si desea realizar una nueva consulta, deberá de hacer clic en el botón "Limpiar".

Como se puede observar, cada hoja de registro sirve como fuente de alimentación al aplicativo, por lo tanto, es importante que ninguna de esta sea retirada o eliminada del archivo Excel, ya que podría arrojar resultados erróneos. Las instrucciones y pasos mencionados anteriormente tienen como finalidad poder garantizar que se aplique la política de inventarios previamente definida, que a su vez permite satisfacer la demanda del mercado y mejorar el nivel de servicio.

#### 2) Paso 1:

*Actualizar el registro de demanda mensual en el Anexo 23 a partir del periodo 18*

Para alcanzar una gestión efectiva de inventarios de producto terminado es esencial continuar actualizado los registros de demanda, de lo contrario, el pronóstico no los considerará los datos más recientes y se tendrá un pronóstico errado. Dicha actualización se debe llevar a cabo en el Anexo 23, donde se debe registrar la demanda de cada mes para cada tipo de tisana, según el código asignado. Este registro se encuentra en las tablas de cálculo, aquí se encontrará la columna "Demanda (Dt)" donde se deben registrar los nuevos datos de demanda. El encargado también se puede guiar con la columna de "Fecha", donde se indica el mes correspondiente a cada demanda.

#### 3) Paso 2:

*Actualizar el pronóstico mensual en el Anexo 23 a partir del periodo 18*

A su vez, se actualizarán los pronósticos que se encuentran en la misma tabla de "Sistema de Pronósticos". Conforme se registra un dato de demanda, debe hacerse una pequeña actualización en la tabla para obtener en pronóstico del siguiente mes. Por ejemplo, si en el periodo 19, es decir el mes de Julio del año 2022 se registró una demanda de 400, automáticamente se actualizan las columnas "Error", "|Error|" y "Error2"; pero las columnas "Intersección (St)" y "Pendiente (Gt)" deben actualizarse manualmente, entonces para la columna "Intersección (St)" debe seleccionarse la celda del periodo 18 como lo indica la Tabla I del Anexo 28 y debe arrastrarse una celda hacia abajo desde el recuadro verde que aparece en la parte inferior derecha de la celda. Debe realizarse el mismo procedimiento para la "Pendiente (Gt)", y tendremos actualizadas este par de columnas como se observa en la Tabla II del Anexo 28.

Posteriormente, se debe actualizar el pronóstico del periodo 20, es decir el mes de agosto, que en este caso sería el mes que inicia. Ya que como observamos en la Tabla III del Anexo 28, la fórmula para calcular el pronóstico del periodo 20 tiene en cuenta la "Intersección (St)" y la "Pendiente (Gt)" del periodo 18. Estas deben ajustarse a las que se acaban de calcular, es decir las del periodo 19, como se aprecia en la Tabla IV del Anexo 28. Para finalizar se arrastra hacia abajo la nueva fórmula del pronóstico hecha en el periodo 2 para que se actualicen los pronósticos con los nuevos datos de "Intersección (St)" y "Pendiente

(Gt)” calculados. Cabe recordar que se debe realizar este procedimiento en las distintas hojas del Anexo 23, donde encontramos los distintos tipos de tisanas

#### 4) Paso 3:

##### *Actualizar la evaluación de las políticas de inventarios (Anexo 26)*

Este archivo contiene un total de 12 páginas de cálculo, una correspondiente a “Resumen” y las otras a los códigos de los productos. La hoja “Resumen” muestra los resultados de dos políticas de revisión de inventarios distintas para cada producto. La primera es la política de revisión continua (s, Q) donde dependiente del código de cada producto, existe una cantidad a pedir “Q” según la cantidad que quede en inventario (s). Estas están en la Columna A, C y B respectivamente. Asimismo, se podrá observar el Nivel de Servicio en la columna D y en las siguientes, los costos asociados como el costo de ordenar, el de mantener unidades en inventario y el costo de faltantes. En La columna H están totalizados los costos mencionados.

A forma de ilustración, se pone como ejemplo los resultados de las dos políticas de revisión de inventarios para el producto 005-001, calculados a partir de la entrada de los parámetros que se encuentran en la tabla “Parámetros” en la hoja “005-001”. En esta, el costo de ordenar se calculó como el equivalente al 20% del salario del operario encargado de realizar la orden, ya que la acción de pedir solo representa esta parte de sus funciones mensuales. El encargado de la planta deberá de modificar los demás valores de los parámetros, que son: la tasa de demanda anual, el costo de producción, la tasa de mantener inventarios, y el costo de faltantes, en el momento en que se obtenga una mayor disponibilidad de estos datos. Asimismo, es necesario actualizar los valores de la desviación estándar de los errores del pronóstico y la tasa anual de la demanda (D), cuyos datos obtenido al actualizar el pronóstico mensual (Anexo 23).

Es importante mencionar también que las actualizaciones relacionadas a la tasa de demanda y la desviación estándar de los errores del pronóstico puede realizarse de manera anual. Esto es consecuencia a que la política s, Q fue probada en la simulación en un horizonte de planeación de un año. Posterior a esto, será importante establecer nuevamente cuáles serán los puntos de reorden (s) y la cantidad a pedir (Q) para cada producto.

#### C. Conclusiones

Tras identificar el problema presentado en la planta de producción de medicamentos relacionado al manejo empírico de sus inventarios de producto terminado, se encontró un desbalance que lleva a hacer supuestos económicos erróneos de hasta de \$15 000 000 de COP en un único producto. Esto se relaciona directamente con los extensos tiempos entre conteos de los inventarios físicos, pues esta actividad solo es realizada al final de cada año con fines contables. De esta manera, se propone como solución un sistema de gestión de inventarios el cual incluye una política de conteo relacionada a la clasificación de los inventarios, de manera que la incertidumbre por los largos intervalos entre revisiones se vea reducida. Adicionalmente, se diseña un sistema de revisión continuo el cual le brinda a la planta las herramientas necesarias para mejorar sus procesos de toma de decisiones relacionadas con la administración de los inventarios de producto terminado. Esto lo hace a través del control del continuo del nivel de stock por medio de la verificación del sistema de información y del manejo de los indicadores del costo total relevante y nivel de servicio.

Es fundamental resaltar que durante las etapas de diseño y verificación de la solución fue posible alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Inicialmente, fue propuesto el diseño de una política de conteo cíclico que permita a la planta hacer de esta una actividad rutinaria, buscando generar un gran impacto al reducir el desbalance. Luego, fue elaborado el sistema de información el cual es un aplicativo en Microsoft Excel, el cual es fundamental para el correcto funcionamiento de la solución propuesta. Luego, fueron realizados los cálculos correspondientes al pronóstico, para calcular la demanda esperada en los siguientes 12 meses. Posteriormente, son evaluadas y comparadas las políticas de revisión continua y periódica, a través del cálculo de los indicadores propuestos para el sistema de gestión. De esta forma, se encontró que el control continuo obtuvo mejores resultados y además, se determinó que este se ajusta en mayor medida a las necesidades de la planta. Por último, considerando los objetivos del proyecto el sistema de gestión fue evaluado a partir de una simulación Montecarlo, en donde con más de 1 000 iteraciones se alcanzaron resultados deseados.

En este punto, es importante analizar el comportamiento de los indicadores dentro del resultado obtenido de la simulación. En primer lugar se destaca el nivel de servicio, el cual aumentó aproximadamente un 35% para la familia de tisanas. Este es un incremento significativo, logrando en promedio obtener hasta un 97,34% de cumplimiento de la demanda de este producto. Lo anterior es vital para lograr satisfacer las necesidades de la comunidad. Por otra parte, el costo del inventario promedio aumentó solamente un poco más de \$370 000 COP. Lo cual, podría ser casi que despreciable al considerar el beneficio que se le entrega a sociedad indígena, no solo en términos médicos, sino en la preservación de su cultura. No obstante, se debe recordar que con el sistema de gestión planteado el indicador que determina el comportamiento de los costos es el costo total relevante, el cual se presenta en torno a los \$6 900 000 COP y al compararse con el costo del inventario promedio es significativamente menor.

Como conclusión, es importante resaltar que el aumento del nivel de servicio se ve acompañado de un ligero aumento en costos de manejar inventarios. Sin embargo, esta era una situación que se presuponía pues al aumentar los niveles de inventario e implementar conceptos como el inventario de seguridad y el punto de reorden que permiten disminuir el impacto de la variabilidad de la demanda durante los periodos de reabastecimiento, era inevitable que aumentaran los costos. Asimismo, se debe reconocer que el aumento de los costos de administración de inventarios es despreciable en comparación con el beneficio social, médico y cultural que se obtiene para las comunidades indígenas al aumentar el nivel de servicio y obtener una mayor disponibilidad de las medicinas cuando lo necesiten.

#### *D. Recomendaciones*

Dado que este proyecto se enfoca en productos clasificados como Tisanas, se recomienda ampliar el alcance del proyecto para aplicar la política a todos los productos que maneja la empresa para lograr un manejo de inventario coordinado y completo. Además, las ventas perdidas y la demanda real deben registrarse diariamente para garantizar que se comprendan los niveles de servicio y disminuir la realización de supuestos económicos erróneos.

Asimismo, se recomienda que La Asociación evalúe los costos asociados a los activos, pasivos y patrimonio para el cálculo del costo de capital, el cual es el que mayor proporción aporta a la tasa de mantener unidades en inventario. De esta manera, estos datos se pueden utilizar para estimar con mayor precisión los costos de mantenimiento de inventario y proporcionar resultados más precisos con respecto a la cantidad a pedir para cada período y su punto de reorden.

En cuanto a la definición de la política de inventarios para cada referencia de la empresa, recomendamos considerar la posibilidad de implementar un software de gestión de inventarios que le permita configurar un sistema de control y pedido de materias primas. Cada entrada y sus respectivos límites.

Finalmente, se recomienda como futuros proyectos, un estudio o análisis del sistema de control de calidad y estandarización de la producción en algunos procesos productivos de la planta de fabricación. También se puede considerar como una continuación al proyecto aquí desarrollado, es establecer un método de almacenamiento que permita contar con un mejor manejo de la bodega de producto terminado. Estas mejoras no se consideraron debido al alcance definido del proyecto, pero pueden abordarse en un futuro para aumentar el beneficio que reciben las comunidades indígenas de la planta de medicamentos y reducir los costos de La Asociación.

## **VII. GLOSARIO**

- **OMS:** Organización mundial de la salud, es un organismo de las Naciones Unidas el cual vela por la dirección y coordina la seguridad sanitaria en el mundo.
- **SISPI:** Sistema indígena de salud propio intercultural. Es un sistema de salud exclusivo de los pueblos indígenas de Colombia, el cual funciona de acuerdo con sus normas, políticas y procedimientos.
- **IPSI:** Institución prestadora de servicios de salud indígena. Se deriva directamente de las siglas IPS (Institución prestadora de servicios de salud) la cual debe tener toda institución que dedique sus esfuerzos operativos al servicio de la salud en Colombia. En este caso la sigla “I” hace referencia a que estas instituciones se enfocan exclusivamente en la prestación de servicios de salud a las comunidades indígenas.

## **VIII. REFERENCIAS**

- [1] Organización Mundial de la Salud, *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023*. Organización Mundial de la Salud, 2013.
- [2] “*TEJIDO DE SALUD CXHAB WALA KIWE ACIN 2019*” Tejido de comunicación ACIN. 26 de agosto de 2019. [video en línea] Disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=pfewVdCD\\_7s](https://www.youtube.com/watch?v=pfewVdCD_7s)
- [3] Tejido de salud ACIN, "Informe de gestión (Rendición de cuentas)", 2019.
- [4] INVENTARIO PLANTA 2020 (2022). *La Asociación*. [En Excel]. Suministrado por: contador de la planta de medicamentos
- [5] INVENTARIO PLANTA 2021 (2022). *La Asociación*. [En Excel]. Suministrado por: contador de la planta de medicamentos
- [6] VENTAS planta de medicamentos 2021 (2022). *La Asociación*. [En Excel]. Suministrado por: contador de la planta de medicamentos
- [7] Producción 2021 (2022). *La Asociación*. [En Excel] Disponible en Anexo 13. Suministrado por: contador de la planta de medicamentos
- [8] C. Vidal Holguín., *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2017.
- [9] Departamento Nacional de Planeación, "Encuesta Nacional Logística 2020", Mintransporte, 2020.
- [10] Project Management Institute, *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: (Guía del PMBOK)*., 6th ed. Newtown Square, Pa: Project Management Institute, 2017.
- [11] Project Management Institute, *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*., 5th ed. Newtown Square, Pa: Project Management Institute, 2013.
- [12] Ordenes de pedido de las IPS-I de noviembre 2020 hasta noviembre 2021. *La Asociación*. Suministrado por: contador de la planta de medicamentos.
- [13] A. T. Parga-Prieto y J. A. Aranda-Pinilla, “Políticas de inventario para demandas con tendencia y aleatoriedad. Caso comercializadora de lubricantes”, *Inventum*, vol. 13, no. 24, pp. 50-57, enero - junio, 2018. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.13.24.2018.50-57
- [14] F. Dominguez Perez, I. Lopes Martinez, P. M. Felipe Valdés, A. E. Vallin Garcia y A. Cruz Ruiz, "Propuesta de Clasificación de insumos para la gestión de inventarios en la industria biofarmacéutica. Caso de estudio en el centro de inmunología Molecular", *Finalay Ediciones*, p. 11, 2018.
- [15] A. M. Paredes Rodriguez, V. L. Chud Pantoja y J. C. Osorio, "Sistema de Control de Inventarios multicriterio difuso para repuestos", *Sicentia et Techina*, vol. 24, p. 9, 2019.
- [16] A. Bofill Placeres, N. Saból Cossio y E. Florido García, "Procedimiento para la gestión de inventario en el almacén central de una cadena comercial cubana", *Científica de la Universidad de Cienfuegos*, n.º 2218-3620, p. 11, 2017.
- [17] T. Gizaw y A. Jemal "How is information from ABC-VED-FNS Matrix Analysis used to improve Operational Efficiency A Cross-Sectional Case Analysis", *Integrated Pharmacy Research and Practice*.
- [18] A. O. Mogbojuri, O. A. Olanrewaju, T. O. Ogunleye, "Evaluation of Inventory Management Practice in food Processing Industries in Lagos: Analytical Hierarchy Process Approach", *Nijotech*, vol. 41, no. 236-246, p. 11, 2022.
- [19] L. Noreña Cecilia, "Diseño de una Política de inventarios para una empresa de acero", *Unir*, p. 59, 2019.
- [20] J. M.I Abella Ramíres y L. T. Barbosa Pérez, "Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la empresa imporcauchos S.A. para la línea de producción", *Universidad de Santander*, p. 132, 2019.

[21] F. Amin Fathoni, A. Yanuar Ridwan, B. Santosa, “Development of Inventory Control Application for Pharmaceutical Product Using ABC-VED Cycle Counting Method to Increase Inventory Record Accuracy”

[22] B. Render y J. Heizer, *Principios de administración de operaciones*. 9na edición. Pearson Education, 2014.

[23] R. H. Ballou, *Logística: administración de la cadena de suministro*. 5ta edición. Pearson Education, 2004.

[24] D. Anisya, A. Adhiutama, F. Hafnika, B. Mursyid. “Improvement of Inventory Control Using Continuous Review Policy in A Local Hospital at Bandung City, Indonesia”, *The Asian Journal of Technology Management (AJTM)*, vol. 9, no. 2, pp. 109-119, Dic, 2016. Doi: 10.12695/ajtm.2016.9.2.5

## IX. ANEXOS

TABLA X.  
TABLA DE ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2022103 – Anexo 1. Balances de inventarios y valor promedio	Terceros	Excel
2	2022103 – Anexo 2. Consolidado ventas 2020 y comparación clientes	Terceros	Excel
3	2022103 - Anexo 3. Indicadores	Propio	Excel
4	2022103 – Anexo 4. Entrevista coordinador de planta	Propio	Word
5	2022103 - Anexo 5. Entrevista requisitos coordinador de planta	Propio	Word
6	2022103 - Anexo 6. Entrevista requisitos IEI	Propio	Word
7	2022103 - Anexo 7. Hoja de Trabajo Contexto y Justificación	Propio	Word
8	2022103 - Anexo 8. Hoja de Trabajo Grupos de Interés	Propio	Word
9	2022103 - Anexo 9. Hoja de Trabajo Identificación de Requisitos GI	Propio	Word
10	2022103 - Anexo 10. Plan para Recolección de Datos (PRD)	Propio	Excel
11	2022103 - Anexo 11. Formato de pedidos	Propio	Excel
12	2022103 - Anexo 12. Demandas, ventas y faltantes	Propio	Excel
13	2022103 – Anexo 13. Producción 2021	Terceros	Excel
14	2022103 - Anexo 14. Clasificación de inventarios	Propio	Excel
15	2022103 - Anexo 15. Hoja de Trabajo Situación Actual (DMAIC PD1)	Propio	Word
16	2022103 - Anexo 16. Entrevista del diagrama Ishikawa	Propio	Word
17	2022103 - Anexo 17. Ponderación de criterios y AHP	Propio	Excel
18	2022103 - Anexo 18. Método Disney	Propio	Word
19	2022103 - Anexo 19. Selección de alternativa	Propio	Excel



20	2022103 - Anexo 20. Plan de trabajo	Propio	Project
21	2022103 – Anexo 21. Inventario planta de medicamentos	Propio	Excel
22	2022103 - Anexo 22. Pruebas de bondad de ajuste de la demanda de tisanas	Propio	Excel
23	2022103 - Anexo 23. Pronóstico de tisanas	Propio	Excel
24	2022103 - Anexo 24. Entrevista reabastecimiento de bodega	Propio	Word
25	2022103 - Anexo 25. Costo por unidad faltantes	Propio	Excel
26	2022103 - Anexo 26. Evaluación de políticas inventarios	Propio	Excel
27	2022103 - Anexo 27. Resumen simulación Montecarlo	Propio	Excel
28	20222103 - Anexo 28. Guía de actualización del pronóstico	Propio	Excel