

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Diseño de un sistema de gestión de inventario de revisión continua en la Empresa Electroquímica de Sagua.

Autor: Eliany Martínez Brito

Tutor: Dr.C. Roberto Cespón Castro

Santa Clara, Junio, 2019
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Academic Department of Industrial Engineering

DIPLOMA THESIS

Title: Design of a continuous review inventory management system in the Electrochemical Company of Sagua.

Author: Eliany Martínez Brito

Thesis Director: Dr. C. Roberto Cespón Castro

Santa Clara, June, 2019
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419



Pensamiento

Pensamiento



Pensamiento

“En los momentos de crisis solo la imaginación es más importante que el conocimiento.”

Albert Einstein



Dedicatoria

Dedicatoria



Dedicatoria

A los que están a mi lado y me han apoyado en todo momento.

A los que han estado aquí en alguna etapa de mi vida y dejaron un rastro de alegría en ella.

A los que tristemente hoy ya no están a mi lado, pero saben, donde quiera que estén, que este trabajo se hizo pensando en ellos, y siempre serán recordados.



Agradecimientos

Agradecimientos



Agradecimientos

A Dios por darme fuerza, perseverancia y un motivo más para vivir cada día.

A mi mamá Amarilis por no permitir que tomara las decisiones equivocadas.

A mi papá Ramón por demostrarme que hay que ser fuerte para lograr nuestros objetivos.

A mi hermana Yaiselis, por exigirme ser una mejor persona cada día.

A mi familia, que siempre me ha apoyado en todos los momentos difíciles de mi vida.

A mi pareja, por soportar mis momentos de locura durante todo este tiempo.

A mis compañeros de carrera, los que me vieron comenzar este trayecto y los que llegaron conmigo hasta el último día, en especial a Elizabeth, por ser mi luz y mi guía, por decirme siempre lo que es correcto sin importar lo duro que sea.

A mis compañeros de trabajo de la Empresa Electroquímica de Sagua, que apenas me conocieron, estuvieron dispuestos a permanecer a mi lado y brindarme su apoyo incondicional para lo que fuera necesario.

A todos mis profesores y muy especialmente a mi tutor Roberto Cespón por exigirme constantemente y demostrarme que puedo alcanzar la meta que me proponga.

A ti que, aunque no te halla mencionado, has pasado por mi vida y has dejado algo de alegría en ella .



Resumen

Resumen



Resumen

La gestión de inventarios constituye una de las vías más expeditas viables en el esfuerzo por reducir los costos y mejorar el servicio al cliente. Sin embargo, su aplicación no es usual en el entorno empresarial cubano, como es el caso de la Empresa Electroquímica de Sagua. Es por ello que el presente trabajo de diploma propone el diseño y la puesta en práctica de un sistema de gestión de inventario adecuado para el insumo seleccionado. Ello contribuye a resolver los problemas existentes en sus inventarios, alcanzando mejores indicadores de desempeño. Para alcanzar este objetivo se divide el proyecto en dos capítulos. El capítulo I constituye el respaldo científico de la investigación. El capítulo II contiene una jerarquización de los productos a través de la clasificación ABC/XYZ seleccionándose la Sal Común Gruesa no secada como producto fundamental para el cual se diseña un sistema de gestión de inventario de revisión continua, ajustado mediante el uso de la simulación de Montecarlo y validado mediante diferentes herramientas estadísticas, apoyado en herramientas informáticas como el MINITAB 18 y el Excel.



Abstract

Abstract



Abstract

Inventory management is one of the most expedited alternatives in the effort to reduce costs and improve customer service. However, its application is not usual in the Cuban business environment, as is the case of the Electrochemical Company of Sagua. That is why the present Diploma Work proposes the design and implementation of a suitable inventory management system for the selected product. This work contributes to solve the existing problems in their inventories, reaching better performance indicators. To achieve this goal, the project is divided into two chapters. Chapter I constitutes the scientific support of the investigation. Chapter II contains a hierarchization of the products through the ABC / XYZ classification, selecting the Coarse Common Salt not dried as a fundamental product for which a continuous review inventory management system is designed, adjusted by the use of the simulation of Montecarlo and validated through different statistical tools, supported by computer tools such as MINITAB 18 and Excel.



Índice

Índice



Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Logística y Gestión de la cadena de suministro. Conceptos generales.....	6
1.3 Sistemas de Gestión de Inventario.....	9
1.3.1 Clasificación de los inventarios.....	11
1.3.2 Principales modelos de sistemas de gestión de inventario.....	16
1.3.3 Evaluación del desempeño de los sistemas de gestión de inventario. .	20
1.4 Principales regulaciones sobre la gestión de inventario en las empresas cubanas	23
1.5 La industria del cloro en Europa.....	26
1.5.1 Gestión de inventario en este tipo de empresas.....	28
1.6 Conclusiones parciales.....	31
2 Capítulo 2: Análisis y mejora de la gestión de inventario en la empresa ELQUIM.	34
2.1 Introducción.....	34
2.2 Caracterización general de la Empresa Electroquímica de Sagua.....	34
2.3 La gestión de inventario en la empresa ELQUIM	38
2.4 Diseño de un modelo de sistema de gestión de inventario para la Sal Común Gruesa no Secada en la Empresa Electroquímica de Sagua.	39
2.4.1 Clasificación ABC/XYZ de los insumos.....	39
2.4.2 Determinación de los costos asociados a la gestión de inventario.	42
2.4.3 Determinación de los costos asociados a la gestión de inventario de la sal común gruesa no secada.	46



Índice

2.4.4	Diseño del sistema de inventario de revisión continua para la Sal Común Gruesa no Secada.	49
2.4.5	Ajuste del sistema de inventario de revisión continua mediante la simulación de Montecarlo.....	53
2.5	Comparación del análisis de desempeño del nuevo sistema de gestión de inventario respecto al existente para el insumo seleccionado.	56
2.6	Conclusiones parciales.....	59
	Conclusiones Generales	62
	Recomendaciones.....	64
	Bibliografía.....	66
	Anexos	71



Introducción

Introducción



Introducción

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas se enfrentan a mercados cada vez más exigentes influenciados por las condiciones externas, las que son regidas por una época donde el desarrollo científico técnico e industrial se extiende cada día más y donde influye además el azote negativo de la globalización empresarial. El desarrollo y crecimiento acelerado de la ciencia y la técnica y la fuerte competencia en la que se encuentran inmersas las empresas, han hecho que las mismas realicen cambios radicales en cuanto a su estructura y estrategia para alcanzar los objetivos trazados, además de adaptarse al entorno y lograr la competitividad.

Nuevas estrategias de competitividad han adoptado las empresas cubanas, que no escapan al impacto de este escenario mundial para consolidar su proyecto, orientadas a cumplir con las expectativas de los clientes de forma creciente, de manera que se les ofrezcan productos y servicios cada día mejores que brinden mayores oportunidades y menores costos, convirtiéndose en misión de la alta dirección, encaminar sus acciones bajo el concepto de cambios continuos, a ritmos acelerados y con gran complejidad, imponiendo de este modo la necesidad de soluciones flexibles a las dificultades, sobre bases científicas.

Se viven momentos muy complejos, donde el ritmo de recuperación, consolidación y desarrollo de la economía cubana es parte de un proceso integral de perfeccionamiento de todas las instituciones, de toda la sociedad, de su sistema empresarial, a fin de mantener y desarrollar las conquistas alcanzadas. Esto trae consigo la capacidad de adoptar en cada momento, las prácticas, los métodos y las técnicas que mejor satisfagan los requerimientos y que tengan en cuenta las circunstancias y exigencias concretas del entorno.

Los inventarios constituyen un eslabón esencial en los flujos físicos de mercancías desde un origen a un destino, junto a la gestión de pedidos y compra, la producción, el transporte, la distribución e incluso el reciclaje, lo que es vital para el funcionamiento de la economía. Es la administración de los inventarios la que garantiza los niveles de suministro adecuados con el mínimo posible de costos asociados. Esta gestión debe analizar qué almacenar, cuánto y cuándo comprar (Ballou, 2005).



Introducción

Con el fin de perfeccionar la gestión de inventario en las empresas cubanas el compañero (Castro Ruz, 2017), en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, planteó, dentro de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución que allí se aprobaron, la importancia de “ejercer un efectivo control sobre la gestión de compras y de inventarios, para minimizar la inmovilización de recursos y las pérdidas en la economía”.

De igual forma, para dar una solución al tema de los inventarios ociosos y de lento movimiento que tanto ha afectado la economía cubana con el devenir de los años, el Consejo de Ministros firma el Decreto (315, 2015). Esta regulación permite a las empresas cubanas tener la potestad en la toma de decisiones con sus artículos ociosos y de lento movimiento para comercializarlos con otras homólogas y darle una salida a los mismos, manteniendo el orden de prelación establecido.

Es importante señalar que en el artículo 216 del Decreto (281, 2007) emitido por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, que constituye el “Reglamento para la implantación y consolidación del sistema de dirección y gestión empresarial estatal”, se plantea textualmente lo siguiente: “...los suministros generan inventarios, que representan recursos financieros inmovilizados...”

La gestión de inventarios constituye un problema a resolver para cualquier empresa y fundamentalmente para la Empresa Electroquímica de Sagua (ELQUIM). En estos momentos presenta una situación compleja, pues no existen sistemas consolidados para la gestión de inventarios, lo que provoca interrupciones en el proceso productivo por falta de materia prima y por ende incumplimiento de la producción Este hecho causa además la insatisfacción de los clientes y el aumento indiscriminado de los costos de almacenamiento y de oportunidad. Esta constituye la **situación problemática** del presente trabajo de diploma.

Como **problema de investigación** se plantea el siguiente: ausencia de un sistema de gestión de inventarios que permita garantizar la cantidad de materia prima necesaria en el momento requerido.

Para dar solución al problema de investigación planteado, se plantea como **objetivo general**: Diseñar un modelo de gestión y control de inventario para el insumo Sal



Introducción

Común Gruesa no secada, que garantice su disponibilidad al menor costo posible en la Empresa Electroquímica de Sagua.

Para cumplir el objetivo general se plantean como objetivos específicos los siguientes:

1. Realizar un análisis bibliográfico con base en la literatura nacional e internacional actualizada referido a las principales herramientas, marco legal, enfoques y sistemas de inventarios existentes.
2. Diagnosticar la situación actual de la gestión de inventarios en la Empresa Electroquímica de Sagua para el insumo seleccionado.
3. Implementar un sistema de gestión de inventario de revisión continua para la Sal Común Gruesa no secada en la Empresa Electroquímica de Sagua

Este trabajo de diploma se encuentra estructurado en una introducción, un primer capítulo que contiene el marco teórico-referencial, un segundo capítulo con el análisis y mejora de la gestión de inventario en la Empresa Electroquímica de Sagua para la Sal Común Gruesa no secada, así como conclusiones, recomendaciones, bibliografía y un cuerpo de anexos.



Capítulo 1

Capítulo 1

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo crear una base científica para el desarrollo de la tesis, realizado sobre la base de diversas opiniones, conceptos y enfoques que brindan los diferentes autores tanto nacionales como internacionales relacionados con el tema objeto de estudio de esta investigación. Ello constituye el soporte teórico que permitirá diseñar un modelo de gestión y control de inventario, a partir de la aplicación de diferentes metodologías y técnicas en la Empresa Electroquímica de Sagua.

Para facilitar la comprensión del contenido de este capítulo, se elaboró el hilo conductor de la investigación que se muestra en la figura 1.1, en el cual se puede observar una organización estructurada de los diferentes aspectos que se tratan en cada uno de los epígrafes que lo componen.

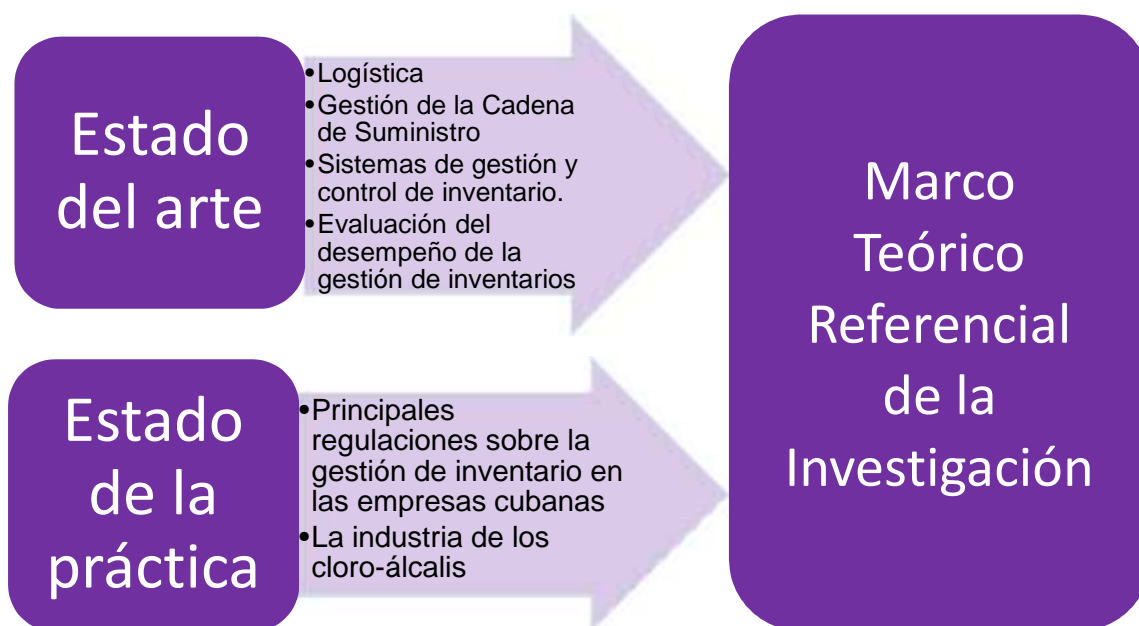


Figura 1.1 Hilo conductor del marco teórico referencial de la investigación

Fuente: Elaboración propia



Capítulo 1

1.2 Logística y Gestión de la cadena de suministro. Conceptos generales

En la revisión bibliográfica realizada se encontraron varias definiciones relacionadas con el término logística, algunas simples, otras con un grado más abarcador, pero todas orientadas hacia un concepto integrador, racionalizador y sistémico. La totalidad de ellas se orientan hacia la satisfacción del cliente con los costos mínimos, la calidad y cantidad requerida, así como el momento y lugar especificados por los clientes.

Sin recurrir a definiciones tipificadas, la logística es el conjunto de conocimientos y actitudes que prestan apoyo al desarrollo más conveniente de la actividad empresarial. Desde este punto de vista, muchas son las teorías y herramientas, de que puede disponerse para conseguir dicho cometido. (Soret los Santos, 2004)

Por otra parte, Ballou define la logística empresarial como todas las actividades relacionadas con el traslado-almacenamiento de productos que tienen lugar entre los puntos de adquisición y los puntos de consumo. Esta definición implica que la logística empresarial, debe contemplarse como un grupo de actividades relacionadas entre sí, que es necesario administrar coordinadamente. (Ballou, 1991)

La logística es una función operativa que comprende todas las actividades y procesos necesarios para la administración estratégica del flujo y almacenamiento de materias primas y componentes, existencias en proceso y productos terminados; de tal manera, que estos estén en la cantidad adecuada, en el lugar correcto y en el momento apropiado. Su objetivo principal es proveer los materiales necesarios a la empresa, teniendo en cuenta los factores de demanda, costo y tiempo, con el fin de lograr el balance económico de dichos factores y al mismo tiempo, reducir los riesgos de agotamiento (Garzón Quiroga, 2017)

Ballou (2004) plantea que para el logro de este objetivo necesariamente se deben abordar las actividades claves del triángulo de la planeación logística (Figura 2).



Figura 1.2. Triángulo de la planeación logística.

Fuente: (Ballou, 2004a)

Se define la logística también, como el proceso de gestionar los flujos materiales, financieros e informativos de materias primas, inventarios en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales (Cespón Castro, 2003).

La logística se basa en planificar, operar, controlar y detectar oportunidades de mejora del proceso de flujo de materiales (insumos, productos), servicios, información y dinero. Es la función que normalmente opera como nexo entre las fuentes de aprovisionamiento, suministro y el cliente final o la distribución. Su objetivo es satisfacer permanentemente la demanda en cuanto a cantidad, oportunidad y calidad al menor costo posible para la empresa (Carro Paz and González Gómez, 2015)

Múltiples procesos se interrelacionan en el sistema logístico, como compras, producción, marketing y ventas, finanzas, transportación, almacenaje, logística inversa, además de los actores vistos como múltiples entidades dentro y fuera de la empresa (Bhunja et al., 2017, Chan and Kumar, 2009, Albrecht and Az, 2010, Blanchard, 2010). La coordinación inter e intra-organizacional es valiosa para disminuir los inventarios e incrementar la disponibilidad al mismo tiempo, pues cuando un actor se enfoca solo en sus propios objetivos la tendencia es a afectar el desempeño de la cadena (Chandra, 2008, Vidarte Flores, 2015,



Capítulo 1

Villarreal Segoviano, 2012). Una limitante es que la colaboración con respecto a la información privada de cada actor es un proceso psicológicamente antinatural, existe falta de confianza, de conocimiento e indefinición de las funciones del personal dedicado a gestionar la cadena (Orjuela Castro et al., 2017, Pérez Mayorga, 2016).

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, se abarcan todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente (Chase et al., 2009). La logística es, de manera general, una pequeña porción de la gestión de la cadena de suministros; en concreto, el conjunto de actividades destinadas a garantizar que se lleva a cabo la gestión de los bienes de una manera eficiente.

La cadena de suministro posee un conjunto de actividades funcionales que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales las materias primas se convierten en productos terminados y se añade valor para el consumidor (Ballou, 2004b). Las industrias enfocan sus estrategias competitivas con la finalidad de aprovechar las capacidades innovadoras encontradas en las redes inter-organizacionales, que son formadas por los clientes y los proveedores de una misma cadena de suministros. Estos en sí fusionan los procesos de negocio, de talento humano, los organizacionales, de infraestructura física, de tecnologías y plataformas de información, permitiendo el flujo continuo para satisfacer las necesidades expresadas o latentes del consumidor final, obteniendo un beneficio global. (Pérez Mayorga, 2016)

La gestión de la cadena de suministro (SCM)´´ por sus siglas en inglés cubre los procesos de planeación y administración de todas las actividades relacionadas con abastecimiento, transformación y distribución de productos, así como todas las actividades de administración logística. Incluye la coordinación y



Capítulo 1

colaboración con todos los agentes que participan en la cadena (proveedores, intermediarios, clientes).(Ballou, 2004a).

1.3 Sistemas de Gestión de Inventario

Los inventarios constituyen un eslabón esencial en los flujos físicos de mercancías desde un origen a un destino, por tanto, juegan un papel primordial en el desempeño exitoso de cualquier empresa, ya sea productora, comercializadora o de servicios. Mantener inventarios fuera de los términos necesarios implica mantener dinero inmovilizado e incluso incurrir en costos elevados por dejar de realizar otras operaciones; sin embargo, es necesario contar con inventario para poder satisfacer las necesidades de los clientes, ya sean externos o internos. Es por esta razón que la decisión acerca del mismo depende de las características del servicio que se debe prestar y los costos que él genera. Diversos autores han dado su criterio acerca de la necesidad que tienen las empresas de mantener inventarios.

(Hemeryth Charpentier and Sánchez Gutiérrez, 2013), destacan que el inventario se refiere por definición a las existencias de todo artículo o recurso usado por una organización de cualquiera de las siguientes formas: materias primas, artículos en proceso, artículos terminados, subproductos, desechos, desperdicios, materiales auxiliares, suministros y repuestos.

Varios autores como (Pérez Rodríguez, 2018) y (Ramírez Arbolaez, 2018) coinciden en que: “un sistema de gestión inventario provee la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes que se van a almacenar. El sistema es responsable de ordenar y recibir los bienes, de coordinar la colocación de los pedidos, y de rastrear lo que se ha ordenado, que cantidad y a quien”.

Schroeder (1995) plantea que se requiere de inventarios para asegurar una producción homogénea y eficiente. Además, resalta la contradicción referida al inventario existente entre la mercadotecnia, la cual se inclina por tener altos niveles de inventario para reforzar las ventas, y la parte operativa de la empresa, la cual se inclina por mantener niveles de inventarios bajos para llevar a cabo la



Capítulo 1

producción de forma eficiente y reducir sus costos. Este planteamiento puede ser extendido a empresas comerciales o de servicio. (Schroeder, 1995)

La gestión de inventario constituye una reserva de materiales, materias primas, producción en procesos o productos terminados, que no tiene un empleo sistemático y son originados por la baja fiabilidad, para garantizar un determinado servicio al cliente y con el objetivo de proveer adecuadamente los materiales necesarios a la empresa, colocándolos a disposición en el momento indicado. (Rodríguez Ortega, 2014)

Zapata Cortes (2014) agrega que se conoce la gestión de inventario como al proceso encargado de asegurar la cantidad de productos adecuados en la organización, de tal manera que se pueda asegurar la operación continua de los procesos de comercialización de productos a los clientes; es decir, asegurar que las operaciones de manufactura y distribución no se detengan, cumpliendo con las promesas de entrega de productos a los clientes (Zapata Cortes, 2014).

Una de las principales funciones de los inventarios es proteger a la empresa de las fluctuaciones de la demanda, por medio del mantenimiento del inventario de seguridad. Además, en algunos casos el adquirir mayores cantidades para inventario permite aprovechar los descuentos por cantidad brindados por los proveedores (Ballou, 2004a).

(Bustos Flores and Chacón Parra, 2012) citado en (Landeta and Lango, 2013), considera inventario al “conjunto de recursos que son capaces de satisfacer una necesidad y se encuentran almacenados, en espera de que se produzca la demanda para satisfacerla. Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones (Chase et al., 2009):

1. **Para mantener la independencia entre las operaciones.** el suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones.
2. **Para cubrir la variación en la demanda.** si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea posible (aunque no necesariamente económico) producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda no se conoce por completo, y es preciso tener inventarios de seguridad.



Capítulo 1

3. **Para permitir flexibilidad en la programación de la producción.** la existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes.
4. **Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima.** al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados y otras. En estos casos el inventario constituye una protección.
5. **Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido.** hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce.

Las razones anteriormente mencionadas, en especial las razones 3, 4 y 5, permiten concluir que es de vital importancia tener siempre presente lo costoso que resulta mantener inventario, razón por la cual no es recomendable mantener grandes cantidades.

La adecuada planificación de los inventarios garantiza el mínimo necesario de recursos, los bienes demandados en el momento exacto, así como las reservas necesarias para afrontar cualquier evento. Un sistema de gestión de inventario eficiente es el responsable de solicitar y a su vez recibir los bienes necesarios; establecer el momento en que se deben hacer los pedidos y llevar un registro donde contenga toda la información referente a estas operaciones teniendo en cuenta que es necesario conocer si el proveedor recibió la mercancía solicitada o si esta está en camino, si las mercancía ha sido recibida en la fecha prevista, e incluso, si han sido establecido los procedimiento necesario en caso que la mercancía sea defectuosa.

1.3.1 Clasificación de los inventarios

La clasificación de los inventarios se realiza para gestionar de manera diferencial cada uno de los ítems que componen el inventario. La clasificación permite priorizar los artículos que por su costo o su participación en las ventas tienen un mayor valor para la organización, sobre aquellos no relevantes. Lo anterior, permite diseñar los mecanismos de control adecuados para aprovechar al



Capítulo 1

máximo los recursos que se tienen a disposición para la gestión del aprovisionamiento. Algunas técnicas para la jerarquización de los productos se presentan a continuación:(Garzón Quiroga, 2017):

Clasificación ABC

El enfoque tradicional de la clasificación ABC consiste en organizar todos los ítems de manera descendente según el criterio de consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o de demanda o ventas anuales (para productos terminados), ambas medidas en pesos al año (Lozano Cardenas, 2015). Lo anterior implica que para las materias primas y los repuestos el valor del criterio para cada ítem se calcula como el consumo anual de cada materia prima multiplicado por su costo de compra, mientras que para los productos terminados se calcula como la demanda (o ventas) al año por su costo variable de fabricación (en el caso de un productor) o de compra (para un comercializador).

De esta manera se espera que una cantidad reducida de ítems que se encuentran en la parte superior de la clasificación serán parte del grupo A, y requerirán la mayor atención por parte de la gerencia; la mayor cantidad de ítems que se encuentran en la parte inferior de la clasificación son asignados al grupo C y requerirán una mínima atención de la gerencia y la cantidad restante de ítems hará parte del grupo B y requieren mediana atención.

Algunos autores, como es el caso de Schroeder (1992) y Narasimhan, (1996), plantean que un grupo de artículos repercute en mayor parte sobre el valor del inventario cuando se mide su efecto (costo x demanda), estos artículos se pueden administrar en forma intensa y controlar así la mayoría del valor del inventario. (Schroeder and Olaeta, 1992, Narasimhan et al., 1996). Según (Anónimo, 2015) destacan que estos artículos pueden ser clasificados en tres clases A, B, C; de aquí la denominación ABC a esta forma de clasificación del inventario.

Otra variante es la que ofrecen (Bhagwat and Sharma, 2007), la cual es muy similar al enfoque tradicional, en esta se divide al inventario en tres categorías (ABC) en términos del porcentaje que representa el número de artículos y el



Capítulo 1

porcentaje del valor total. También es denominada la “regla 80-20” y corresponde al principio de Pareto, la cual expresa que el 80% del valor total está representado por el 20% de los artículos. En esta clasificación las categorías se definen a partir de las siguientes proporciones:

- La clase A representa el 20% del material en inventario y corresponde aproximadamente el 75% - 80% del valor del inventario.
- La clase B representa el 30% del material en inventario y corresponde aproximadamente el 15% del valor del inventario.
- La clase C representa el 50% del material en inventario y corresponde aproximadamente el 5% - 10% del valor del inventario.

En la tabla 1.1 se puede apreciar de una forma más precisa lo planteado anteriormente, así como el tipo de control que se requiere para cada categoría del análisis ABC.

Tabla 1.1 Características de los productos según clasificación ABC

CATEGORIA	% ARTÍCULOS	% CAPITAL	NIVEL DE CONTROL	STOCK DE SEGURIDAD	PEDIDO
ARTÍCULOS A	20%	80%	ALTO	BAJO	Cuidadoso / Revisión permanente
ARTÍCULOS B	30%	15%	MEDIO	MODERADO	Pedido normal / Punto de reorden
ARTÍCULOS C	50%	5%	BAJO	GRANDE	Periodico / Grandes volúmenes

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la clasificación ABC, los productos que se encuentran en la categoría A son aquellos que requieren de un control más estricto en lo que refiere a sus inventarios, los de tipo B requieren un control de grado medio y los que se encuentran ubicados en la categoría C necesitan un menor grado de control. (Gaither and Fraizer, 2000).

Por ello, es imprescindible que el especialista que lleve a cabo un trabajo de esta envergadura esté claro de las condiciones existentes en su organización (Zheng et al., 2017). La principal ventaja que nos brinda la clasificación de los productos para gestionar los inventarios según las diferentes categorías es que controlando



Capítulo 1

una pequeña parte de los artículos existentes en nuestro almacén, se obtienen resultados realmente favorables.

Clasificación XYZ

(Chackelson and Errasti, 2010) presentan la metodología XYZ para la clasificación de los productos. Esta metodología clasifica los productos según el análisis del coeficiente de variación de la demanda, que representa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética y brinda una interpretación porcentual del grado de variabilidad de los datos. Las categorías se determinan así:

- Clasificación X. El artículo presenta una demanda o consumo regular en el tiempo, es decir un bajo coeficiente de variación.
- Clasificación Y. El artículo presenta cierta tendencia o estacionalidad y su rango del coeficiente de variación se encuentra sobre el valor medio o cercano al él.
- Clasificación Z. La demanda del artículo aparece en forma irregular o incluso intermitente y su coeficiente de variación es alto.

Para determinar la categoría para el producto se calcula el coeficiente de variación de la demanda. El coeficiente de variación es la relación entre la desviación estándar (indicador del rango de fluctuación) y el valor medio (indicador de consumo promedio), cuanto más pequeño es el coeficiente de variación, más regular será el flujo de la demanda. Los umbrales de coeficiente de variación propuestos por los autores se presentan en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Umbrales clasificación XYZ

Clasificación	Umbral coeficiente de variación (%)
X	< 30
Y	30-70
Z	>70

Fuente:(Chackelson and Errasti, 2010).

Según el mismo estudio, otro método para determinar la variación de demanda es el método Naïve, que sugiere una clasificación a través de la determinación de los errores del pronóstico. Los productos con errores de pronósticos menores

o iguales al 30% se clasifican en la categoría X, en la clasificación Y se ubican los errores entre 30 y 60% y la clasificación Z para artículos con errores de pronóstico mayores al 60%. También se puede emplear la desviación estándar de la serie y/o patrones específicos de comportamiento de la frecuencia y distancia de los consumos de los productos para determinar la variación de la demanda.

Clasificación ABC/ XYZ

La clasificación ABC/XYZ es una extensión de la estratificación ABC clásica. Este método toma en consideración no sólo el valor de un criterio, sino también la variación de la demanda. Esta herramienta puede ser utilizada para el control del inventario y para generar estrategias de aprovisionamiento. De la combinación de las categorías ABC y XYZ resulta una nueva matriz con nueve categorías. Para determinar las políticas de control que se generan a partir de cada una de las combinaciones (AX, AY, AZ...), se hace necesario basarse en las características propias de cada combinación, con el fin de encontrar un punto de equilibrio que represente una ventaja del valor económico del producto (tabla 1.3)(Melendez and Lambis, 2013).

Tabla 1.3. Importancia de productos por categoría

	X	Y	Z
A	Estratégicos	Principales	Volátiles
B	Principales	Principales	Volátiles
C	Secundarios	Secundarios	Secundarios

Rotación ↑
Variabilidad →

Fuente:(Melendez and Lambis, 2013).

- **AX – Estratégicos:** alto valor de salida y poca variabilidad. Es recomendable aprovisionarse de forma frecuente en pequeñas cantidades para tener bajos niveles de stock. Es fácil conseguir un buen nivel de servicio con poco stock de seguridad.
- **AY - Principal:** alto valor de salida y variabilidad media. Se recomienda reaprovisionamientos frecuentes y en cantidades pequeñas como en el

punto anterior pero hay que establecer el compromiso entre nivel de servicio y stock de seguridad.

- **BX - Principal:** valor medio y baja variabilidad. No es necesario reaprovisionar tan frecuentemente ya que el impacto del inventario es menor. Es posible garantizar un nivel de servicio alto con un stock de seguridad bajo.
- **AZ y BZ – Volátil:** alto valor de salida y alta variabilidad. Se recomienda el suministro bajo pedido. De otra forma, el costo de un nivel de servicio razonable sería muy alto, generando altos niveles de obsolescencia.
- **CZ y CY - Secundario:** Bajo valor y baja o media variabilidad. Bajo impacto en el costo del stock, se recomienda minimizar los costos operativos tratando de minimizar el número de pedidos y de transacciones.

Por su nivel de integración, en el presente trabajo se selecciona la clasificación ABC/XYZ, en tanto contiene las ventajas de las clasificaciones ABC y la XYZ por separado.

1.3.2 Principales modelos de sistemas de gestión de inventario

Los modelos de gestión de inventarios tienen diferentes tipos de clasificaciones dentro de las cuales se pueden destacar los mostrados en la figura 1.3.

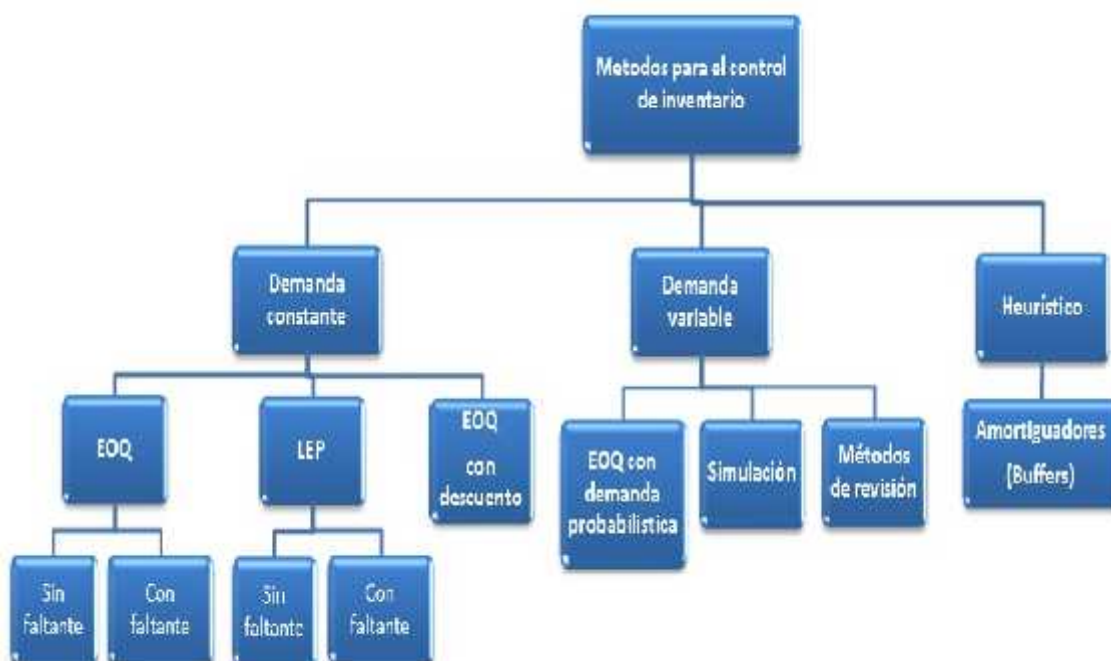


Figura 1.3: Clasificaciones de los modelos de gestión de inventario de cantidad económica de pedido (EOQ) y lote económico de pedido (LEP).

Fuente: (Taha, 2004)

Teniendo en cuenta las clasificaciones anteriores, y partiendo de las bases teóricas, se han desarrollado a lo largo de la historia disímiles modelos que permiten gestionar los inventarios de las empresas y las características del proceso que se lleva a cabo. Los mostrados en la figura 1.3, se corresponden con sistemas de inventario para demanda independiente, pues aquellos como los sistemas MRP (Material Requirement Plannig), creados para dar respuesta a la demanda dependiente no son de interés en el presente trabajo. A continuación, se puntualiza en el sistema de gestión de inventario que será analizado en la presente investigación.

Sistema de revisión continua o sistema de cantidad Fija o Sistema Q

En este modelo, dada cierta cantidad (punto de reorden) de un producto en inventario, se solicita el pedido de una cantidad fija de dicho producto, aunque el tiempo entre un pedido y otro pasa a ser variable siendo esta la característica principal de este sistema: cantidad fija y frecuencia fija. Es conveniente utilizar este sistema cuando se trata de productos fáciles de contabilizar; de costo elevado que requieren un estricto control, la variedad de surtidos es pequeña y cuando existe cercanía con el proveedor o cliente.

Donde no hay otras pautas para determinar la cantidad de pedido, se puede usar un modelo teórico, la "cantidad de económica de pedido" (EOQ). Este modelo considera el tamaño del lote, Q , resultado de equilibrar el costo de mantener el stock y el costo de ordenarlo. Se asume que todos los costos varían con la cantidad del lote o son invariantes con el costo del pedido. (Wild, 2017)

El diseño del modelo de Revisión Continua tiene como parámetros básicos: la cantidad a solicitar (Q), el punto de reorden (R) y el inventario o stock de seguridad (SS). Existen dos enfoques principales para el cálculo del inventario de seguridad que según (Chase et al., 2000) son:



Capítulo 1

1. Enfoque probabilístico, en el cual a partir del nivel de servicio fijado en la estrategia, se determina el percentil que le corresponde y se calcula el stock de seguridad, siendo su resultado más aproximado, pero dada la sencillez del procedimiento resulta muy fácil de aplicar en la práctica.

2. Enfoque basado en el nivel de servicio, que considera la existencia de faltantes durante el plazo de entrega, siendo su resultado más exacto, pero también menos práctico en cuanto a su empleo.

Este modelo se puede gestionar teniendo en cuenta las cuatro combinaciones en correspondencia con la aleatoriedad o el valor constante de la demanda y el plazo de entrega (Cespón Castro, 2011)

1. Considerar la demanda y el plazo de entrega constantes
2. Considerar el plazo de entrega aleatorio y la demanda constante
3. Considerar la demanda aleatoria y el plazo de entrega constante
4. Considerar aleatorios tanto la demanda como el plazo de entrega

Q: cantidad solicitada

R: punto de pedido o de reorden

L: Plazo de entrega

S': Stock de seguridad

Para el diseño de este sistema de gestión de inventario, cuando el plazo de entrega y la demanda son aleatorios, se sigue el procedimiento siguiente:

1. Determinación del tamaño óptimo del lote (Q)

$$Q = \frac{2 * S * D}{i * C} \quad (1.1)$$

2. Determinación del stock de seguridad (S'')

$$S'' = Z * \Gamma' \quad (1.2)$$

$$\Gamma' = \sqrt{L} * \Gamma \quad (1.3)$$

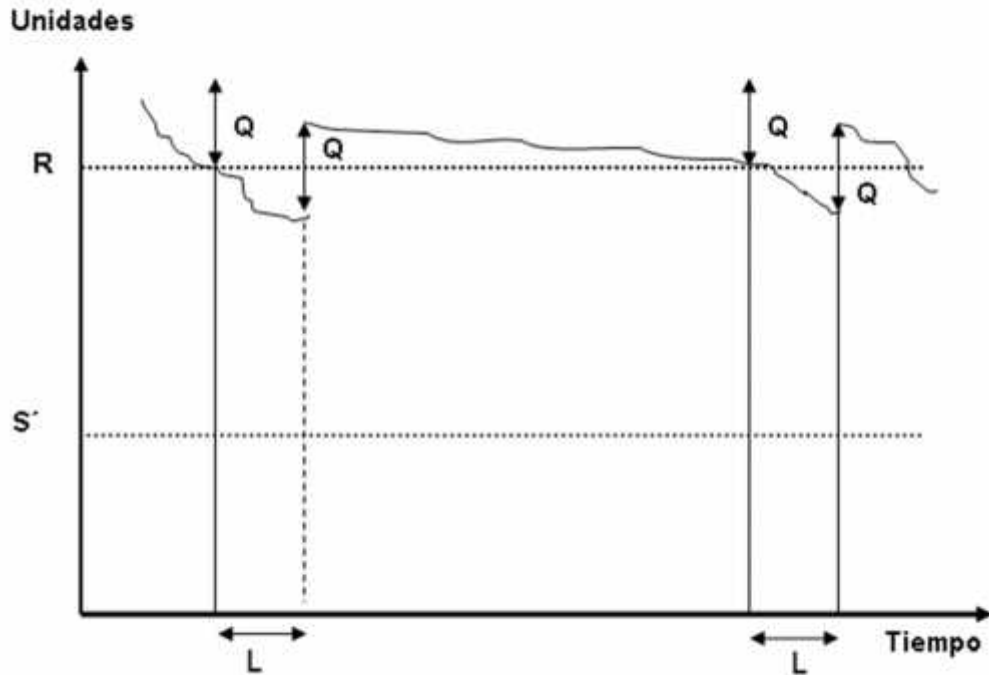


Figura 1.4: Sistema Q.

Fuente: (Ballou, 1991). Referenciado por (Cespón Castro, 2011)

Donde:

Q: Tamaño económico del pedido, en unidades /orden

S: Costo de preparación del pedido, en unidades monetarias

D: Demanda del producto, en unidades / unidad de tiempo

i: Tasa de inventario referida al mismo período de tiempo que la demanda

C: Costo de producción o de compra, en dependencia del pedido realizado

Z: percentil de la distribución normal, obtenido para el nivel de servicio fijado

Γ' : desviación estándar en el plazo L.

Γ : desviación estándar de la demanda, referidas a las mismas unidades que el plazo L.

L: plazo de entrega

3. Determinación del punto de reorden (R)



$$R = M' + S'$$

Capítulo 1

(1.4)

Donde:

M': demanda promedio en el intervalo L.

4. Administración del sistema a partir de los parámetros calculados.

Se procede a solicitar una cantidad "Q" cada vez que el inventario llega al punto de reorden "R", debiéndose estar atentos a los cambios de demanda, pues una variación muy pronunciada puede implicar que el sistema tenga que ser rediseñado. De forma general se deben tener presente ciertos elementos para establecer la gestión de aprovisionamiento (García León, 2007):

1. La cantidad actual en inventario y que se encuentra disponible
2. El stock de seguridad
3. Análisis del consumo de materiales
4. Plazo de entrega del proveedor
5. Beneficios financieros por descuentos obtenidos por gestiones comerciales

1.3.3 Evaluación del desempeño de los sistemas de gestión de inventario.

Los sistemas de inventarios son un eslabón vital dentro de la cadena de suministro y requieren de una gestión eficiente y mejora constante para mantener elevados niveles de competitividad. Una práctica muy habitual en el análisis y mejora de los procesos es realizar comparaciones y evaluaciones basadas en indicadores y mejores prácticas.

Los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización, y su continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades. En una organización también se debe contar con el mínimo número posible de indicadores que garanticen contar con información constante, real y precisa sobre aspectos tales como: efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad, la ejecución presupuestal, la incidencia de la gestión, todos los cuales constituyen el conjunto de signos vitales de la organización.



Capítulo 1

Dentro de esta amplia gama de indicadores se encuentran los indicadores logísticos, que permiten evaluar el nivel de desempeño de los procesos de almacenamiento, inventario y distribución en la empresa. Estos indicadores cumplen dentro del ámbito empresarial los siguientes objetivos(García, 2017):

- Identificar y tomar acciones sobre los problemas operativos
- Medir el grado de competitividad de la empresa frente a sus competidores nacionales e internacionales
- Satisfacer las expectativas del cliente mediante la reducción del tiempo de entrega y la optimización del servicio prestado.
- Mejorar el uso de los recursos y activos asignados, para aumentar la productividad y efectividad en las diferentes actividades hacia el cliente final.
- Reducir gastos y aumentar la eficiencia operativa.
- Compararse con las empresas del sector en el ámbito local y mundial (Benchmarking)

Dentro de los indicadores que se utilizan con más frecuencia para evaluar el desempeño de los sistemas de inventarios se pueden mencionar los siguientes:

Análisis de la demanda.

El objetivo del análisis es determinar para cada artículo del inventario, las cantidades requeridas, siempre orientado a la necesidad del cliente, por lo que se debe tener en cuenta la clasificación de la demanda. La misma puede ser clasificada atendiendo a diferentes criterios:(Wild, 2017)

- Según el nivel de dependencia de la demanda.
- Según el grado de conocimiento de la demanda y el plazo de entrega.
- Según la frecuencia con que es demandado el producto.

Rotación de Inventario

La rotación de inventario mide la frecuencia con que la empresa es capaz de vender la totalidad del inventario en un periodo de tiempo determinado, generalmente de un año. Este es un importante indicador de la eficiencia de la cadena de suministro, la calidad y la demanda del inventario y la idoneidad de las prácticas de abastecimiento. En términos generales, una tasa de rotación



Capítulo 1

más alta es lo preferible, mientras que un índice de rotación inferior sugiere ineficiencia y dificultad para convertir stock en ingresos (Jituri et al., 2018).

Plazos de entrega.

La mayoría de los autores definen el tiempo de entrega o “Lead Time” como el tiempo que transcurre desde el instante en que se hace un pedido hasta que se recibe en el almacén, sin tener en cuenta el tiempo desde el momento en que se detectan las necesidades de realizar un nuevo pedido hasta que el mismo es enviado a los suministradores (Urabe et al., 2016).

Costos:

La clasificación habitual de los costos que se utilizan en los sistemas de gestión de inventarios es la siguiente (Torrez and Valdés, 2012).

- *Costo de adquisición de los productos:* este expresa el valor de los productos almacenados, por lo que se relaciona con el precio de compra de los artículos que son objeto de aprovisionamiento.
- *Costo de emisión o lanzamiento del pedido:* este, también denominado «costo de ordenar el pedido», es el conjunto de gastos en que incurre la empresa para preparar y enviar las solicitudes a los proveedores. A los efectos de establecer políticas óptimas de inventario, este costo debe expresarse por pedido y nunca por unidad de producto, pues se relaciona directamente con la cantidad de pedidos que realiza el área de compras, independientemente de las unidades que contenga cada pedido.
- *Costo de inventario o almacenaje:* Estos costos están relacionados con la permanencia de artículos en inventario durante un período de tiempo. Usualmente se determina como un porcentaje del valor total por unidad de tiempo.
- *Costo de inexistencia o ruptura de stock:* Estos costos reflejan las afectaciones que ocasiona la falta de un artículo en el inventario, las consecuencias económicas cuando se determinan los artículos almacenados, y están determinados por la espera o no por parte del cliente del producto agotado. Estos efectos se aprecian de manera inmediata en la pérdida de imagen por la insatisfacción del cliente.

Nivel de servicio al cliente.



Capítulo 1

En condiciones de demanda y tiempo de entrega aleatorio, existe la posibilidad de incurrir en ruptura de stocks, con sus incidencias negativas tanto en la calidad del servicio prestado como en los incrementos innecesarios de costos que pueden presentarse por este concepto. En consecuencia, es necesario disponer de cantidades adicionales de productos almacenados, este inventario se denomina inventario de seguridad y su determinación estará ligada al grado de fiabilidad o nivel de servicio que la empresa esté dispuesta a ofrecer a sus clientes. Una vez fijado, el gestor de “stocks” lo toma como directriz y lo incorpora a sus métodos de cálculo como elemento de gestión (Shenoy and Rosas, 2018). A los efectos de la presente investigación, los indicadores a considerar para medir la eficiencia del sistema de gestión de inventarios que será diseñado son el servicio al cliente, la rotación de los inventarios y su costo total. Los mismos de una forma u otra contienen los restantes citados en la literatura científica consultada.

1.4 Principales regulaciones sobre la gestión de inventario en las empresas cubanas

El entorno actual, que se caracteriza por una gran dinámica debido a los procesos de globalización, competencia, desarrollo de clientes, la innovación de los productos y de las tecnologías de la información y las comunicaciones; requiere que la gestión de los inventarios tenga un papel más activo y más integral.

En Cuba, luego de varias investigaciones realizadas a través de consultorías y cursos de posgrado, se han detectado problemas relacionados con la gestión del inventario que afectan a las empresas. Se ha detectado que tanto empresas de producción como prestadores de servicio y comercializadores presentan problemas similares en su gestión, los cuáles afectan el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos de la organización. Dicha gestión no puede ser desarrollada, en las empresas cubanas, al margen de las regulaciones dictadas por los principales órganos de dirección del país.

La Instrucción General No. (253, 2014) plantea que la gestión de inventarios, como principio básico, se realiza con eficiencia y eficacia. Para contribuir a ello, entre otras acciones, el jefe máximo de las entidades designará mediante



Capítulo 1

resolución al “gestor de la actividad de inventarios”, preferentemente del área logística o comercial en las empresas o del área de planificación o abastecimientos en las unidades presupuestadas. Este se subordinará directamente al jefe máximo o al dirigente que determine a nivel de entidad. En esta se plantea además que para cumplir su objetivo el almacén necesita una adecuada administración, ordenando la realización de las tareas que esencialmente son:

- Atender las solicitudes y despachos en la sesión de la mañana.
- Dedicar la tarde a recepcionar, contar, ordenar y limpiar.
- Determinar y establecer los Ciclos de Pedidos y Despachos.
- Organizar los pedidos por días y áreas de trabajo y los despachos en el mismo día o en días alternos.
- Dedicar preferentemente los sábados u otro día (fijo) a realizar los conteos físicos periódicos (del 10 %).

En el segundo punto de dicha instrucción se hace referencia al inventario general, planteando que es una práctica de la administración de los inventarios, realizar un inventario general anual a fin de garantizar la coincidencia de las existencias físicas con los registros contables y avalar la confiabilidad de los estados financieros de la entidad. Para mantenerlo actualizado, de un inventario a otro se realizan controles sistemáticos como:

- cuadro diario de las existencias por los operarios de las distintas secciones al concluir los despachos y recepciones,
- conteos periódicos del 10% de las existencias, semanal por el personal del Área de contabilidad, mensual por el personal de la administración y
- después de registrado cada movimiento, anotar el saldo en cada renglón del modelo que lo ampara para su posterior conciliación en el submayor de contabilidad.

El Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) es el organismo rector de la actividad de logística de los almacenes en el país y en tal sentido emitió «La resolución 59/04, la Resolución 153/07 y el Reglamento para la Logística de Almacenes », los cuales se encargan de regular el desarrollo de esta disciplina en el territorio nacional.

La Resolución (59, 2014) se implementa con el propósito de:



Capítulo 1

1. Contribuir al incremento de la racionalidad y eficiencia del proceso de almacenamiento, incluyendo los equipos y medios.
2. Lograr la interrelación que se requiere entre todas las entidades nacionales que permita el desarrollo coherente de la logística de almacenes a escala nacional.
3. Perfeccionar e integrar los aspectos que forman parte de la logística de almacenes para lograr una mayor eficiencia en las entidades.
4. Elevar el nivel en la logística de almacenes en el país, sustentándose en el método establecido para la categorización de los almacenes en los diferentes niveles tecnológicos, atendiendo a que la introducción de las tecnologías debe ser lo más racional posible según las características del proceso de almacenamiento que se trate.
5. Incentivar y promover la capacitación del personal que labora en la logística de almacenes en los diferentes niveles de las organizaciones incluyendo a los vinculados directamente en el proceso de almacenamiento.

Consta de siete capítulos que se refieren como sigue:

Capítulo No. I.- Términos y definiciones.

Capítulo No. II.- Del diseño y los requerimientos constructivos.

Capítulo No. III.- Almacenes.

Capítulo No. IV.- Higiene.

Capítulo No. V.- Seguridad y protección.

Capítulo No. VI.- Defensa.

Capítulo No. VII.- Control estatal.

La Resolución(153, 2007)se documenta con el objetivo de:

Establecer el Expediente Logístico de Almacenes (EXPELOG) en todos los almacenes, como medio de facilitar y proporcionar a las entidades de cada sistema, las herramientas de trabajo para crear las condiciones necesarias en función del control de la actividad logística en cada instalación dedicada al almacenamiento y conservación de estos bienes de consumo en la economía nacional.

En la implantación, la resolución exige:

1. Crear el expediente técnico del almacén.
2. Definir el método de control de ubicación de los productos.



Capítulo 1

3. Aplicar los documentos normativos vigentes.
4. Garantizar un sistema de protección y seguridad del almacén.
5. Presentar un método de rastreo que permita la trazabilidad del producto.
6. Tener establecido un programa de control de plagas
7. Garantizar la correcta rotación de los productos.
8. Mostrar un sistema de control de fechas de vencimiento de los productos.

En estos momentos el Ministerio de Comercio Interior (MINCIN), se encuentra en medio del proceso de aprobación del Reglamento para la Logística de Almacenes (MINCIN, 2019) el cual tendrá como objetivo elevar la eficacia y eficiencia de los procesos, actividades y operaciones relacionadas con la logística de almacenes a partir de la mejora continua generada como resultado de los controles (internos y externos) del cumplimiento de las normas legales y regulaciones emitidas por los órganos, organismos, Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial y demás entidades nacionales en el cumplimiento de sus funciones rectoras. En él quedará definida la Logística de Almacenes como la actividad cuyo objetivo fundamental es llevar a cabo la manipulación, y el correspondiente almacenamiento de los bienes de producción y consumo, así como garantizar su adecuada preservación. Esta contribuye a la gestión de inventario y el diseño de los almacenes.

Este reglamento, además, una vez que quede aprobado, debe contener, dentro de sus disposiciones finales, la derogación de la resolución 59/04, 153/07 del Ministerio de Comercio Interior y todas aquellas instrucciones y regulaciones que contradigan lo que él establece.

1.5 La industria del cloro en Europa

La industria de los cloro álcalis es la que produce cloro (Cl_2) y álcalis –hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) – por electrólisis de una solución salina. Las principales tecnologías que se aplican en la producción de cloro álcalis son la electrólisis en pilas de mercurio, pilas de diafragma y pilas de membrana, utilizando principalmente cloruro de sodio (NaCl) como material de alimentación o, en menor medida, cloruro de potasio (KCl) para la producción de hidróxido de potasio.



Capítulo 1

Desde la década de 1940, la producción de cloro ha experimentado un fuerte aumento, debido a la incipiente demanda de plásticos, en particular el PVC y los poliuretanos. La producción de cloroaromáticos (por ejemplo, el clorobenceno para la síntesis del fenol), el óxido de propileno (proceso de clorhidrina), los disolventes que contienen hidrocarburos clorados y los compuestos de cloro inorgánicos también son factores importantes que explican el mayor uso de cloro con posterioridad a 1940. La producción de cloro de un país es un indicador del estado de desarrollo de su industria química.

El sector europeo de cloro álcalis se ha desarrollado con el tiempo y está geográficamente disperso. La inevitable coproducción de cloro e hidróxido de sodio en cantidades casi iguales siempre ha supuesto un problema para esta industria, ya que estos productos tienen usos finales muy diferentes con dinámicas de mercado muy distintas y el hecho de que la demanda de ambos coincida no es más que una extraña casualidad. En lo que respecta al cloro, Europa se encuentra en una situación de aproximado equilibrio y ha sido tradicionalmente el segundo exportador mundial de sosa cáustica. Actualmente es un importador neto. Existen diversas empresas cuyo objeto social es la producción y exportación de productos químicos entre los cuales se encuentra el cloro como producción principal y mayoritaria.

Una de estas empresas es (Alliance, 1918), ubicada en el estado de Ceará, Brasil. Esta planta está ubicada dentro de una unidad de tratamiento de agua y su objetivo es producir cloro que se utiliza en el tratamiento de agua dentro de la misma planta, reduciendo así el riesgo de transportación de cloro gas. Esta planta funciona con una tecnología de membrana, mucho más segura para el medio ambiente, y elimina el uso del mercurio, el cual, es realmente complicado tanto por sus requerimientos para almacenamiento y transportación como por los daños que provoca para el medio ambiente y para el hombre. (Alliance, 1918)

La planta (EFICE, 2016), ubicada cerca del río La Plata en Uruguay, es de las pocas que aún utilizan la tecnología de celdas electrolíticas a base de mercurio. Esta planta cuenta con 22 celdas electrolíticas lo que hace que tenga un elevado consumo de mercurio haciendo muy difícil gestionar los niveles de inventario de



Capítulo 1

esta materia prima, pues no es recomendable tener almacenado si no se utiliza, pero no puede existir faltante pues paraliza la producción.

El sector del cloro-álcali en Europa se ha desarrollado con el tiempo y es geográficamente disperso. La coproducción de cloro y de hidróxido de sodio en cantidades prácticamente iguales es inevitable. Ambos productos se utilizan para usos finales muy diferentes con unas dinámicas de mercado diversificadas y, sólo en contadas ocasiones, la demanda de ambos coincide. (Gourbe, 2007)

En España, por ejemplo, existen nueve empresas que fabrican cloro mediante electrólisis, las cuales generan 706.900 t Cl₂/año; dos de ellas en la actualidad tienen celdas de membranas y las restantes utilizan mercurio, por lo que el 80% de la producción es por celdas de mercurio. Estas últimas deben cambiar su tecnología pues desde el 2017 está prohibido el uso de este material (Noval Gómez, 2017).

También se puede mencionar a ArrMaz, Estados Unidos, una empresa con sede en el estado de la Florida y sucursales a través de todo el mundo, que no solo se dedica a la producción de químicos especiales para diferentes industrias que los requieran, sino que además brinda diversos servicios entre los cuales está el servicio de gestión de inventario, proporcionan a sus clientes sensores de nivel en los tanques de almacenamientos, monitorean de forma remota los niveles de inventarios y recomiendan o realizan los pedidos automáticamente, brindando a sus clientes la posibilidad de que sus procesos se ejecuten tan eficientemente como sea posible. (ArrMaz, 2018)

1.5.1 Gestión de inventario en este tipo de empresas

La industria química se enfrenta a muchos retos en lo que concierne al almacenamiento. Una gestión profesional del inventario y de la cadena de suministro le ayudará a reducir costos, mejorar la satisfacción del cliente e incrementar la seguridad y la productividad. La medición del nivel de depósitos y la medición de caudal al cargar el camión, por ejemplo, son tareas importantes. Sin embargo, resulta todavía más importante transformar estos datos en conocimiento, de modo que pueda reaccionar rápida y eficazmente a las

fluctuaciones de la cadena de suministro. Ello constituye un único resultado de la optimización de la cadena de suministro.

Mantener una adecuada gestión de las materias primas de una industria de cloro álcali es un proceso sumamente complejo pues en su mayoría se transportan de forma independiente los insumos, lo que provoca la necesidad de diseñar diferentes modelos de gestión de los inventarios. A nivel internacional, las principales presiones a las que están sometidas las entidades, y que influyen directamente en la necesidad de mejorar la gestión de los inventarios, son las mostradas en la figura 1.6:



Figura 1.6: Representación de la situación internacional que impacta en la necesidad de mejorar la gestión de los inventarios.

Fuente: Situación de la gestión de inventarios en Cuba. (Acevedo-Suárez et al., 2012)

Existen múltiples empresas que gestionan sus propios inventarios, tanto los dedicados a la exportación como los de uso propio, como también existen otras cuyo objeto social es brindar servicios de gestión de inventario a las empresas químicas como es el caso de la empresa Armaz mencionada anteriormente. También está la compañía (EFICE, 2016) la cual cuenta con un software que posibilita a sus clientes una planificación colaborativa de la demanda, una planificación y programación del reaprovisionamiento controlado, así como mantener una localización geográfica de los inventarios lo que permite reducir los costos y aumentar la productividad.

Todas estas empresas, dedicadas a brindar soporte al proceso de gestión de inventario de la industria química, basan su trabajo en la metodología de las 5S. Esta es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples, en la tabla 1.7 se puede observar de manera resumida en que consiste cada uno de estos principios.

Tabla 1.7: Características fundamentales de las 5S

<u>Denominación</u>		<u>Concepto</u>	<u>Objetivo particular</u>
<u>Español</u>	<u>Japonés</u>		
Clasificación	整理, <i>Seiri</i>	Separar innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
Orden	整頓, <i>Seiton</i>	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
Limpieza	清掃, <i>Seiso</i>	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
Normalización	標準, <i>Seiketsu</i>	Señalar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
Disciplina	躰, <i>Shitsuke</i>	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido

Fuente: (Almonte, 2011)

Esta técnica se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5S han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones que lo utilizan tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones.

1.6 Conclusiones parciales

Luego de un análisis detallado de la bibliografía que constituye la base metodológica del presente trabajo se puede arribar a las siguientes conclusiones:

1. La logística y como parte de la misma la gestión de inventarios, su clasificación, sus sistemas, la evaluación de su desempeño y los modelos existentes han sido temas abordados por muchos autores, por lo que existe la base teórica esencial para el desarrollo del presente trabajo de diploma.
2. Dentro de las diferentes clasificaciones analizadas, en el presente trabajo, se opta por el empleo de la clasificación ABC – XYZ, dado que integra los criterios que considera la ABC y la XYZ por separado, lo cual permite una descripción mejor de los productos analizados y una mejor selección del sistema de gestión de inventarios a utilizar.
3. Existen múltiples modelos de gestión de inventario para diferentes situaciones que se pueden presentar. En el trabajo se selecciona el modelo de cantidad fija que es el que mejor se aplica al producto seleccionado. De este modelo existen todos los elementos necesarios para su aplicación, como es el caso del perfil de inventario y los procedimientos de diseño.
4. Cuba ha desarrollado, dentro del ámbito legal, un amplio marco legislativo que permite regular de manera eficiente la gestión de los inventarios dentro de las empresas. En la investigación se tendrá en cuenta en particular las resoluciones N° 59/2004 y 153/2007, así como la Instrucción general No. 253/2014.
5. Existen varios criterios para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de inventario. En el presente trabajo de diploma fueron seleccionados el costo total de inventario, su rotación y el servicio al cliente.



Capítulo 1

6. Una adecuada gestión de los inventarios en las empresas que forman parte de la industria del cloro álcalis es de vital importancia para garantizar la productividad de la misma, reducir los costos de transportación, así como los provocados por falta de materia prima y aumentar al máximo la satisfacción del cliente.



Capítulo 2

Capítulo 2



Capítulo 2

2 Capítulo 2: Análisis y mejora de la gestión de inventario en la empresa ELQUIM.

2.1 Introducción

Luego de analizar minuciosamente la bibliografía consultada, es posible llevar a cabo una adecuada evaluación de la situación actual de la empresa objeto de estudio, con el fin de rediseñar el sistema de gestión de inventarios existente.

En el presente capítulo se brinda una caracterización de la Empresa Electroquímica de Sagua y la situación que presentan sus inventarios evaluando además el nivel de desempeño de los mismos. Una vez realizada dicha caracterización se clasifican los inventarios seleccionados por su alto nivel de importancia dentro del proceso productivo, y basado en esta clasificación se diseña un nuevo sistema de gestión de inventarios más eficiente.

2.2 Caracterización general de la Empresa Electroquímica de Sagua

Fundada en 1936, y con personalidad jurídica propia según Resolución # 76-46 de 13 de diciembre de 1976, es la única de su tipo en el país; está situada en la carretera a Santa Clara, kilómetro 4½, en el municipio de Sagua la Grande, provincia Villa Clara. Pertenece al Ministerio de Industrias (MINDUS). Con un promedio de 900 trabajadores. Dispone de dos áreas productivas, una Base de Transporte Especializado, un Edificio Socio-Administrativo para el equipo de dirección, una UEB Comercializadora y una Dirección Integrada de Proyecto (DIP) Reconversión Tecnológica Cloro Sosa, servicios, aseguramiento, ventas y control económico.

Sus producciones se destinan a importantes sectores de la economía nacional como son:

- AZCUBA
- BIOCUBAFARMA
- AZUMAT
- Comité Central
- INDER
- INRH
- MES



Capítulo 2

- MICONS
- MINAGRI
- MINAL
- MINCIN
- MINDUS
- MINED
- MINEM
- MINFAR
- MININT
- MINSAP
- MINTUR
- MITRANS
- Poder Popular

Los productos que se elaboran en esta empresa tiene múltiples utilidades tanto para el sector industrial como para el hogar. La tabla 2.1 muestra las principales producciones de la Empresa Electroquímica de Sagua.

Tabla 2.1. Principales productos de la empresa y su empleo.

Producto	Empleo
Cloro líquido Hipoclorito de Sodio Sulfato de Aluminio	Potabilización de agua, producción de papel.
Ácido Clorhídrico	Industria azucarera y otras, además limpiador doméstico.
Silicato de Sodio	Industria de Jabones y detergentes, fundiciones de metales, producción de tejas y nevases de cartón
Sosa Cáustica	Producción de papel, termoeléctricas, industria alimenticia, jabonería, refinación de petróleo.



Capítulo 2

Productos químicos de consumo.	Limpieza doméstica, institucional y personal, tratamiento de agua de piscinas, insumos hoteleros.
--------------------------------	---

Fuente: Documentos de la empresa

Para la producción de estos productos es necesario el uso de múltiples materias primas e insumos provenientes de diversas empresas del país. Dentro de sus proveedores se pueden destacar:

- ENSAL
- EMI
- UEB Rayonitro
- SAREX
- GEOCUBA
- Gases Industriales

La empresa se caracteriza por:

- ✓ Alto consumo energético debido a las características de sus procesos tecnológicos.
- ✓ Representa el principal foco de peligro químico del país por contar con la mayor capacidad de almacenaje de cloro líquido.
- ✓ Altos riesgos de contaminación por producir sustancias tóxicas o venenosas tales como cloro líquido, sosa cáustica, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico y otros y utilizar ácido sulfúrico y mercurio metálico entre otros, aunque este último insumo dejará de emplearse luego de culminada la inversión que actualmente se realiza.
- ✓ Fuerte efecto corrosivo propio de las características de los procesos, que requiere la utilización de sustancias y materiales de construcción especiales.
- ✓ Dependencia del mercado externo para la adquisición de materias primas, materiales auxiliares, recursos específicos para el mantenimiento y la protección de los trabajadores.
- ✓ Trabajo continuo en varios turnos al día durante todo el año.



Capítulo 2

- ✓ Relaciones con Empresas consumidoras y proveedoras en todo el país por ser única productora.

Esta entidad tiene como **objeto social**: desarrollar, producir, comercializar de forma mayorista, transportar y distribuir en pesos cubanos y convertibles, productos químicos registrados con la marca ELQUIM de las clases 1; 3 y 5 según el Clasificador Internacional de Productos y Servicios; así como brindar asistencia técnica a entidades del sistema del Grupo Empresarial Químico Farmacéutico y a terceros, consistentes en:

- Asesoría técnica sobre la utilización, manipulación y almacenamiento de los productos que comercializa
- Mantenimiento y explotación a instalaciones de productos químicos en pesos cubanos y moneda libremente convertible.

La empresa se encuentra en el proceso de Perfeccionamiento Empresarial, con el diagnóstico empresarial inicial aprobado por el Grupo gubernamental. En la actualidad se encuentra pasando por un riguroso proceso de reconversión tecnológica a través de la puesta en marcha de una nueva planta basada en la tecnología de membrana, más eficiente y menos contaminante que la planta actual, la cual cuenta con una tecnología prácticamente obsoleta a nivel mundial basada en mercurio. Esta nueva planta aumentará la capacidad productiva de la planta, permitiendo una producción diaria de:

- HCl 11688 t/año
- NaOCl 23735t/año
- H₂ 4045440 m³/año
- Cl gas 11773 t/año
- NaOH 25400t/año

Este aumento de la capacidad de producción trae consigo un aumento de los índices de consumo de las materias primas que entran al proceso productivo, lo cual requiere de un adecuado sistema de gestión de inventario que garantice que los insumos de la producción estén disponibles siempre que sean requeridos, evitando a su vez excesos de materiales en el almacén.



Capítulo 2

2.3 La gestión de inventario en la empresa ELQUIM

La gestión de los inventarios en la empresa se lleva a cabo de manera similar al resto de las empresas del país. Todos los meses se realiza inventario al 10% de los productos del almacén, y una vez al año se controla el 100% del inventario. Este método posibilita mantener un control sobre los materiales almacenados a la misma vez que se minimizan los costos por realizar control al inventario.

Los planes de compra se realizan anualmente teniendo en cuenta la capacidad productiva de la planta, así como el plan de producción previsto para el año. Se firman contratos con los proveedores donde se fijan las cantidades a suministrar, cuantos envíos, el tamaño de estos envíos, y la fecha en que se recibirán cada uno de ellos.

En el caso específico de la sal, el sistema de gestión de inventario funciona de manera diferente en algunos aspectos, pues la sal está ubicada en un lugar abierto, lo cual provoca que existan pérdidas, producto a la lluvia o la humedad. Además, es complicado determinar la cantidad exacta de sal que se consume diariamente, pues esta se vierte dentro del saturador de salmuera con una grúa, y es difícil saber con certeza la cantidad exacta transportada. En este caso el despacho recibe diariamente un parte del consumo realizado, y el área comercial emite semanalmente un parte donde ofrecen también el consumo semanal de acuerdo a las cantidades que quedan en el almacén; ambos valores deben coincidir, pero en la práctica estos distan bastantes uno del otro.

La transportación de la mercancía, en el caso de los productos seleccionados, corre a través del proveedor quien incluye en la factura el flete y los kilómetros recorridos, así como el gasto de la estadía en el caso de los viajes donde sea necesario que el chofer pase la noche. En el caso específico de la sal se firma un contrato a inicio de año con las cantidades que serán requeridas mensualmente de acuerdo con el plan de producción establecido y el proveedor las envía en distintos envíos durante todo el mes hasta satisfacer la demanda dentro del término especificado. Considerando que las entregas son mensuales y que la cantidad depende de lo planificado, el sistema de gestión de inventario que poseen se asemeja más a una revisión periódica.



Capítulo 2

2.4 Diseño de un modelo de sistema de gestión de inventario para la Sal Común Gruesa no Secada en la Empresa Electroquímica de Sagua.

Para diseñar el sistema, en el presente epígrafe se parte primero de realizar la clasificación ABC/XYZ de los insumos de la empresa, luego se determinan todos los costos asociados al inventario y posteriormente en dependencia de la clasificación obtenida se diseña el sistema de revisión continua para la sal común gruesa.

2.4.1 Clasificación ABC/XYZ de los insumos

Clasificación ABC

La empresa cuenta con un total de 275 insumos diferentes, divididos en diferentes almacenes de acuerdo a sus categorías: materias primas, material de laboratorio, mantenimiento y material de oficina, aseo y ropa y calzado. Luego de investigar con los diversos especialistas de la empresa se determinó que las materias primas ubicadas en el Almacén 899 constituyen el eslabón fundamental para la gestión de la empresa, pues en varias ocasiones han afectado la producción.

En la entidad tienen elaborada una clasificación ABC de los insumos existentes en el almacén. Para la presente investigación se tuvieron en cuenta ocho de ellos, los cuales son insumos directos del proceso productivo, además, el resto de estos productos no llegaba a los \$10 000.00 de importe total anual, debido a sus bajos niveles de consumo. La figura 2.1 ilustra la clasificación ABC de los 8 productos seleccionados, la cual se clasificaron a través del uso del software Microsoft Excel, como herramienta de apoyo para desarrollar el siguiente procedimiento:

1. Calcular los importes anuales de los insumos, partiendo de la multiplicación del costo unitario de cada uno de ellos por su consumo anual.
2. Ordenar de manera descendente según el valor anual que se determinó
3. Calcular la frecuencia relativa de cada una de estas sumas
4. Calcular la frecuencia relativa acumulada para cada producto.
5. Se grafica el Diagrama de Pareto como importes anuales vs. % frecuencia acumulada de las ventas.

6. Se clasifican en A los ítems que representaron hasta el 80% del importe anual, en B los que estuvieron entre el 80% y 95%, y, por último, C mayores del 95%. La tabla 2.2 muestra el resultado de la aplicación de este procedimiento para la Sal Común Gruesa no secada obtenido en el anexo 2.

Tabla 2.2: Clasificación ABC de la Sal Común Gruesa no secada.

Descripción	Importe Anual	F.relativa (%)	F.R.Acumulada (%)	Clasificación
Sal Común Gruesa no Secada	4073500,077	93,90409365	93,90409365	A

Fuente: Elaboración Propia

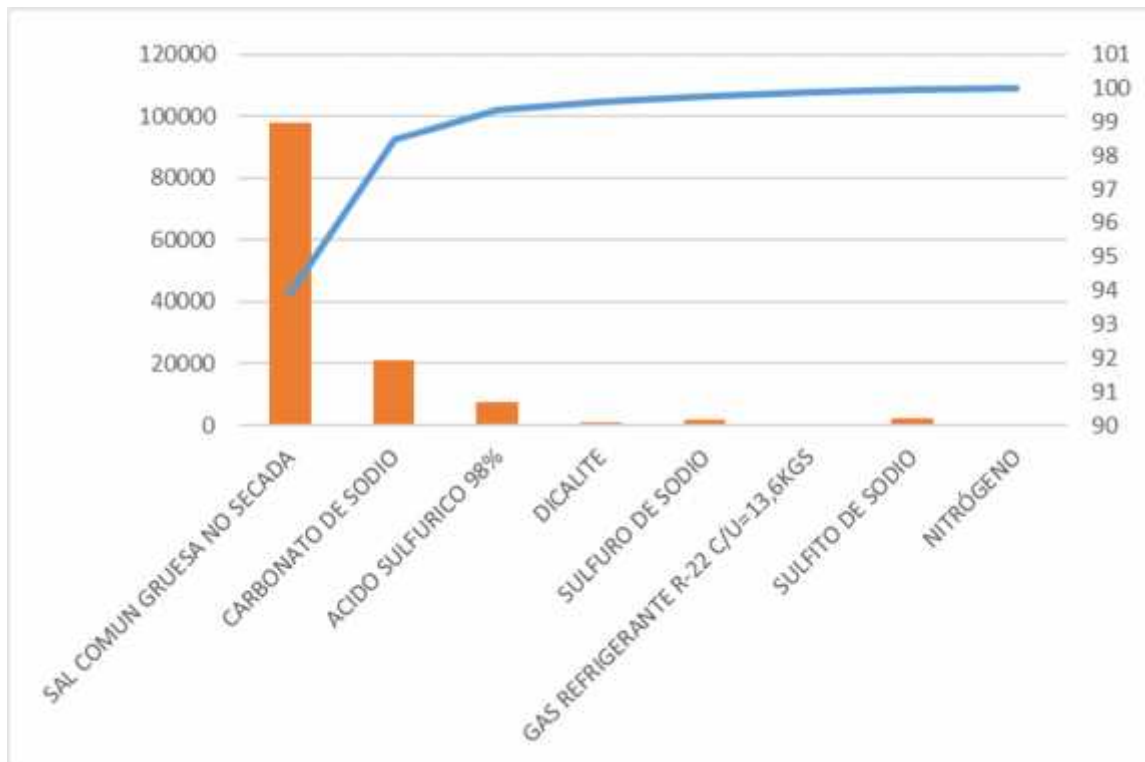


Figura 1.2: Diagrama de Pareto para la clasificación ABC.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los valores anteriores, la clasificación ABC de estos insumos en la empresa resulta la mostrada en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Clasificación ABC

clasificación	cantidad
A	1
B	2
C	5

Fuente: Elaboración propia

Clasificación XYZ

Esta clasificación se realizó teniendo en cuenta el consumo mensual de cada uno de estos los insumos, el cual varía en relación con el cumplimiento real del plan de producción. Esta información fue proporcionada por el grupo comercial de la entidad, y permitió determinar el nivel de variación de la demanda de estos productos, basado en los consumos mensuales del año 2018. La variación de las demandas se determinó utilizando el software Microsoft Excel como herramienta para calcular el coeficiente de variación determinado por el cociente entre la desviación estándar de las demandas mensuales y la media aritmética de las mismas.

Luego se clasificaron los productos utilizando los límites de clasificación presentes en la tabla 1.2. Este procedimiento fue la base para la clasificación de los productos seleccionados. En la tabla 2.4 se muestra el resultado de la clasificación de la Sal Común Gruesa no secada obtenida del anexo 2.

Tabla 2.4: Clasificación XYZ de la Sal Común Gruesa no secada.

Descripción	Demanda anual	Demanda promedio	Desv. estándar	Coef. variación	Clasificación n
Sal Común Gruesa no Secada	11602.773	966.89775	165.8218049	17.14%	X

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 2.5 presenta los resultados de la clasificación XYZ de todos los productos seleccionados, obtenida del anexo 2.

Tabla 2.5: Clasificación XYZ

clasificación	cantidad
X	2
Y	3
Z	3

Fuente: Elaboración propia

Por último se realizó la clasificación matricial ABC/XYZ como se observa en la tabla 2.6.

Tabla 2.6: ClasificaciónABC- XYZ

Clasificación	X	Y	Z	Total
A	1	1	0	2
B	0	0	3	3
C	0	1	2	3
Total	1	2	5	8

Fuente: Elaboración propia

A partir de la clasificación ABC/XYZ se seleccionó el cuadrante AX que se corresponde con la Sal Común Gruesa no Secada por ser el más representativo desde el punto de vista de los costos y además mantener una demanda estable. De hecho es el insumo más importante en la empresa estudiada. Estas características se corresponden con los sistemas de gestión de inventario de revisión continua que será el diseñado para este insumo. A continuación se determinan los costos necesarios para el diseño de este sistema.

2.4.2 Determinación de los costos asociados a la gestión de inventario.

Con el fin de diseñar y evaluar el modelo seleccionado fue necesario primero determinar los costos asociados a la gestión de inventario. En la empresa estos



Capítulo 2

costos estaban definidos por lo que no fue necesario hacer una estimación de ninguno de ellos. Estos fueron aportados por el departamento comercial, que cuenta con un software llamado "SISCONT" que contiene todos los datos de la contabilidad de la empresa divididos por departamentos u objetos de costos, como es el caso de los almacenes

Costo por mantener unidades en inventario

Dentro de estos costos se tuvieron en cuenta los relacionados con el salario de los trabajadores del almacén, la depreciación de los activos fijos tangibles, los costos de mantenimiento de la grúa, así como los consumos de energía eléctrica y los costos administrativos relacionados con la operación de la bodega. La tabla 2.7 muestra un resumen de la información obtenida.

Tabla 2.7 Estimación de los costos de mantener el inventario y la tasa como % del inventario promedio

Rubro	Valor (\$/año)
Costo salarios personal bodega (auxiliares y supervisión de la bodega)	34560.41
Costo de electricidad	5903.08
Costo por depreciación	11863.18
Costos administrativos asociados a la operación de la bodega	14151.49
Costo de mantenimiento de grúa	2345.26
Inventario inicio del año	3436182.17
Inventario al finalizar el año	3416901.16
Inventario promedio	3426541.67
COSTOS TOTALES ANUALES DE MANTENER INVENTARIO	68823.42
COSTO DE MANTENER UNA UNIDAD COMO % DEL INVENTARIO PROMEDIO (TASA DE INVENTARIO)	2%/año



Capítulo 2

Fuente: Elaboración propia

Los costos expresados en la tabla anterior fueron obtenidos del departamento comercial de la empresa, y están compuestos por los valores que se explican a continuación:

- El costo de salario del personal del almacén se obtuvo a partir de los salarios anuales de los 3 trabajadores que laboran en el almacén (un encargado de almacén y dos auxiliares).
- El gasto de electricidad del almacén se obtuvo a partir de las lecturas del año anterior del metro contador de año anterior, obteniéndose un valor de 36104.47 kW-h/año. Esto se paga con una tarifa de 0.1635 pesos/kW-h.
- El costo de depreciación de los activos fijos tangibles se obtuvo del departamento comercial, este incluye bebederos, lavadoras, transmisores, muebles y estanterías.
- Los costos administrativos asociados a la operación de la bodega se determinaron a través de los gastos referentes a este objeto de obra, obtenidos del SISCONT (software que se utiliza en la empresa para llevar toda la gestión contable).
- El costo de mantenimiento de la grúa está dado por el costo de las 2 reparaciones que se hicieron en el 2018 teniendo en cuenta el costo de las piezas que se utilizaron para eso.

Costo de ordenar

El departamento comercial tiene definidos los costos asociados a realizar una orden de compra, estos son estables para cualquier producto pues en todos los casos se lleva a cabo el mismo procedimiento. Estos valores se pueden observar en la tabla 2.8

Tabla 2.8 Tabla de componentes asociadas al costo de ordenar

Rubro	Valor (\$/año)
Costo salarios personal de compras	161392.59
Materiales de oficina y papelería asociada a las compras	499.11

COSTOS TOTALES ANUALES DE ORDENAR	161891.7
Número de órdenes anuales	856
COSTO POR ORDEN	189.13

Fuente: Elaboración propia

- El costo de salario del departamento comercial se obtuvo a través del salario mensual de los 3 trabajadores que conforman este departamento
- El costo de materiales de oficina y papelería del departamento de compras fue proporcionado por el departamento comercial.
- El número de órdenes está dado por la cantidad de facturas emitidas por la empresa.
- El costo por orden se calculó como el cociente del costo total anual entre el número de órdenes.

Costo de compra

Los costos de compra de las materias primas que se toman como base para la realización de esta investigación fueron aportados de igual forma por el personal del departamento comercial, específicamente el área de compras, y se pueden visualizar en la tabla 2.9

Tabla 2.9: Costos de compra de las materias primas(\$)

Código	Descripción	Valor(\$)
25540100260000	SAL COMÚN GRUESA NO SECADA	351,0798735
32030100040000	CARBONATO DE SODIO	757,750849
32220100040000	ÁCIDO SULFURICO 98%	125,1112206
38002920020000	DICALITE	882,4642857
32630100020000	SULFURO DE SODIO	1207,607018
20199110700000	GAS REFRIGERANTE R-22 C/U=13,6KGS	88,87
32610100010000	SULFITO DE SODIO	1,831752
31752400010000	NITRÓGENO	3,226635514



Capítulo 2

Fuente: Documentación de la empresa

Costo de oportunidad

En Cuba no es totalmente aplicable las definiciones de la bibliografía relacionadas a este costo, en este caso el costo de oportunidad se definió como el valor de lo que dejó de ganar la empresa por incumplir el plan de producción. Esto estuvo ocasionado por la no arrancada en tiempo de la nueva planta Cloro Sosa debido a la falta de disponibilidad en el sitio de una serie de suministros de vital importancia para la puesta en marcha de la misma. Este costo asciende a \$11 820 800.00. No obstante por tratarse de una nueva inversión lo cual no ocurre de manera sistemática, no se tendrá en cuenta dicho valor en la investigación actual.

2.4.3 Determinación de los costos asociados a la gestión de inventario de la sal común gruesa no secada.

Considerando que durante el año 2018 se recibieron 11 462,69 toneladas de Sal Común Gruesa no secada (a un precio de \$351.0798735 cada tonelada), el costo total de compra de esta materia prima fue de \$4 024319.76 lo cual constituye el 10.18% de los 40 000 MP dedicados el año anterior a la compra de insumos para la producción (tanto de materias primas, como materiales, herramientas, etc.)

Basado en el dato anterior es posible determinar los costos asociados a la gestión de inventario de la sal como materia prima fundamental del proceso productivo y objeto de estudio de esta investigación pues estos representan el 10.18% de los costos asociados a la gestión de inventario de la entidad. Esto resulta fundamental en varias partidas de costo pues por ejemplo el total de órdenes consideradas en la tabla 2.8, no fueron todas de sal común gruesa no secada y lo que se pretende es obtener una correcta gestión de este insumo. Por esa razón, se le aplicará el porcentaje que representa el insumo seleccionado a cada uno de los costos antes calculados.

Costo de mantener en inventario de la sal común gruesa no secada.

El costo de mantener en inventario la Sal Común Gruesa no secada se calcula como el 10.18% del costo total de mantener en inventario que aparece en la tabla 2.7; teniendo en cuenta que este valor asciende a \$68823.42 y multiplicándolo



Capítulo 2

por 0.1018 se obtiene que el costo total de mantener en inventario Sal Común Gruesa no secada es de \$7006.22.

El costo de mantener una unidad como porcentaje del inventario promedio invertido para todos los insumos es de 2%/año, según la tabla 2.7. Para el caso de la sal común gruesa no secada sería $2\%/año * 0.1006 = 0.2\%/año$ pero específicamente para el insumo analizado. Si además se considera que el precio de la sal es de \$351.0798735 cada tonelada (costo de compra para la empresa), entonces $0.002 /año * \$351.0798735 /tonelada = 0.702 \text{ pesos} / t - año$, como costo de inventario para la sal común gruesa no secada.

Costo de ordenar de la sal común gruesa no secada.

De manera similar, el costo por orden obtenido para todos los insumos en la tabla 2.8 es de 189.13 peso / orden, siguiendo el mismo razonamiento se obtendría $189.13 \text{ pesos} / orden * 0.1006 = 19.02 \text{ pesos} / orden$.

Costo de compra

Se tomará solo el del insumo seleccionado que en la tabla 2.9 es de \$351.0798735 cada tonelada.

Costo de faltante

En el caso de la Sal la empresa tiene definido el costo de faltante como el valor que le cuesta a la empresa la pérdida de sal por algún motivo, fundamentalmente por la lluvia con un valor de \$349.5/t. En el año 2018 la empresa perdió un total de 249.49 t de Sal con un importe total de \$87 212.21

La tabla 2.10 muestra un resumen de los costos asociados a la gestión de inventario de la Sal Común Gruesa no secada

Tabla 2.10 Costos asociados a la gestión de inventario de Sal Común Gruesa no secada

Indicador	Valor
Costo de mantener Sal en inventario como % del costo total de gestión de inventario	10,18%
Costo total de mantener en inventario	7006.22 \$/año

Costo de mantener en inventario como % del inventario promedio	0.702 \$ / t – año
Costo de ordenar	19.02 \$ / orden.
Costo de compra	351.0798735 \$/t
Costo de faltante	351.0798735 \$/t

Fuente:Elaboración Propia

Para continuar con el cálculo de los parámetros relacionados con la evaluación de este modelo, se debe determinar el plazo de entrega del proveedor. Este se toma como el tiempo que transcurre desde que se solicita el producto hasta que esta en el sitio, puesto que el proveedor pone la mercancía en la planta. Como la empresa y el proveedor firman a inicio de año un contrato con las cantidades a suministrar mensualmente, se toma el primer día hábil de cada mes como el día de emisión de esta solicitud, y esta no se cierra hasta que no se complete el pedido, pues en varias ocasiones este viene en mas de un envío. La tabla 2.11 muestra los tiempos que demora el proveedor en satisfacer los pedidos mensuales.

Tabla 2.11 Tiempos de entrega de la Sal

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom
19	15	23	9	18	29	30	28	13	15	9	13	18.41

Fuente: Elaboración propia

La demanda se determinó a partir de los consumos mensuales del 2018, los cuales fueron dados por la capacidad real de producción de la planta en cada mes de ese año. Esta demanda oscila entre 800 y 1200 tonelada de sal mensualmente, la tabla 2.12 muestra la demanda mensual de Sal Común Gruesa no secada durante el 2018.

Tabla 2.12 Demanda mensual de Sal Común Gruesa no secada

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Prom
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------	------



Capítulo 2

1165,5	1051,7	1143	1019	834	897	923	1135	1046,3	906	910	572	11602,773	966,9
--------	--------	------	------	-----	-----	-----	------	--------	-----	-----	-----	-----------	-------

Fuente: Elaboración Propia

2.4.4 Diseño del sistema de inventario de revisión continua para la Sal Común Gruesa no Secada.

En la presente etapa de la investigación se abordó el modelo de gestión de inventario de revisión continua dadas las características del producto que se va a analizar. Se considera que como el proveedor está dentro del país y el envío se realiza mediante el ferrocarril, la demanda es bastante estable y la sal se encuentra dentro del grupo A/X en la clasificación, el sistema de revisión continua se adapta mejor a las exigencias de la empresa.

Para realizar un adecuado diseño de este sistema es necesario probar, primeramente, los supuestos de aleatoriedad y normalidad en las muestras de demandas y plazos de entrega, para posteriormente poder utilizar el estadígrafo Z para el cálculo del tamaño óptimo del lote de producción. Para probar estos supuestos se utilizó la herramienta Minitab 18, con un nivel de confianza de 95% y por ende $\alpha = 0,05$

En el supuesto de aleatoriedad se realiza una prueba de hipótesis en las que para ambas variables fue:

H_0 : Los datos de la muestra se encuentran en orden aleatorio.

H_1 : Los datos de la muestra no se encuentran en orden aleatorio.

Para tomar la decisión, la región crítica empleada fue p que es una región de rechazo, es decir, que de cumplirse se puede afirmar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0) y decir que los datos de la muestra no se encuentran en orden aleatorio. Ambos valores de “valor-p” arrojados por el programa son mayores que $\alpha = 0,05$ no cumpliéndose la región crítica, por lo que tanto los datos de la muestra de demanda como del plazo de entrega son aleatorios, con un nivel de confianza del 95 %. En el (Anexo 3) se muestran los resultados de esta prueba para cada una de las variables.



Capítulo 2

La prueba de normalidad se efectuó de manera similar, para ambas variables las hipótesis fueron:

H_0 : Los datos siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal.

La región crítica empleada fue $p < 0,05$, y ambos valores de p fueron mayor a 0,05 no se cumple la región crítica, por lo que hay evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula (H_0) y decir con un nivel de confianza del 95 % que los datos siguen una distribución normal. En el (Anexo 4) se ilustran las gráficas que validan esta prueba. La escala vertical de las gráficas se asemeja a la escala vertical del papel de probabilidad normal. El eje horizontal es una escala lineal para los valores de demanda y plazo de entrega. La línea forma un estimado de la función de distribución acumulada para la población de la cual se extrajeron los datos. Con la gráfica se muestran estimaciones numéricas de los parámetros de la población, μ y σ , el valor de la prueba de normalidad y el valor $-p$ asociado.

Probados los supuestos pertinentes se procede a diseñar el sistema de inventario. A continuación en 3 pasos se exponen los cálculos apropiados.

1. Determinar el tamaño del lote óptimo (Q)

Una de las características fundamentales que posee el sistema de revisión continua es que la cantidad que se ordena o se produce es fija. Para obtener dicha cantidad se utilizó la expresión 1.1 declarada en el capítulo 1 que permite calcular el tamaño del lote óptimo a pedir por cada orden.

De esta expresión se conoce que:

S= El costo por orden es de \$19.25/orden, es el valor de ordenar Sal Común Gruesa no secada, como se explica en el subepígrafe 2.4.3.

D= La demanda anual es de 11602.773 t/año, que es la suma de las demandas mensuales durante todo el año 2018 como se muestra en la tabla 2.12.

H= La tasa de inventario es de 0.702 pesos / t – año, este es el importe pagado anualmente por cada tonelada de sal que se mantiene en inventario.



Capítulo 2

$$Q = \frac{2 * 19.02 \$ / \text{año} * 11602.773 \text{ t} / \text{año}}{\frac{0.702 \$}{\text{t-año}}}$$

$$Q = 792.9 = 793 \text{ t/orden}$$

Según la fórmula (1.1) declarada en el Capítulo 1 y sustituida con los datos del producto seleccionado se calculó el lote óptimo, dando como resultado 793 toneladas de Sal Común Gruesa no secada en cada pedido.

2. Determinar el stock de seguridad (S')

Basado en la política de cero faltante se aplica un nivel de servicio de un 95%, en correspondencia a lo establecido por la empresa, para realizar el cálculo del inventario de seguridad. Para este NSC el percentil Z es de 1.64. $Z_{=0.05} = 1.64$. Según las fórmulas (1.2) y (1.3) presentes en el capítulo 1 se calculó este stock de seguridad.

El plazo de entrega (L) se determinó como el promedio de días que demora el proveedor en completar un pedido, obtenido de la tabla 2.11, este valor es de 18.41 días. Teniendo en cuenta que la empresa objeto de estudio trabaja todos los días del mes se toma como valor medio 30.41 días/mes, lo que un plazo de entrega de 0.6 meses. Esto se hace porque el plazo de entrega debe estar expresado en la misma unidad que la desviación de la demanda (Γ), es decir Γ es la desviación de las demandas mensuales y (L) está expresado en meses.

$$L = \frac{18.41 \text{ días}}{30.41 \text{ días/mes}} = 0.6 \text{ meses.}$$

$$L = 0.6 \text{ meses}$$

La desviación estándar de la demanda (Γ) se obtiene del software Minitab 18 una vez procesados los datos históricos de la demanda para probar los supuestos de normalidad. (Anexo 4)

$$\Gamma = 165.3 \text{ t/mes}$$

Sustituyendo estos valores en las expresiones 1.2 y 1.3 se obtiene

$$\Gamma' = \sqrt{L} * \Gamma$$



Capítulo 2

$$\Gamma' = 0.6 \text{ mes} * 165,3 \text{ t/mes}$$

$$\Gamma' = 9.95 \text{ t}$$

$$S' = Z * \Gamma'$$

$$S' = 1.64 * 9.97 \text{ t} = 16.33 \text{ t de Sal Común Gruesa no secada}$$

Luego de realizado el segundo paso del procedimiento propuesto se obtiene que el stock de seguridad debe ser de 16.33 toneladas de Sal Común Gruesa no secada para garantizar un 95% de servicio al cliente.

3. Determinar el punto de reorden (R)

Mediante las fórmulas (1.6) y (1.7) se determina el punto de reorden, o lo que es lo mismo cuando debe hacerse un nuevo pedido, y para ello se calcula M' , que es el promedio de toneladas de Sal que existirá como demanda durante el período L .

$$M' = d \times L$$

d : es la demanda promedio de Sal Común Gruesa no secada en el año 2018 que se obtuvo de la tabla 2.12

$$d = 966.9 \text{ t/mes}$$

$$M' = 966,9 \text{ t/mes} * 0.6 \text{ mes}$$

$$M' = 580.14 \text{ t}$$

La demanda promedio durante el plazo de entrega es de 580.14 t de Sal Común Gruesa no secada, por lo que el punto de reorden se determina de la siguiente manera:

$$R = M' + S' = 580.14 \text{ t} + 16.33 \text{ t}$$

$$R = 596.47 \text{ t}$$

Según los cálculos que recién se desarrollan en función del sistema de inventario de revisión continua propuesto, se realizará una orden de 793 t de Sal Común Gruesa no secada cada vez que el nivel del inventario llegue a 596.47 t, manteniendo 16.33 t de Sal como inventario de seguridad. La figura 2.2 muestra el perfil de inventario de este sistema.

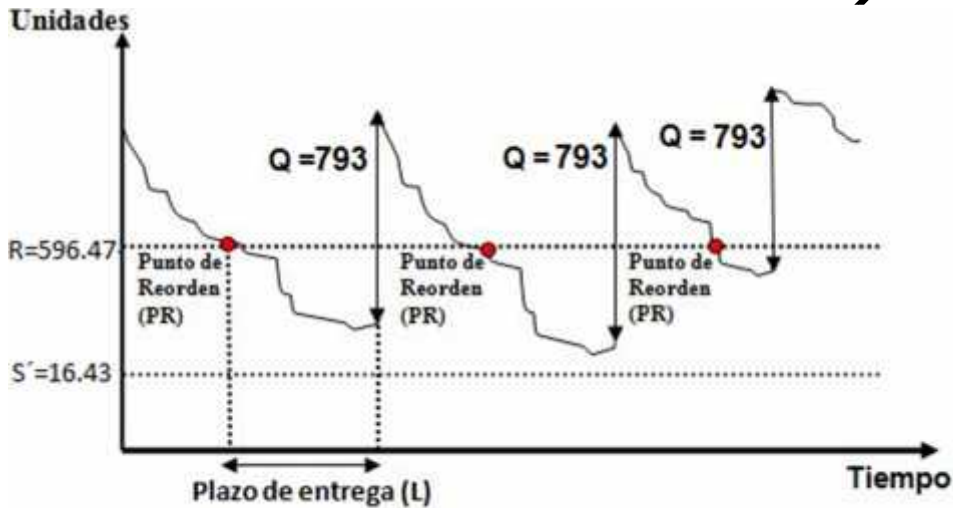


Figura 2.2: Perfil de inventario para el sistema de revisión continua diseñado.

Fuente: Elaboración Propia

2.4.5 Ajuste del sistema de inventario de revisión continua mediante la simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo se realiza para actualizar o más bien corroborar el nivel de servicio al cliente del 95% que se fijó en el epígrafe anterior para diseñar el sistema, pues esto fue necesario para calcular el percentil Z. Se procede a simular el modelo de revisión continua con demanda y plazos de entrega aleatorios en Excel, con unidad de tiempo mensual, utilizando los siguientes parámetros de entrada:

- Demanda (t/mes) = 966.9
- Plazo de entrega (mes) = 0.6

Para hacer la simulación se generan 12 datos aleatorios (porque son 12 corridas, o 12 meses) que se encuentren entre 0 y 1, cada uno de estos valores pertenece a un intervalo, y por ende a un valor de demanda “D” o plazo de entrega “L” específico, que se muestra en la sexta y séptima columna de la tabla 2.13 respectivamente.

La columna “Dts” representa la demanda durante el tiempo de suministro, y se calcula multiplicando cada demanda “D” por cada plazo de entrega “L”. El stock

de seguridad “S” se calcula restando la columna “D” menos el producto resultante del plazo de entrega real promedio y la demanda real promedio.

Tabla 2.13 Simulación de Montecarlo

No	Numero aleatorio		Intervalo		D	L	Dts	S´	NSC %
	para d	para TS	D	L					
1	0,13	0,60	0,1-0,17	0,59-0,66	26,8	19	509,2	-41,4	0
2	0,84	0,38	0,76-0,84	0,34-0,5	31,9	15	478,5	-72,1	0
3	0,24	0,94	0,18-0,25	0,92-1	27,3	30	819	268,4	100
4	0,64	0,21	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0
5	0,81	0,35	0,76-0,84	0,34-0,5	31,9	15	478,5	-72,1	0
6	0,56	0,03	0,51-0,59	0-0,16	30,4	9	273,6	-277	0
7	0,01	0,53	0-0,09	0,51-0,58	28,4	18	511,2	-39,4	0
8	0,33	0,35	0,26-0,34	0,34-0,5	28,7	15	430,5	-120,1	0
9	0,19	0,68	0,18-0,25	0,67-0,75	27,3	23	627,9	77,3	91,67
10	0,81	0,02	0,76-0,84	0-0,16	31,9	9	287,1	-263,5	0
11	0,60	0,24	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0
12	0,65	0,27	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0

Fuente: Elaboración Propia

El nivel de servicio al cliente “NSC” se haya de la siguiente manera:

Se busca el mayor valor de la columna “S” y se compara con el resto de los valores de esa misma columna, entonces el “NSC” está dado por el cociente entre la cantidad de valores que se tienen menores o iguales a ese valor sobre el total de valores, o sea 12. La tabla 2.13 muestra el resultado de la simulación de la tercera réplica; en el (Anexo 5) se muestra el resultado de esta simulación para las otras dos réplicas. Se realizaron 3 réplicas, cada una con 12 corridas.

Para demostrar que existe relación directamente proporcional ente el stock de seguridad y el nivel de servicio al cliente, se hace uso nuevamente de la herramienta Minitab 18, para que mediante un análisis de regresión simple quede demostrado que a mayor stock de seguridad, se obtiene un mayor nivel de servicio al cliente.



Capítulo 2

Se aplicó regresión lineal a cada una de las 3 réplicas para determinar con cuál se tiene mayor valor de R-cuadrado, el cual debe ser mayor al 60% para concluir que la variable independiente (stock de seguridad) explica bastante bien el comportamiento de la variable dependiente (nivel de servicio al cliente). Finalmente la tabla seleccionada es la de la tercera réplica (tabla 2.13), ya que tiene un valor de R-cuadrado del 96.27%. En el (Anexo 6) se muestran los resultados arrojados por el programa obteniéndose la siguiente ecuación de regresión:

$$NSC = 83,555 + 0,06461 SS$$

Basado en esta ecuación se sustituye el nivel de servicio al cliente deseado y se obtiene que con 117 t de Sal Común Gruesa no secada de stock de seguridad se tiene un nivel de servicio al cliente de 95%.

Una vez ajustado el inventario de seguridad con el uso de la simulación de Montecarlo se procede a reajustar todo el sistema con este nuevo valor. Se recalcula el punto de reorden a partir de este nuevo inventario de seguridad.

$$R = M' + S'$$

En este caso, como se está reajustando el sistema, el inventario de seguridad será de 117 t que es el valor obtenido mediante la simulación de Montecarlo que permite garantizar un 95% de servicio al cliente.

$$R = 580.14t + 117 t$$

$$R = 697.14t$$

El punto de reorden en lugar de ser de 596.47 t como se determinó en el diseño del sistema del subepígrafe anterior, ahora es de 697.14 t.

Una vez realizados los cálculos que permiten rediseñar este sistema de inventario de revisión continua se puede plantear que se debe realizar una orden de 793 t de Sal Común Gruesa no secada cada vez que el nivel del inventario llegue a 697.14 t, manteniendo 117 t de Sal como inventario de seguridad. Figura 2.2 muestra el perfil de inventario para el modelo diseñado.

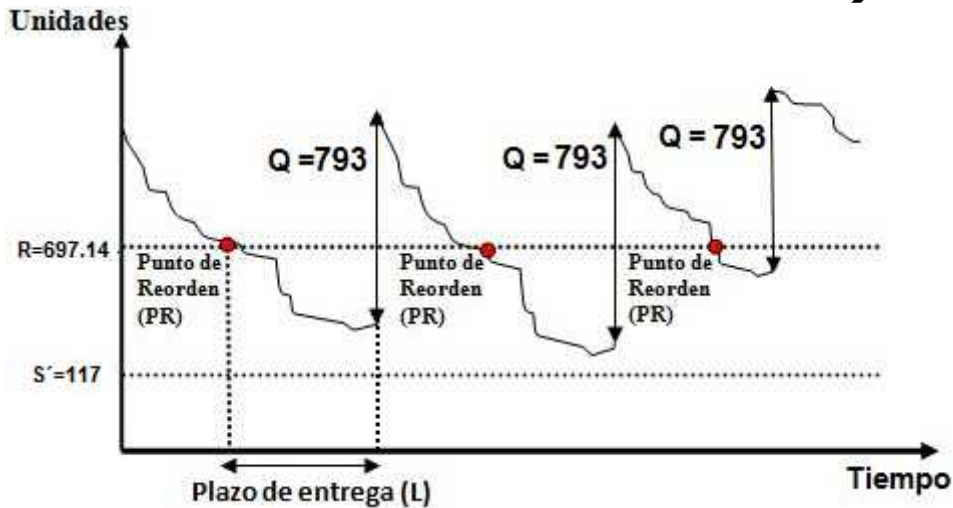


Figura 2.3: Perfil de inventario para el sistema de revisión continua ajustado.

Fuente: Elaboración Propia

El costo total del sistema de revisión continua propuesto se determina por la suma del costo total de ordenar más el costo por mantener el inventario y no se adiciona el costo por faltantes porque el sistema está diseñado para que no exista ruptura de stock.

$$\text{Cantidad de órdenes} = \frac{D}{Q} = \frac{11602.773 \text{ t/año}}{793 \text{ t/orden}} = 14.63 \approx 15 \text{ orden}$$

Dicho esto, el costo total del sistema será:

$$\text{Costo total} = \frac{Q}{2} * H + \frac{D}{Q} * S$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$\text{Costo total} = \frac{793 \text{ t/orden}}{2} * \frac{0.702\$}{\text{neum} - \text{año}} + 15 \text{ ordenes/año} * 19.25\$/\text{orden}$$

$$\text{Costo total} = 567.093 \text{ \$/año}$$

2.5 Comparación del análisis de desempeño del nuevo sistema de gestión de inventario respecto al existente para el insumo seleccionado.

Para la comparación, primeramente se determinará el desempeño del sistema de gestión de inventario vigente para el insumo seleccionado y luego se compara con el propuesto.



Capítulo 2

La gestión de los inventarios en la actualidad, no cuenta con un sistema, propiamente establecido, aunque como se explicó se asemeja más a un sistema de revisión periódica con una frecuencia mensual. Además se considera que no está en correspondencia con la capacidad de producción real de la planta. La demanda se prevé de acuerdo al plan de producción, aunque el consumo de sal de la planta se calcula de forma empírica, de acuerdo a los consumos habituales de la planta es años anteriores.

En cuanto a la disponibilidad, diariamente se realiza un parte al despacho de la cantidad de sal que se consume, que no son valores totalmente reales, pues es difícil determinar la cantidad exacta dado que esta se vierte en el saturador de salmuera con un cargador frontal sin medida exacta, además de las múltiples pérdidas que se sufren por las condiciones climatológicas entre ellas la lluvia. No se realiza una evaluación de los proveedores actuales de acuerdo a: ciclo de reaprovisionamiento, estabilidad del ciclo y nivel de disponibilidad de los productos. Existe inestabilidad del surtido en el punto de consumo y una deficiente gestión de la demanda, lo que trae como consecuencia desabastecimiento de productos líderes. La política de surtidos no está formalizada al nivel de detalle necesario.

En un primer momento se analiza el nivel de servicio al cliente durante el año 2018. Se tiene en cuenta que, para cumplir con el plan de producción, era necesario un consumo mínimo de 16575 toneladas de sal, de las cuales solo se recibieron 11602.773 toneladas. Esta situación no es favorable para la empresa pues en el año se alcanzó un nivel de servicio al cliente de un 70%, valor realmente bajo para los estándares establecidos en la empresa que consideran necesario un valor mínimo de un 95%.

El nivel de rotación de inventario se toma como la cantidad de ordenes que se realizaron en el año 2018. Este valor se determina dividiendo la demanda total de 2018 (11602.773 t) entre el inventario promedio de ese año (966.9 t). De este cálculo se obtiene una rotación de inventario de 12 veces al año

El costo total de la actual gestión de inventario de Sal Común Gruesa no secada está dado por la suma del costo total de ordenar Sal calculado en el subepígrafe



Capítulo 2

2.4.3 que es de 19.25 \$/orden multiplicado por la cantidad de órdenes que hubo durante el 2018 que fueron 12, sumado al costo de mantener en inventario la Sal Común Gruesa no secada que es de \$ 7006.22 ya que se aplica el mismo principio que en el subepígrafe 2.4.3 en el cual se multiplica el costo total por el porcentaje que representa este insumo del presupuesto total destinado a las compras, siendo entonces \$ 68 823.42 por 10.18%. Y por último a esto se le suma el costo por faltantes que en la empresa esta identificado como el costo por pérdidas de material por alguna causa, como por ejemplo la lluvia. Este ultimo asciende a \$ 87212.21 ocasionados por la pérdida de un total de 249.49 t de Sal Común Gruesa no secada.

Sustituyendo entonces los valores anteriormente citados se obtiene que:

CT = Costo de ordenar + Costo de mantener el inventario + Costo por faltantes + Costo total de compra

$$CT = 19.25 \frac{\$}{\text{orden}} * 12 \text{ ordenes} + 7006.22 \frac{\$}{\text{año}} + 87212.21 \frac{\$}{\text{año}} + 40735004 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$CT = 40829453.43 \text{ \$/año}$$

En un segundo momento se evalúan los indicadores de desempeño del sistema de revisión continua tal y como se muestra a continuación:

- 1.El nivel de servicio al cliente determinado en el subepígrafe 2.4.5 a través de la simulación es de 95%
- 2.El costo total de la gestion de inventario del sistema propuesto se obtuvo al sumar el valor del costo de la gestion de inventario obtenido en el subepígrafe 2.4.5 con el costo de compra de la sal que es de 40 735 004 \$/año

$$CT = 567.093 \text{ \$/año} + 40735004 \text{ \$/año}$$

$$CT = 40735571.093 \text{ \$/año}$$

- 3.La rotación de inventario se determinó como la cantidad de órdenes a realizar si se hubiera aplicado el sistema de inventario de revisión continua en el año 2018. Este valor se obtuvo en el subepígrafe 2.4.5 dividiendo la demanda total del año 2018 entre el tamaño del lote óptimo y es de 15

órdenes/año. Se considera entonces una rotación de inventario de 15 veces al año.

La tabla 2.13 muestra la comparación entre la actual gestión de Sal Común Gruesa no secada y el sistema de revisión continua que se propuso.

Tabla 2.13 Comparación entre la gestión de inventario actual y el sistema de gestión de inventario diseñado.

Indicador	Gestión actual	Sistema R. Continua	diferencia
Costo total	40829453.43 \$/año	40735571.093 \$/año	93 882.337 \$/año
NSC	70%	95%	25%
Rotación de inventario	12 veces/año	15 veces/año	3 veces

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar la tabla anterior se aprecia que el sistema de revisión continua propuesto es más eficiente en relación a la situación actual de la Empresa Electroquímica de Sagua.

El sistema diseñado permite a la empresa ahorrar 93 882.337 \$/año en la gestión de inventario de Sal Común Gruesa no secada, elevar el nivel de servicio al cliente en un 25% mejorando la imagen de la empresa y evitando la existencia de faltantes, y aumentando la rotación de los inventarios evitando la existencia de inventarios ociosos que pueden ocasionar elevados costos por pérdida si no son utilizados adecuadamente.

2.6 Conclusiones parciales

1. La Gestión de Inventario en la Empresa Electroquímica de Sagua se realiza de forma empírica, en ausencia total de métodos o técnicas fundamentadas



Capítulo 2

científicamente que permitan su optimización, provocando elevados costos por este concepto.

2. Mediante la utilización del método ABC/XYZ se clasificaron los artículos, teniendo en cuenta el coeficiente de variación de estos, así como su valor anual y el porcentaje que este representa del valor total, los cuales fueron proporcionados por los especialistas de la empresa dado su grado de importancia.

3. La simulación de Montecarlo constituyó una herramienta fundamental en el proceso de validación del sistema de gestión de inventarios propuesto.

4. Con la aplicación del procedimiento propuesto se pudo establecer un nuevo modelo de gestión de inventario que incide directamente y de manera significativa en la reducción de los costos totales de mantener el inventario.

5. Los resultados obtenidos constituyeron una herramienta científicamente argumentada que permita el apoyo y la toma de decisiones para la unidad objeto de estudio, dirigido a una elevación de la satisfacción de los clientes al menor costo posible

6. Con la elaboración de este capítulo II quedan satisfechos los objetivos trazados al inicio de esta investigación.



Conclusiones

Conclusiones



Conclusiones

Conclusiones Generales

1. En la bibliografía consultada para la elaboración del marco teórico referencial de la investigación quedó evidenciada la existencia de una amplia base conceptual relacionada con la gestión de inventarios y la importancia que ha alcanzado esta disciplina dentro del ámbito competitivo de las empresas. Además, permitió el hallazgo de múltiples herramientas que posibilitan la realización de un adecuado diagnóstico de las diferentes funciones que integran este sistema.
2. No se encontraron precedentes de la existencia de un sistema logístico que permita gestionar los inventarios en la Empresa Electroquímica de Sagua de acuerdo a sus necesidades y enfocado en la mejora del nivel de servicio al cliente. Por esta razón el problema de investigación formulado para el presente trabajo se considera pertinente tanto en el plano conceptual como práctico.
3. Se diseñó un sistema de gestión de inventario de revisión continua para el cual se seleccionó la Sal Común Gruesa no secada a través de la clasificación ABC/XYZ de los insumos, utilizando como criterio de clasificación las ventas totales y la variación de la demanda. Se obtuvo como resultado de este diseño que se debe ordenar 793 t de Sal Común Gruesa no secada cada vez que el inventario llegue a 697.14 t manteniendo un inventario de seguridad de 117t.
4. El sistema diseñado contribuye significativamente a la mejora del sistema de gestión de inventario de la entidad ya que a través de la implementación de este se garantiza un 95% de servicio al cliente, aumenta la rotación de los inventarios evitando la existencia de productos ociosos, y disminuye el costo total de la gestión de inventario en 93 882.337 \$/año.



Recomendaciones

Recomendaciones



Recomendaciones

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se plantean las siguientes recomendaciones, las cuales permiten ampliar y perfeccionar los elementos abordados en esta Tesis.

1. Continuar aplicando el procedimiento para la gestión logística de aprovisionamiento en la empresa objeto de estudio a los restantes insumos, en aras de mejorar el comportamiento de la totalidad de los suministros, mejorando así el desempeño del sistema logístico.
2. Considerar los resultados alcanzados en el presente trabajo como un paso imprescindible para el proceso de toma de decisiones encaminado al mejoramiento de la gestión de inventarios en la Empresa Electroquímica de Sagua.
3. Capacitar al personal de la Empresa Electroquímica de Sagua en el conjunto de técnicas comprendidas en el procedimiento general diseñado.



Bibliografía

Bibliografía



Bibliografía

- 59, R. 2014. Reglamento para la logística de almacenes. *In: MINCIN (ed.)*. Cuba.
- 153, R. 2007. PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL EXPEDIENTE LOGÍSTICO DE ALMACENES, DENOMINADO EXPELOG. *In: MINCIN (ed.)*.
- 253, I. G. 2014. Metodología para el Tratamiento y la Gestión de los Inventarios, en Particular de Lento Movimiento y Ociosos. *In: MINSAP (ed.)*. Cuba.
- 281, D. 2007. *In: MINISTROS, C. D. (ed.)*. Cuba.
- 315, D. 2015. *In: MINISTROS, C. D. (ed.)*. Cuba.
- ACEVEDO-SUÁREZ, J. A., LOPES-MARTÍNEZ, I. & GÓMEZ-ACOSTA, M. I. 2012. Situación de la gestión de inventarios en Cuba. *Ingeniería Industrial*, 33, 317-330.
- ALBRECHT, M. & AZ, P. 2010. Introduction to discrete event simulation. *PE (AZ)*.
- ALMONTE, K. S. 2011. *Kaisen y las 5S*.
- ALLIANCE, I. 1918. *PIONEIROS NA CLORAÇÃO DE ÁGUA* [Online]. Brasil. Available: <https://allianceuruguay.com/> 2019].
- ANÓNIMO 2015. El Grafico ABC Como Tecnica de Gestion de Inventarios.
- ARRMAZ, I. 2018. *Servicios de inventario y equipos* [Online]. Estados Unidos. Available: <https://arrmaz.com/es/servicios/servicios-de-inventario-y-equipos/> 2019].
- BALLOU, R. 2004a. *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*, México, Pearson, Prentice Hall.
- BALLOU, R. H. 1991. *Logística Empresarial. Control y Planificación*, Madrid, Díaz de Santos.
- BALLOU, R. H. 2004b. *Logística. Administración de la cadena de suministro.*, México, Prentice Hall.
- BALLOU, R. H. 2005. Expressing inventory control policy in the turnover curve. *Journal of Business Logistics*, 65-89.
- BHAGWAT, R. & SHARMA, M. K. 2007. Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach. *Computers & Industrial Engineering*, 53, 43-62.
- BHUNIA, A. K., SHAIKH, A. A. & CÁRDENAS BARRÓN, L. E. 2017. A partially integrated production-inventory model with interval valued inventory costs, variable demand and flexible reliability. *Applied Soft Computing*, 491-502.
- BLANCHARD, D. 2010. *Supply chain management best practices*, John Wiley & Sons.
- BUSTOS FLORES, C. E. & CHACÓN PARRA, G. B. 2012. Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente: Un estudio en Venezuela. *Contaduría y administración*, 57, 239-258.



Bibliografía

- CARRO PAZ, R. & GONZÁLEZ GÓMEZ, D. 2015. Administración de las Operaciones. *Diseño y Selección de procesos*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata.
- CASTRO RUZ, F. 2017. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021. In: CUBA, P. C. D. (ed.). La Habana.
- CESPÓN CASTRO, R. 2003. *Administración de la Cadena de Suministros*.
- CESPÓN CASTRO, R. 2011. Administración de la cadena de suministros. Manual para estudiantes, académicos y empresarios vinculados al campo de la Logística. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas Villa Clara.
- CHACKELSON, C. & ERRASTI, A. 2010. Validación de un sistema experto para mejorar la gestión de inventarios mediante estudios de caso. Madrid: Universidad de Navarra.
- CHAN, F. T. & KUMAR, V. 2009. Performance optimization of a leagility inspired supply chain model: a CFGTSA algorithm based approach. *International Journal of Production Research*, 47, 777-799.
- CHANDRA, C. 2008. Inventory management with variable lead-time dependent procurement cost., 877-887.
- CHASE, R. B., AQUILANO, N. J., CIOCIANO GONZALEZ, M., GARCIA ROCHA, A. & JACOBS, F. R. 2000. *Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios*, IRWIN:.
- CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. & JACOBS, F. R. 2009. *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*, México, Mc Graw Hill.
- EFICE. 2016. *Una de las mejores fórmulas para crecer es trabajar en equipo* [Online]. Uruguay: Efice. Available: <http://confinhabana.fcf.uh.cu/> 2019].
- GAITHER, N. & FRAIZER, G. 2000. Administración de la Producción. *Mexico: Editorial Thomsom*.
- GARCÍA, I. L. A. M. 2017. KPI: Los indicadores claves del desempeño logístico. Monografias.com.
- GARCÍA LEÓN, A. 2007. *Diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Inventario en el Telepunto Villa Clara*. Ingeniero Industrial, UCLV.
- GARZÓN QUIROGA, J. 2017. *Diseño de un modelo de gestión y control de inventarios para la distribuidora TROPILIMA SAS*. Universidad de Ibagué.
- GOURBE, M. 2007. Evaluación de la reutilización de residuos salinos en la industria Cloro-Álcali.
- HEMERYTH CHARPENTIER, F. & SÁNCHEZ GUTIÉRREZ, J. M. 2013. Implementación de un sistema de control interno operativo en los almacenes, para mejorar la gestión de inventarios de la constructora A&A SAC de la ciudad de Trujillo-2013.
- JITURI, S., FLECK, B. & AHMAD, R. 2018. A Methodology to Satisfy Key Performance Indicators for Successful ERP Implementation in Small and Medium Enterprises. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 9.



Bibliografía

- LANDETA, J. M. I. & LANGO, H. M. 2013. Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo. *Ciencia y tecnología*, 217-232.
- LOZANO CARDENAS, D. V. 2015. *Clasificación ABC de los inventarios*. Investigación Operativa, Fundación Universidad Autónoma de Colombia.
- MELENDEZ, H. & LAMBIS, W. 2013. Análisis y Diseño de un Sistema de Gestión de Inventario para la Farmacia de la Fundación Madre Herlinda Moises. Basado en una Categorización Multicriterio ABC/VEN. Cartagena.
- MINCIN 2019. REGLAMENTO PARA LA LOGÍSTICA DE ALMACENES. Cuba.
- NARASIMHAN, S. L., MCLEAVEY, D. W. & BILLINGTON, P. J. 1996. *Planeación de la producción y control de inventarios*, Prentice-Hall Hispanoamericana.
- NOVAL GÓMEZ, L. 2017. El cloro, producción e industria.
- ORJUELA CASTRO, J. A., SUÁREZ CAMELO, N. & CHINCHILLA OSPINA, Y. I. 2017. Costos logísticos y metodologías para el costeo en cadenas de suministro: una revisión de la literatura. *Cuadernos de Contabilidad*, 17.
- PÉREZ MAYORGA, M. G. 2016. *Manejo óptimo de la información soporte de la cadena de suministros en el proceso ejecutivo de toma de decisiones gerencial*. Título en Administración de Empresas, Universidad Técnica de Machala.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, E. 2018. *Procedimiento para la gestión de inventarios en la UEB Catering del aeropuerto internacional Abel Santamaría de Santa Clara*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería
- RAMÍREZ ARBOLAEZ, G. 2018. *Perfeccionamiento de la gestión de inventario en la Agencia Servicios Automotores SA de Villa Clara*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería
- RODRÍGUEZ ORTEGA, A. 2014. *Procedimiento para evaluar la gestión logística en la Empresa de Materiales de Construcción de Villa Clara*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- SCHROEDER, R. 1995. *Administración de Operaciones*, México DF, McGraw-Hill Interamericana de México.
- SCHROEDER, R. G. & OLAETA, R. D. L. P. 1992. *Administración de operaciones*, McGraw-Hill México.
- SHENOY, D. & ROSAS, R. 2018. *Problems & Solutions in Inventory Management*, Springer.
- SORET LOS SANTOS, I. 2004. *Logística Comercial y Empresarial*, Madrid.
- TAHA, H. A. 2004. *Investigación de operaciones*, Pearson Educación.
- TORREZ, M. O. & VALDÉS, O. M. F. 2012. Los costos logísticos en la gestión de aprovisionamiento. Experiencias de su estimación en empresas cubanas. *CONFÍN HABANA*. La Habana: Universidad de La Habana.



Bibliografía

- URABE, S., SHUANGQUAN, H. & MUNAKATA, S. 2016. PSI-Cockpit: A Supply-Demand Planning System Focusing on Achieving Goals through Resolving KPI Conflicts.
- VIDARTE FLORES, C. A. 2015. *Procedimientos para la gestión de inventarios* [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos93/procedimiento-gestion-inventario/procedimiento-gestion-inventario.shtml> [Accessed Consultado el 6 de febrero del 2018].
- VILLARREAL SEGOVIANO, F. J. 2012. *Logística integral: Una alternativa para crear valor y ventajas competitivas en las pequeñas y medianas empresas.*
- WILD, T. 2017. *Best practice in inventory management*, Routledge.
- ZAPATA CORTES, J. 2014. *Fundamentos de la gestión de inventarios. Institucion Universitaria Esumer, Colombia.*
- ZHENG, S., FU, Y., LAI, K. K. & LIANG, L. 2017. An improvement to multiple criteria ABC inventory classification using Shannon entropy. *Journal of Systems Science and Complexity*, 30, 857-865.

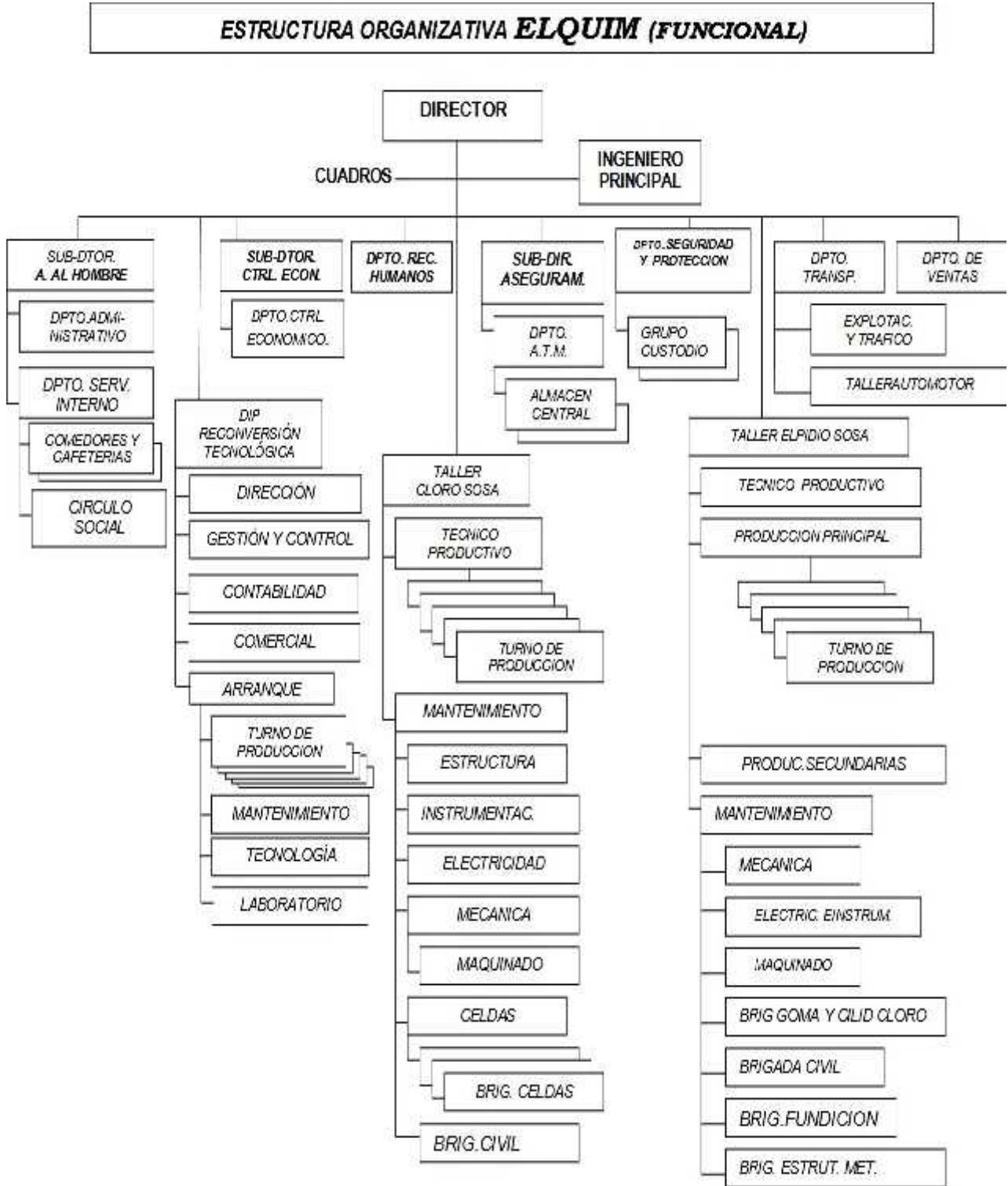


Anexos

Anexos

Anexos

Anexo 1 Organigrama de la Empresa Electroquímica de Sagua



Fuente: Documentos de la entidad.



Anexo 2: Clasificación ABC/XYZ

Código	Descripción	IMPORTE TOTAL ANUAL	Frec. Relativa Acum.	Coef. variación %	Clasificación ABC	Clasificación XYZ	Clasificación ABC/XYZ
25540100 260000	SAL COMUN GRUESA NO SECADA	4073500,0 7	93,90	17,14	A	X	AX
32030100 040000	CARBONATO DE SODIO	198530,72	98,48	26,62	B	X	BX
32220100 040000	ACIDO SULFURICO 98%	38295,29	99,36	76,98	B	Z	BZ
38002920 020000	DICALITE	10100,68	99,59	49,71	C	Y	CY
32630100 020000	SULFURO DE SODIO	7275,83	99,76	42,59	C	Y	CY
20199110 700000	GAS REFRIGERANTE R-22 C/U=13,6KGS	5598,81	99,89	57,42	C	Y	CY
32610100 010000	SULFITO DE SODIO	2747,62	99,95	296,64	C	Z	CZ
32510200 030000	NITRÓGENO	1887,58	100	0,82	C	Z	CZ
	TOTAL	4337936,6 3					

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 3. Prueba de aleatoriedad para las variables demanda y plazo de entrega

Prueba de corridas: Demanda

Estadísticas descriptivas

N	K	Número de observaciones	
		$\leq K$	$> K$
12	966,875	6	6

$K =$ media de la muestra

Prueba

Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas

Observado	Esperado	Valor p
4	7,00	0,069

Prueba de corridas: Plazo de Entrega

Estadísticas descriptivas

N	K	Número de observaciones	
		$\leq K$	$> K$
12	18,4167	7	5

$K =$ media de la muestra

Prueba

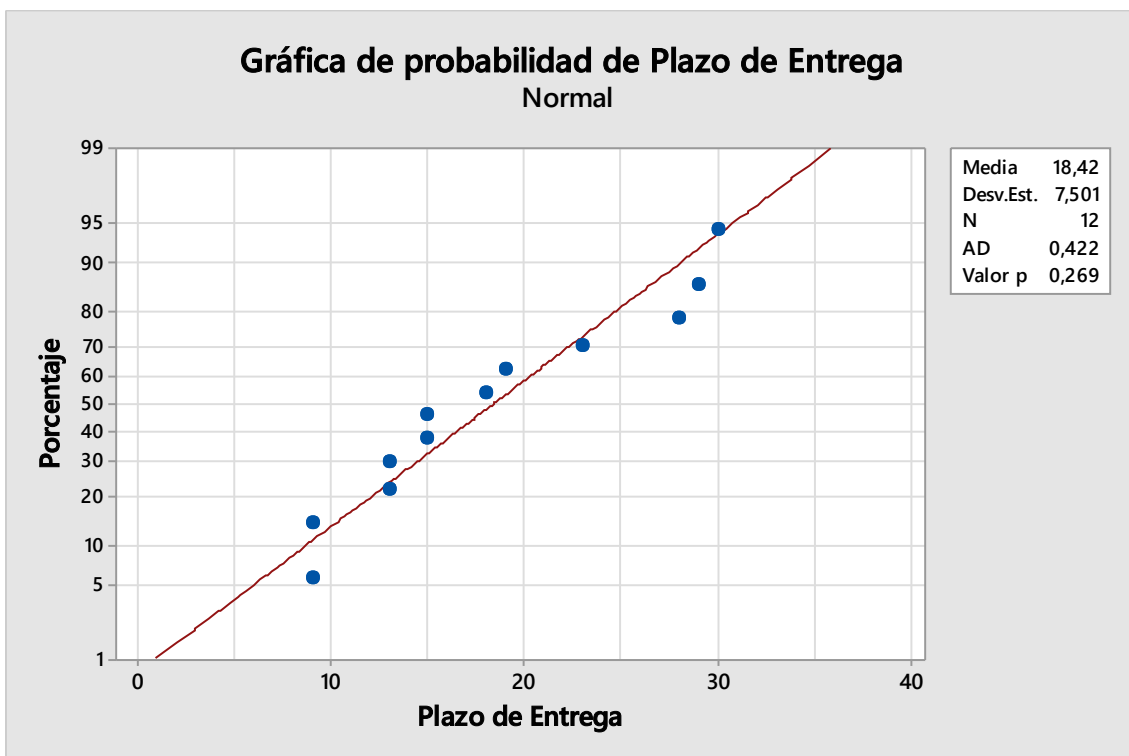
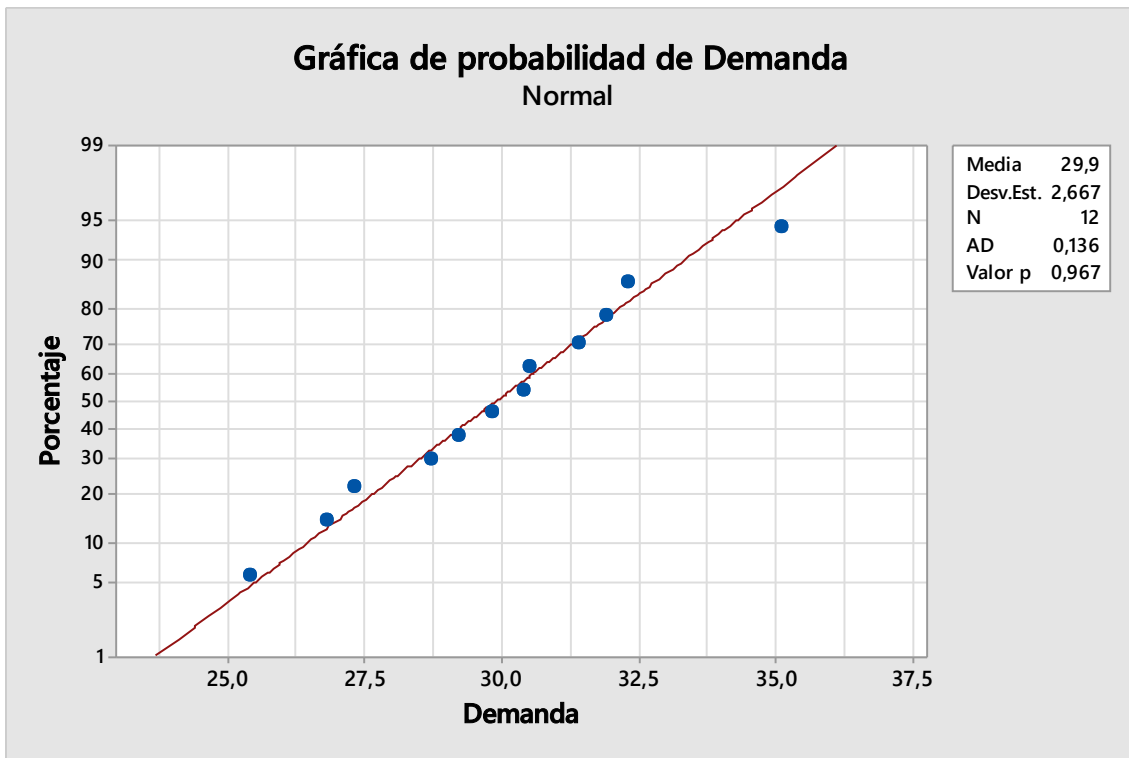
Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas

Observado	Esperado	Valor p
6	6,83	0,603

Anexo 4: Prueba de normalidad de la variable demanda y plazo de entrega



Primera réplica

No	Numero aleatorio		Intervalo		D	L	Dts	S'	NSC %
	para d	para TS	D	L					
1	0,12	0,66	0,1-0,17	0,59-0,66	26,8	19	509,2	-41,4	0
2	0,98	0,64	0,93-1	0,59-0,66	35,1	19	666,9	116,3	83,33
3	0,88	0,51	0,85-0,92	0,51-0,58	32,3	18	581,4	30,8	66,66
4	0,21	0,71	0,18-0,25	0,67-0,75	27,3	23	627,9	77,3	75
5	0,11	0,14	0,1-0,17	0-0,16	26,8	9	241,2	-309,4	0
6	0,43	0,74	0,43-0,5	0,67-0,75	29,8	23	685,4	134,8	0
7	0,41	0,5	0,35-0,42	0,34-0,5	29,2	15	438	-112,6	0
8	0,30	0,19	0,26-0,34	0,17-0,33	28,7	13	373,1	-177,5	0
9	0,02	0,06	0-0,09	0-0,16	25,4	9	228,6	-322	0
10	0,38	0,7	0,35-0,42	0,67-0,75	29,2	23	671,6	121	91,66
11	0,10	0,06	0,1-0,17	0-0,16	26,8	9	241,2	-309,4	0
12	0,84	0,89	0,76-0,84	0,84-0,91	31,9	29	925,1	374,5	100

Segunda Réplica

No	Numero aleatorio		Intervalo		D	L	Dts	S'	NSC
	para d	para TS	D	L					
1	0,79	0,84	0,76-0,84	0,84-0,91	31,9	29	925,1	374,5	83,33
2	0,74	0,28	0,68-0,75	0,17-0,33	31,4	13	408,2	0	0
3	0,04	0,71	0,43-0,5	0,67-0,75	29,8	23	685,4	134,8	0
4	0,77	0,99	0,76-0,84	0,92-1	31,9	30	957	406,4	91,66
5	0,49	0,38	0,43-0,5	0,34-0,5	29,8	15	447	0	0
6	0,10	0,83	0,1-0,17	0,76-0,83	26,8	28	750,4	199,8	66,66
7	0,90	0,70	0,85-0,92	0,67-0,75	32,3	23	742,9	192,3	58,33
8	0,09	0,32	0-0,09	0,17-0,33	25,4	13	330,2	0	0
9	0,29	0,25	0,26-0,34	0,17-0,33	28,7	13	373,1	0	0
10	0,48	0,21	0,43-0,5	0,17-0,33	29,8	13	387,4	0	0
11	0,95	0,83	0,93-1	0,76-0,83	35,1	28	982,8	432,2	100
12	0,96	0,69	0,93-1	0,67-0,75	35,1	23	807,3	256,7	75

Tercera Réplica

No	Numero aleatorio		Intervalo		D	L	Dts	S´	NSC %
	para d	para TS	D	L					
1	0,13	0,60	0,1-0,17	0,59-0,66	26,8	19	509,2	-41,4	0
2	0,84	0,38	0,76-0,84	0,34-0,5	31,9	15	478,5	-72,1	0
3	0,24	0,94	0,18-0,25	0,92-1	27,3	30	819	268,4	100
4	0,64	0,21	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0
5	0,81	0,35	0,76-0,84	0,34-0,5	31,9	15	478,5	-72,1	0
6	0,56	0,03	0,51-0,59	0-0,16	30,4	9	273,6	-277	0
7	0,01	0,53	0-0,09	0,51-0,58	28,4	18	511,2	-39,4	0
8	0,33	0,35	0,26-0,34	0,34-0,5	28,7	15	430,5	-120,1	0
9	0,19	0,68	0,18-0,25	0,67-0,75	27,3	23	627,9	77,3	91,67
10	0,81	0,02	0,76-0,84	0-0,16	31,9	9	287,1	-263,5	0
11	0,60	0,24	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0
12	0,65	0,27	0,6-0,67	0,17-0,33	30,5	13	396,5	-154,1	0

Anexo 6: Análisis de regresion entre Stock de Seguridad (SS) y Nivel de Servicio al Cliente (nsc)

Primera réplica		Segunda réplica		Tercera réplica	
S´1	NSC 1	S´2	NSC 2	S´3	NSC 3
-41,4	0	374,5	83,33	-41,4	0
116,3	83,33	0	0	-72,1	0
30,8	66,66	134,8	0	268,4	100
77,3	75	406,4	91,66	-154,1	0
-309,4	0	0	0	-72,1	0
134,8	0	199,8	66,66	-277	0
-112,6	0	192,3	58,33	-39,4	0
-177,5	0	0	0	-120,1	0
-322	0	0	0	77,3	91,67
121	91,66	0	0	-263,5	0
-309,4	0	432,2	100	-154,1	0
374,5	100	256,7	75	-154,1	0

Análisis de regresión: NSC 1 vs. S´1

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1738,90	1738,90	22,34	0,001
SS	1	1738,90	1738,90	22,34	0,001
Error	10	778,46	77,85		
Falta de ajuste	5	778,46	155,69	*	*
Error puro	5	0,00	0,00		
Total	11	2517,36			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8,82302	69,08%	65,98%	52,23%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	60,59	3,08	19,70	0,000	
SS	0,1145	0,0242	4,73	0,001	1,00

Ecuación de regresión

$$nsc = 60,59 + 0,1145 SS$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	nsc	Ajuste	Resid	Resid est.	
6	58,33	76,03	-17,70	-2,13	R
10	91,67	74,45	17,22	2,06	R
12	100,00	103,48	-3,48	-0,83	X

Residuo grande R
X poco común X

Análisis de regresión: NSC 2 vs. S²

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	3446,46	3446,46	107,40	0,000
SS	1	3446,46	3446,46	107,40	0,000
Error	10	320,90	32,09		
Falta de ajuste	6	320,90	53,48	*	*



Error puro	4	0,00	0,00
Total	11	3767,36	

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5,66484	91,48%	90,63%	87,97%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	47,34	2,33	20,29	0,000	
SS	0,1036	0,0100	10,36	0,000	1,00

Ecuación de regresión

$$nsc = 47,34 + 0,1036 SS$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	nsc	Ajuste	Resid	Resid est.
3	50,00	61,31	-11,31	-2,09

Residuo grande R

Análisis de regresión: NSC 3 vs. S'3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	284,126	284,126	258,01	0,000
SS	1	284,126	284,126	258,01	0,000
Error	10	11,012	1,101		
Falta de ajuste	1	11,012	11,012	*	*
Error puro	9	0,000	0,000		
Total	11	295,139			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,04940	96,27%	95,90%	44,57%

Coeficientes



Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	83,555	0,324	257,61	0,000	
SS	0,06461	0,00402	16,06	0,000	1,00

Ecuación de regresión

$$nsc = 83,555 + 0,06461 SS$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	nsc	Ajuste	Resid	Resid est.		
3	100,000	100,898	-0,898	-3,16	R	X
9	91,667	88,550	3,117	3,16	R	

Residuo grande R

X poco común X