INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El inventario es "un recurso utilizable pero inactivo que tiene algún valor económico". Sin embargo, comprender qué es el inventario y por qué es necesario es mucho más complicado que cuantificar productos que se encuentran en los estantes de supermercados, farmacias, expendedores mayoristas u otros.

En el nivel más básico, el inventario está presente, porque los niveles de oferta y demanda en una cadena de suministro no son iguales. “El problema de cómo determinar los niveles de inventario cuando se enfrenta a una demanda incierta ha estado en el centro de atención en la investigación de gestión de operaciones durante décadas”

Los pronósticos de demanda son típicamente el primer paso para la toma de decisiones, pues definen un equilibrio entre lo que se necesita, lo que se procesa y lo que se vende, denotan posibles fluctuaciones en la demanda y reducen la inestabilidad del suministro de materias primas.

Actualmente hay mucha expectativa sobre el uso de técnicas de aprendizaje automático (AA) para predecir el estado futuro de una cadena de suministro o de inventarios (el pronóstico de demanda es el caso de uso más popular), pues los algoritmos de AA predicen el comportamiento futuro en función de sucesos pasados y su entorno asociado.

Planteamiento del problema

La predicción exacta no es posible debido a la falta de conocimiento sobre la realidad de las cosas, la incertidumbre existe y debe ser considerada en múltiples ámbitos, entre ellos la estimación de niveles de inventario necesarios, donde se pueden encontrar muchas fuentes de incertidumbre. Esencialmente, estas fuentes de incertidumbre reflejan la incapacidad para poder predecir de manera exacta, el comportamiento futuro de la demanda de productos embutidos, los cuales son abordados en este proyecto.

De esta incertidumbre pueden derivar dos clases de errores, uno cuando la predicción sea positiva y la realidad negativa y otro cuando la predicción sea negativa y la realidad positiva. Éstos generarán exceso o déficit de inventario para satisfacer la demanda de embutidos, traduciéndose en costos de oportunidad y trade off para la empresa perteneciente a este sector que los produce y comercializa.

Además, se advierte que, para el pronóstico de la demanda de productos embutidos, se considera los datos de ventas registrados del periodo anterior, y en base a la experiencia, se estima cuánto se requerirá aproximadamente para la venta en el periodo siguiente, y luego de consultar los saldos en existencias, se determina la cantidad a producir, realizándose este proceso cada semana durante la planificación (LTA, 2021).

Este procedimiento de estimación es efectivo en la mayor parte de los periodos, sin embargo, en algunas ocasiones la incertidumbre aún está presente y se generan escenarios donde se tiene un leve exceso o déficit de oferta de productos embutidos ante la demanda semanal que se tiene. Por ello se identifica en este punto una oportunidad de aplicación de un plan de manejo de inventarios, que busque reducir esta situación.

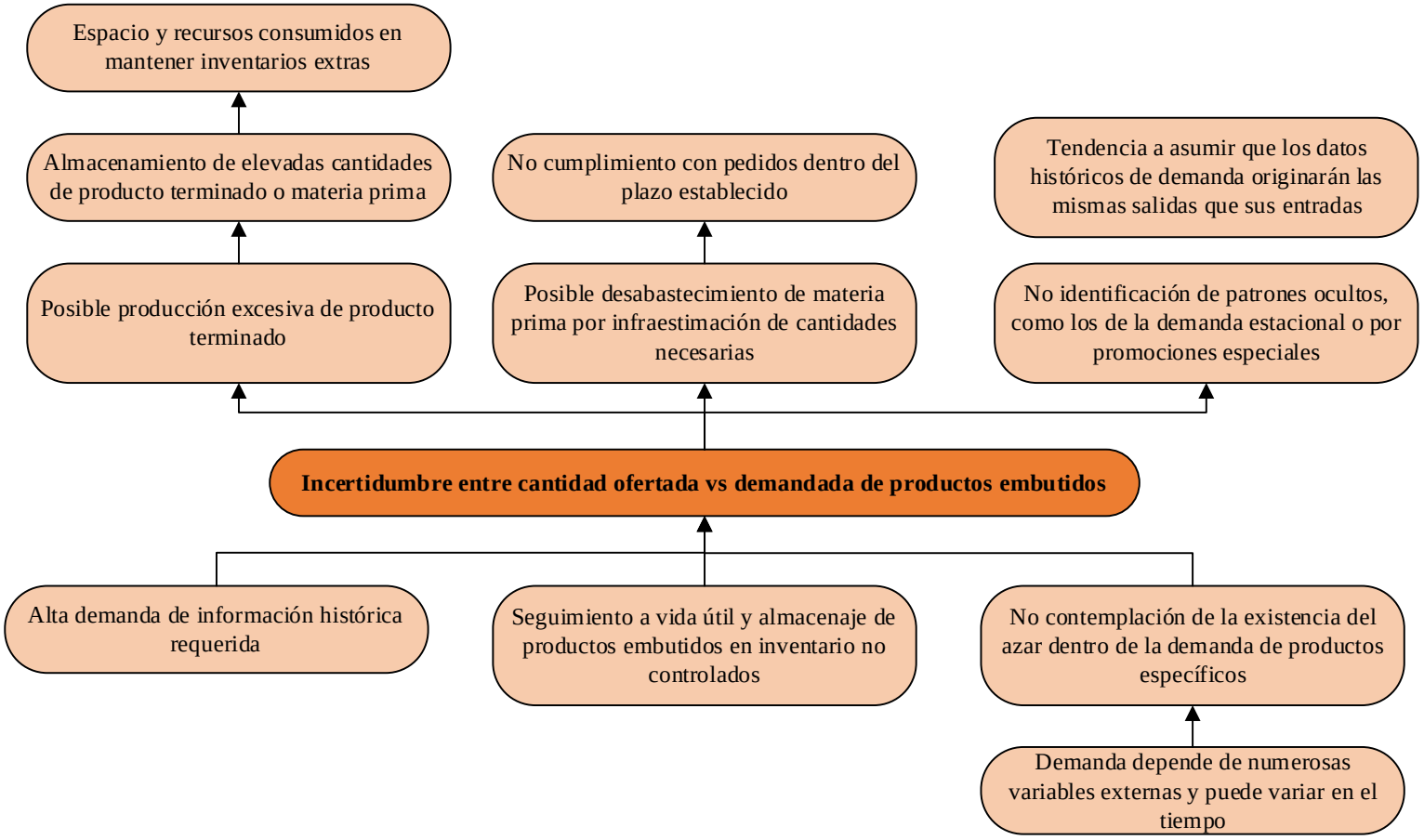
El desglose de causas y efectos del problema se detalla en la Figura 0-1.

- **Formulación**

¿La aplicación del plan de manejo de inventarios propuesto, en empresas pertenecientes al sector de producción y venta de embutidos, permitirá reducir la sobreproducción/faltantes de materia prima, insumos y producto terminado?

Figura 0-1.

Árbol de problemas



Nota: Fuente y Elaboración propia

Objetivos del trabajo

a) Objetivo General

Desarrollar una propuesta de sistema de control de inventario, aplicable al sector de producción y venta de embutidos, que determine un pronóstico de demanda futura con baja dispersión y mantenga un seguimiento al nivel de stock de materias primas, insumos y productos terminados en almacenes.

b) Objetivos Específicos

- Caracterizar la situación general de empresas dentro del sector de alcance que no apliquen un sistema de control de inventario
- Determinar los requerimientos del sistema de control de inventario que permitan realizar decisiones sobre cuánta cantidad ordenar y cuándo, manteniendo los costos al mínimo.
- Operacionalizar el sistema de control de inventario, considerando las características de la demanda del sector de producción y ventas de embutidos.
- Contrastar teóricamente la diferencia en parámetros de inventario obtenidos antes y después de la aplicación del sistema de control de inventario

Justificación

a) Teórica - Académica

El trabajo de investigación pretende aportar con resultados sistematizados en una propuesta para enriquecer el conocimiento sobre la estimación del nivel mínimo de inventario dentro del sector de producción y venta de embutidos, pudiendo servir de base para consideraciones secundarias en investigaciones futuras.

El resultado del proyecto podrá ser utilizado en proyectos futuros, pues se pretende estimar niveles de inventario que resulten de un análisis prescriptivo, más que predictivo, bajo el procesamiento de datos mediante la construcción de un sistema basado en el ciclo de desarrollo de sistemas de información, así, los resultados de la propuesta se apoyan en técnicas válidas en el medio.

b) Económica

El impacto de la incertidumbre en la gestión de la cadena de suministro es considerable y ante la incertidumbre de la demanda, se puede llegar a generar impactos negativos en las empresas de embutidos cárnicos. Con la realización del proyecto, se busca reducir los potenciales niveles de desabastecimiento (producto agotado) que puedan generarse en el sector minorista de producción y venta de embutidos, así como los niveles de productos no vendidos (sobre producción), situaciones que pueden darse y son generadas por la incertidumbre de la demanda y se traducidos en costos financieros, pues o bien los clientes optan por adquirir el producto de otra marca o bien se tiene capital almacenado entre periodos, por lo que se busca reducir estos costos mediante la aplicación de la presente propuesta.

c) Social

Mediante el desarrollo del proyecto, se busca proponer una estrategia aplicable a empresas del sector de producción y venta de embutidos que contribuya a la reducción del problema, lo cual optimizará la manera de enfocarse al tipo de inventario que existe en diversas empresas de este sector, cuya demanda contenga niveles permanentes de incertidumbre, así como escenarios de demanda extraordinaria o que sea aplicable para la planificación a corto plazo.

Esto debido a que las técnicas de aprendizaje automático permiten predecir la cantidad de productos/servicios que se comprarán durante un período futuro definido, proporcionando un pronóstico más preciso, y permitiendo automatizar las actualizaciones de pronósticos basadas en los datos recientes. Por estas características, se considera como una aplicación de una innovación tecnológica al medio, que en este caso sería el pronóstico de demanda y manejo de inventarios, manteniendo en estos dos últimos el enfoque principal.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Inventario

Para Silver (2008), el objetivo fundamental del inventario es absorber las diferencias que se presenten entre la oferta y la demanda de un artículo, es decir, que, si un establecimiento no puede conocer con certidumbre y antelación la demanda de un artículo, las variaciones que haya serán absorbidas por el inventario, de modo que no haya faltantes.

La administración del inventario requiere tomar tres decisiones básicas:

(1) ¿cada cuándo debe revisarse el sistema del inventario?

(2) ¿cuánto debe pedirse al momento de hacer un nuevo pedido? y

(3) ¿cuándo es el momento de hacer el nuevo pedido?

La respuesta a la segunda pregunta determina el lote económico al minimizar el siguiente modelo de costo:

Costo total de inventario	=	Costo del artículo	+	Costo de colocación de pedido	+	Costo de mantenimiento	+	Costo de agotamiento

La respuesta a la tercera, depende del tipo de control de inventario. Si se requiere una revisión periódica (semanal, mensual), el momento de hacer un nuevo pedido coincide con el inicio de cada periodo. De manera alternativa, si el control se basa en una revisión continua, los nuevos pedidos se colocan cuando el nivel de inventario desciende a un nivel previamente especificado, llamado el punto de reorden.

1.1.1. Clasificación de Inventarios

1.1.1.1. Clasificación de inventarios por su forma

Para Noori y Radford (1997), el inventario se divide en tres formas distintas:

a) **Inventario de materia prima (MP),** incluye insumos y materiales básicos que serán transformados en el proceso.
b) **Inventario de producto en proceso (PP),** incluye productos y materia prima en proceso de producción.
c) **Inventario de producto terminado (PT),** incluye el resultado de la transformación de materia prima y que será destinado a su comercialización o entrega.

1.1.1.2. Clasificación de inventarios por su función

Para Noori y Radford (1997), el inventario se clasifica según su función en:

a) **Inventario de ciclo,** es una consecuencia de que la cantidad de unidades compradas o producidas es mayor que las necesidades inmediatas de la empresa, siendo de esta forma con el fin de reducir los costos por unidad de compra.
b) **Inventario en tránsito,** está constituido por materiales que avanzan en la cadena de valor, ya pedidos, pero no se han recibido todavía.
c) **Inventario de desacoplamiento,** es el que se requiere entre dos operaciones continuas que no pueden sincronizar sus tasas de producción; esto permite que cada operación funcione como se planea.
d) **Inventario de seguridad o de reserva,** es el que se almacena ante el riesgo de que la producción se detenga o existan incrementos inesperados en la demanda de los clientes.
e) **Inventario de previsión o estacional,** se mantiene cuando una empresa produce más durante los periodos de demanda baja para satisfacer los requerimientos de demanda alta. Ocurre con frecuencia cuando la demanda es estacional.

1.1.2. Objetivo de mantener un inventario

La mayoría de los modelos de inventarios buscan varios objetivos, algunos de los cuales podrían contraponerse entre sí. Entre estos objetivos se cuentan los siguientes (Silver, 2008):

- Minimización de los costos incurridos en el manejo del inventario.
- Maximización de los beneficios económicos, incluyendo los ahorros por descuentos.
- Maximización de la tasa interna de retorno de la inversión en inventarios.
- Determinar una solución factible para la administración del inventario.
- Asegurar la flexibilidad en el manejo de un futuro incierto.

De estos, el más usual es el primero de ellos y es el que buscan la mayoría de los modelos de administración del inventario.

1.1.3. Factores a considerar en la administración de un inventario

La correcta administración del inventario implica tener en cuenta un gran número de factores, entre los cuales pueden citarse los siguientes (Silver, 2008):

- El número de artículos que deben tenerse en inventario, que puede ir de cientos a millares.
- El patrón de la demanda de los artículos, que puede ser determinístico o aleatorio, conocido o desconocido, dependiente o independiente.
- Las opciones de embarque de los artículos a disposición de los proveedores.
- Si el almacenamiento se hace en un solo lugar o en varios.
- Los mecanismos de entrega de artículos al cliente.
- Restricciones, que pueden ser de presupuesto, de los proveedores, del nivel deseado de servicio, del mercado y otras.

1.2. Demanda

1.2.1. Definición

Para Peiró (2015), en economía, la demanda es la cantidad total de un bien o servicio que la gente desea adquirir. Su significado abarca una amplia gama de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a precios de mercado, bien sea por un consumidor específico o por el conjunto total de consumidores en un determinado lugar, a fin de satisfacer sus necesidades y deseos.

Estos bienes y servicios pueden englobar la totalidad de la producción humana como la alimentación, medios de transporte, educación, ocio, medicamentos y un largo etcétera.

1.2.2. Tipos de demanda

La demanda se puede clasificar en:

a) **Determinística,** para Saldarriaga (2020), es aquella que es variable pero conocida o se puede predecir con mucha precisión. Este tipo de demanda es típica de los reabastecimientos a nivel de demanda dependiente
b) **Probabilística,** para Saldarriaga (2020), factores externos hacen que la demanda de un producto no sea fácilmente predecible y como consecuencia de esto la demanda asume una distribución probabilística sobre la cual se pueden determinar los modelos de control.
c) **Dependiente,** para Giroux (2015), concierne las materias primas y los componentes que entran en la fabricación de los productos terminados. Para los artículos con demanda dependiente, la cantidad a fabricar o comprar no se pronostica, simplemente se calcula usando la demanda de los productos terminados.
d) **Independiente,** para Giroux (2015), ésta hace referencia a los productos terminados que se venden a los clientes. Para ello, es esencial pronosticar la demanda para poder así planificar las operaciones y administrar los inventarios.

1.2.3. Coeficiente de variación

Para Taha (2012), el coeficiente de variación, V, mide la variación relativa o dispersión de los datos alrededor de la media, mediante la siguiente relación:

$$V = (\sigma)/\bar{x} * 100\% \qquad \text{(Ec. I-1)}$$

Donde:

V: coeficiente de variación

σ: desviación estándar

$\bar{x}$: media

Como resultado, los valores altos de V indican una alta incertidumbre en el uso de la media como una aproximación del consumo mensual. Para la demanda determinística, V= 0, dado que la desviación estándar asociada es cero.

1.2.4. Identificación del tipo de demanda

Para Taha (2012), en la práctica, el objetivo es balancear la sencillez y la precisión del modelo, bajo la siguiente formulación:

¿Cómo se puede decidir si una determinada aproximación de la demanda es aceptable?

Una "estimación aproximada" inicial se basa en el cálculo de la media y la desviación estándar del consumo durante un periodo específico (por ejemplo, mensual-mente). Entonces puede usarse el coeficiente de variación para valorar la naturaleza de la demanda utilizando el siguiente lineamiento:

1. **Determinístico y constante (estático) con el tiempo**, si la demanda mensual promedio (registrada a lo largo de varios años) es "de manera aproximada" constante y V es razonablemente pequeño (< 20%).
2. **Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo,** si la demanda mensual promedio varía de manera apreciable entre los diferentes meses, pero V permanece razonablemente pequeño en todos los meses.

3. **Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo, s**i en el caso 1 V es alto (>20%) pero aproximadamente constante.
4. **Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo,** cuando los promedios y los coeficientes de variación varían apreciablemente mes con mes.

Esta clasificación supone la disponibilidad de datos confiables para pronosticar la futura demanda. En función del desarrollo de modelos de inventario, la primera categoría es la más sencilla analíticamente, y la cuarta es la más compleja. Por otra parte, la primera categoría es la menos probable que ocurra en la práctica, y la cuarta es la más prevalente.

1.2.5. Pronóstico de demanda

El análisis histórico del comportamiento de la demanda se realiza para estudiar la evolución del pasado a fin de pronosticar el comportamiento futuro, con un margen razonable de seguridad. Para Giroux, Poitras y Poirier, cualesquiera sean los bienes o servicios ofrecidos por las organizaciones, es muy raro que estos se puedan producir de manera inmediata. Por esto, es necesario estimar con anticipación la cantidad que será solicitada, para poder así planear los recursos y obtener los inventarios que permitirán responder a esta demanda. En este sentido, los pronósticos son el punto de partida de todas las operaciones de administración de la cadena de suministro. La eficacidad del trabajo de planificación depende directamente del grado de precisión y de la fiabilidad de los pronósticos (2015, p. 44).

1.2.5.1.Métodos de elaboración de pronósticos

Para Giroux, Poitras y Poirier (2015), hay dos grandes categorías de métodos para hacer los pronósticos: los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos.

- Los métodos cualitativos utilizan la experiencia, la habilidad y el juicio de un grupo de participantes que conocen bien el sector de actividades y que son capaces de dar un consejo sólido sobre la demanda futura. A pesar de ser subjetivos, estos métodos pueden ser muy útiles, sobre todo en situaciones donde se dispone de poca o ninguna información histórica (por ejemplo, cuando se lanza al mercado un nuevo

producto o servicio).

- Los métodos cuantitativos se dividen en dos grupos: los métodos causales y los métodos de análisis de series de tiempo.
  - Los métodos causales consisten en establecer las relaciones de causa- efecto entre determinadas variables del ambiente y la demanda, en cuantificar estas relaciones y luego utilizarlas para pronosticar la demanda.
  - Los métodos de series de tiempo utilizan los datos de la demanda pasada para pronosticar la demanda futura. Estos métodos dan por sentado que el pasado define el futuro. Sin embargo, una vez que se han instalado los sistemas que permiten la recolección y el análisis de los datos asociados a la demanda (datos que la mayoría de empresas lucrativas ya poseen), estos métodos son menos costosos, rápidos de utilizar, y parecen ser más "objetivos" que los métodos cualitativos.

1.2.5.2.Métodos de pronóstico de demanda

1.2.5.2.1. Promedios móviles

Este método consiste en calcular el promedio de la demanda de los últimos "t" periodos más recientes. Por ejemplo, si se determina el promedio de los tres últimos periodos, la demanda del mes de Abril se estimará con el promedio de las demandas de Enero, Febrero y Marzo. En Mayo, el promedio se estimará con las demandas de Febrero, Marzo y Abril; es por eso que se denomina "promedio móvil" ya que se desplaza de periodo en periodo. Esto se puede representar con la fórmula:

$$P_{t+1}=D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + ... + D_n \qquad \text{(Ec. I-2)}$$

Donde: P_t = Pronóstico para el periodo

t = Número de observaciones utilizadas en el cálculo

D_t = Demanda del periodo t

Para Giroux, Poitras y Poirier (2015), este método permite amortizar un poco el "ruido de fondo" creado por las variaciones aleatorias de un periodo a otro, aunque esto también puede significar una lentitud de reacción frente a los cambios de la demanda. Es por esta razón que la elección del número de periodos (t) a incluir en el promedio es importante:

a) Si n es pequeño, los pronósticos reaccionarán rápidamente a los verdaderos cambios (o sea, a las variaciones de la demanda cuyo origen no es aleatorio), pero serán también más influenciados por las variaciones aleatorias.

b) Si n es grande, los pronósticos serán menos influenciados por las variaciones aleatorias de la demanda, pero también serán más lentos a reaccionar a una tendencia real.

1.2.5.2.2. Análisis de regresión

Para Taha (2012), ajusta una recta a los datos pasados. La técnica de ajuste más común es la de los mínimos cuadrados.

Se utiliza para pronosticar una variable con base en la otra. Por lo general, la relación se desarrolla a partir de datos observados. Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales o si por lo menos partes de los datos son lineales. La regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta.

La recta de la regresión lineal tiene la forma:

$$Y = a + b * X \qquad \text{(Ec. I-3)}$$

Donde

Y: valor de la variable dependiente que se despeja

a: secante en Y,

B: pendiente Y

X: variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, X es la unidad de tiempo)

La regresión lineal es útil para el pronóstico a largo plazo de eventos importantes, así como la planeación agregada. Por ejemplo, la regresión lineal sería muy útil para pronosticar las demandas de familias de productos individuales dentro de una familia puede variar en gran medida durante un periodo, la demanda de toda la familia de productos es sorprendentemente suavizada.

La principal restricción al utilizar el pronóstico de regresión lineal, como su nombre lo implica, es que se supone que los datos históricos y los pronósticos futuros caen sobre una recta. Aunque esto no limita su aplicación, en ocasiones, si se utiliza un periodo más corto, es posible usar el análisis de regresión lineal. Por ejemplo, puede haber segmentos más cortos del periodo más largo que sean aproximadamente lineales.

1.2.5.2.3. Modelo de pronóstico por descomposición de serie temporal

De acuerdo a UCampus (2020), puede definirse una serie temporal como datos ordenados en forma cronológica que pueden contener uno o más componentes de la demanda: tendencia, estacional, cíclico, autocorrelación o aleatorio.

La descomposición de una serie temporal significa identificar y separar los datos de la serie temporal en estos componentes. En la práctica, es relativamente fácil identificar la tendencia (incluso sin un análisis matemático, casi siempre es sencillo trazar y ver la dirección del movimiento) y el componente estacional (comparando el mismo periodo año tras año). Es mucho más difícil identificar los componentes de los ciclos (pueden durar varios meses o años), la autocorrelación y el aleatorio. (Por lo regular, el encargado de realizar el pronóstico considera aleatorio cualquier elemento que sobre y que no sea posible identificar como otro componente.)

Cuando la demanda contiene efectos estacionales y de tendencia al mismo tiempo, la pregunta es cómo se relacionan entre sí, generándose dos tipos de variación estacional: aditiva y multiplicativa.

- **Variación estacional aditiva**

La variación estacional aditiva simplemente supone que la cantidad estacional es una constante sin importar cuál es la tendencia o la cantidad promedio.

$$\text{Pronóstico} = \text{Tendencia} + \text{Factor}_{\text{estacional}} \qquad \text{(Ec. I-4)}$$

- **Variación estacional multiplicativa**

En la variación estacional multiplicativa, la tendencia se multiplica por los factores estacionales.

$$\text{Pronóstico} = \text{Tendencia} * \text{Factor}_{\text{estacional}} \qquad \text{(Ec. I-5)}$$

La variación estacional multiplicativa es más común. En esencia, establece que mientras más elevada sea la cantidad básica pronosticada, más alta será la variación que cabe esperar a su alrededor.

1.2.5.2.4. Modelo de regresión aditiva

De acuerdo a Goyal (2020), la ecuación del modelo es:

$$y_{(t)} = g_{(t)} + h_{(t)} + s_{(t)} + e_t \qquad \text{(Ec. I-6)}$$

Donde:

$y_{(t)}$: modelo regresivo aditivo

$g_{(t)}$: factor de tendencia

$h_{(t)}$: Componente de feriados/fiestas

$s_{(t)}$: componente de estacionalidad

e_t: error del periodo

De acuerdo a Pérez (2019), Estos modelos se estiman mediante el Algoritmo de backfitting. Los beneficios de una aproximación de aditivos son al menos dos:

- En primer lugar, ya que cada uno de los términos de aditivos individuales se calcula utilizando un univariado más suave, la maldición de la dimensionalidad se evita.

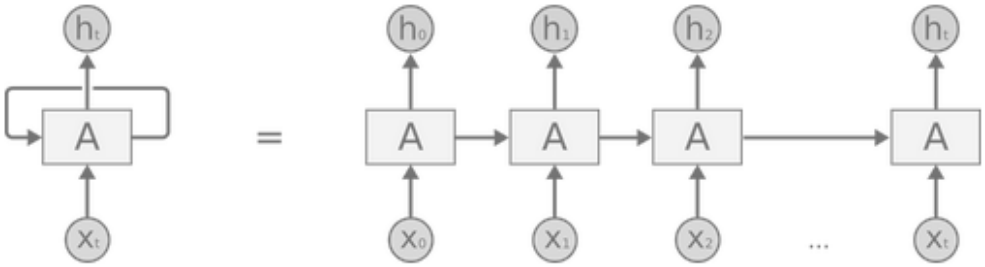
- En segundo lugar, las estimaciones de los términos individuales explican cómo cambia la variable dependiente con las variables independientes que corresponden.

1.2.5.2.5. Redes de gran memoria de corto plazo

De acuerdo a Olah (2015), las redes neuronales recurrentes son redes con bucles que permiten que la información persista. Se puede considerar como múltiples copias de la misma red, cada una de las cuales pasa un mensaje a un sucesor. Esta naturaleza en cadena revela que las redes neuronales recurrentes están íntimamente relacionadas con secuencias y listas. Son la arquitectura natural de la red neuronal que se utiliza para esos datos.

Figura 1-1.

Redes neuronales recurrentes (RNN)



Nota: En la figura se muestra el de las RNN en cada periodo en el tiempo. Fuente: Olah (2015)

En los últimos años, ha habido un éxito increíble en la aplicación de RNN a una variedad de problemas. Esencial para este éxito es el uso de "LSTM", un tipo muy especial de red neuronal recurrente. De acuerdo a Seale (2020), las redes neuronales recurrentes procesan una secuencia de valores $u_1, \ldots, u_\tau$ con un índice t de intervalo de tiempo que varía de 1 a τ . Dado un vector de entrada u_t y un estado de red neuronal x_t , se produce un vector de salida z_t en cada paso de tiempo t. El estado actual de la red neuronal depende del estado anterior y la entrada actual, dada por:

$$x_t = \phi\left(W^r * x_{t-1} + W^i * u_t\right) \qquad \text{(Ec. I-7)}$$

Donde:

x_t: estado de la red en el tiempo t

u_t: entrada de la red

W^r: pesos de la capa recurrente

W^i: pesos de la capa de entrada

$\phi(.)$: una función de activación como tanh

De ello se desprende que la salida z_t no solo depende de la entrada, sino del estado actual de la red y, por lo tanto, también está influenciada por todas las entradas anteriores. Una función paramétrica $f(.)$ representa el cálculo de la capa de salida.

$$z_t = f(W^0 * x_t) \quad \text{(Ec. I-8)}$$

Donde:

z_t: salida de la red en el tiempo t

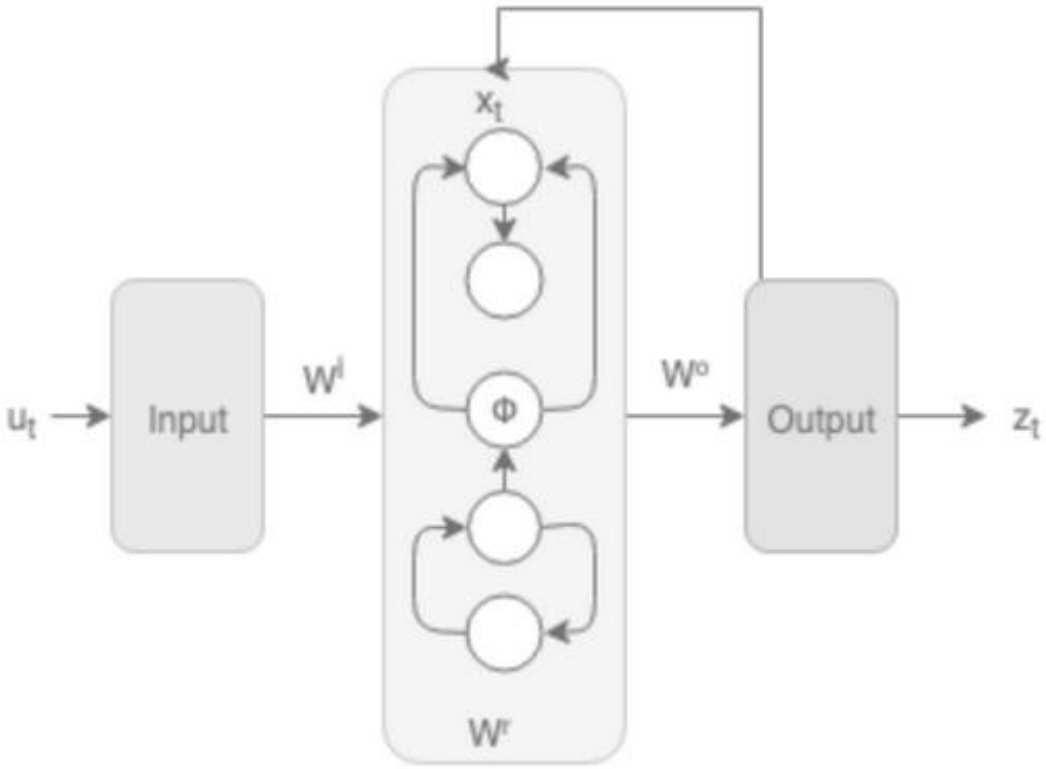
x_t: estado de la red en el tiempo t

W^0: pesos de la capa de salida

f(.): función paramétrica

Figura 1-2.

Arquitectura de la red LSTM



Nota: En la figura se muestra el comportamiento de una red LSTM. Fuente: Seale (2020)

La segunda parte del proceso es una simulación por computadora. Para usar el sistema, deben tenerse datos históricos; por ejemplo, ventas mensuales. El proceso de simulación usa las reglas de pronóstico para predecir datos recientes. La regla que mejor pronostique en el pasado es la que se usa para predecir el futuro.

Según Brownlee (2020), el modelo de aprendizaje automático es un programa que aprende automáticamente a partir de datos históricos. A diferencia de la programación tradicional, los programas pueden no ser completamente deterministas.

Los modelos de aprendizaje automático pueden ser diferentes cada vez que se entrenan. A su vez, los modelos pueden realizar predicciones diferentes y, cuando se evalúan, pueden tener un nivel de error o precisión diferente.

Hay al menos cuatro casos en los que obtendrá resultados diferentes; son:

- Resultados diferentes debido a diferencias en los datos de entrenamiento.
- Resultados diferentes debido a los algoritmos de aprendizaje estocásticos.
- Resultados diferentes debido a los procedimientos de evaluación estocástica.
- Resultados diferentes debido a diferencias en la plataforma.

1.2.5.2.6. Métricas de evaluación

Para Chai y Draxler (2014), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) se ha utilizado como una métrica estadística estándar para medir el rendimiento del modelo por décadas, principalmente en estudios de meteorología, calidad del aire e investigación climática. El error medio absoluto (MAE) es otra medida útil ampliamente utilizada en evaluaciones de modelos. Si bien ambos se han utilizado para evaluar el rendimiento del modelo durante muchos años, no hay consenso sobre la métrica más apropiada para los errores del modelo.

a) Error absoluto medio (MAE)

El MAE mide la magnitud promedio de los errores en un conjunto de pronósticos, sin considerar su dirección. Mide la precisión de las variables continuas. Es el promedio sobre la muestra de verificación de los valores absolutos de las diferencias entre el pronóstico y la observación correspondiente. El MAE es una puntuación lineal, lo que significa que todas las diferencias individuales se ponderan por igual en el promedio.

$$MAE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}| \qquad \text{(Ec. I-9)}$$

Donde:

MAE: error absoluto medio

n: número de datos

x_i: dato correspondiente al periodo i

$\bar{x}$: media

b) Error cuadrático medio (RMSE)

El RMSE mide la magnitud media del error. Dado que los errores se elevan al cuadrado antes de promediarlos, el RMSE otorga un peso relativamente alto a los errores grandes. Esto significa que RMSE es más útil cuando los errores grandes son particularmente indeseables.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad \text{(Ec. I-10)}$$

Donde:

RMSE: raíz del error cuadrático medio

n: número de datos

x_i: dato correspondiente al periodo i

$\bar{x}$: media

El MAE y el RMSE se pueden usar juntos para diagnosticar la variación en los errores en un conjunto de pronósticos. El RMSE siempre será mayor o igual al MAE; a mayor diferencia entre ellos, mayor varianza en los errores individuales en la muestra. Si RMSE = MAE, entonces todos los errores son de la misma magnitud

Tanto el MAE como el RMSE pueden oscilar entre 0 y ∞. Son puntuaciones de orientación negativa: los valores más bajos son mejores.

1.3. Modelo de inventario

1.3.1. Definición

Los modelos de inventarios son métodos que ayudan a reducir o minimizar los niveles de inventario requeridos en la producción (Campos, Gómez, Reyes y Reyes, 2004). Según Rodríguez, el modelo general de inventarios parece ser sencillo, pero en realidad existen variedad de modelos que van desde el empleo del simple cálculo hasta refinadas aplicaciones de programación dinámica y matemática, la razón de esto es por la demanda: Sí la demanda del artículo es determinística o probabilística (2011, p. 1)

1.3.2. Clasificación de los modelos de inventarios

Para Taha (2012), los sistemas de inventario pueden variar ampliamente de un caso a otro, son muchos los factores y las circunstancias que provocan tales variaciones (la naturaleza de los bienes en inventario, el comportamiento de la demanda, el sistema de información, entre otros). Por ello, se pueden clasificar:

a) Según el comportamiento de la demanda y el tiempo de reposición:
   - **Modelos determinísticos,** que suponen certeza en el conocimiento de la demanda y el tiempo de reposición
   - **Modelos estocásticos,** que consideran aleatoriedad en una o ambas variables.

b) Según la manera de revisión de los niveles de inventario
   - **Modelos de revisión continua,** aquellos en los cuales se conoce el nivel de inventario en cualquier punto del tiempo y cualquier tipo de transacción que afecte el nivel de inventario se registra inmediatamente.
   - **Modelos de revisión periódica,** son aquellos en los cuales el nivel de inventario se conoce solo en puntos definidos de tiempo, es decir, cada cierto intervalo de tiempo se hace una revisión del sistema y en ese momento se conoce su estado.

1.3.3. Costo total de inventario

1.3.3.1. Costo de adquisición

El costo de adquisición se refiere al costo de la compra de los artículos cuando se trata de un proveedor externo, o puede ser el costo de producción cuando los artículos pedidos hacen parte de otra área de la empresa. Este costo está dado por el resultado obtenido de multiplicar la cantidad de unidades compradas por su precio unitario.

a) Costo de adquisición

En este caso se asume que el costo de adquisición consiste en:

$$Ca = q * p \qquad \text{(Ec. I-11)}$$

Donde:

Ca: costo de adquisición

q: cantidad de pedido

p: precio unitario

1.3.3.2.Costo fijo de ordenar

Cada vez que se coloca una orden el sistema incurre en algunos costos de personal o gastos administrativos, o de papel, o quizás por tener que llamar al proveedor, mandar correos, tramitación, preparación de la orden de compra, transporte, recepción descarga, etc. Estos costos se representan por un costo fijo el cual debe cargarse al sistema cada vez que se pone una orden.

En este caso se asume que el costo fijo de ordenar consiste en:

$$K = \sum\left(C_{llamada} + C_{transporte} + C_{adm}\right) \qquad \text{(Ec. I-12)}$$

Donde:

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

Cl_{lamada}: costo de realizar una llamada

$C_{transporte}$: costo de transportar la MP o insumo desde el proveedor a la empresa

C_{adm}: costo administrativo de ordenar (formularios a llenar)

1.3.3.3.Costo de mantener inventario

Costo en bolivianos que se paga para mantener almacenada una unidad de materia prima, insumos o producto terminado. El costo de mantenimiento es proporcional al tiempo que dure un artículo en inventario y se expresa en unidades monetarias por unidad física por unidad de tiempo.

En este caso se asume que el costo de mantener inventario consiste en:

$$h = TA * p \qquad \text{(Ec. I-13)}$$

Donde:

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año.

TA: tasa de almacenamiento

p: precio unitario

Resulta de la sumatoria de:

a) **Alquiler de almacén,** este costo puede variar con el espacio ocupado por los artículos, espacio que por supuesto depende del nivel del inventario físico
b) **Costo de almacenamiento,** cuando se reciben los artículos en almacén deben ordenarse y almacenarse adecuadamente, por ejemplo, montacargas o grúas para movilizarlos y colocarlos en un lugar apropiado.
c) **Costo de conservación del inventario,** mantener los artículos en óptimas condiciones también puede requerir de gastos en servicios tales como refrigeración, energía eléctrica y vigilancia, gastos que pueden variar de forma muy complicada con el nivel del inventario en almacén y por lo tanto muy difíciles de expresar.
d) **Control de almacén,** debido al movimiento de entradas y salidas constantes se hace necesario disponer de un buen sistema de control contable con el propósito de mantener los registres actualizados.
e) **Obsolescencia,** este costo es difícil de estimar con precisión, la competencia y el desarrollo tecnológico hacen que frecuentemente aparezcan en el mercado productos nuevos con ventajas adicionales en relación a los existentes en el mercado. Esto origina una devaluación por obsolescencia en cierto tipo de inventario.
f) **Seguros,** es necesario proteger los inventarios por daños que puedan sufrir a consecuencia de incendios, robos o cualquier otro accidente, por ello se paga primas de seguros de acuerdo al valor asegurado de las existencias.

g) **Inmovilización financiera**, es el costo de oportunidad de tener una inversión ociosa en inventario cuando esa misma cantidad puede ofrecer una tasa de retorno en otra inversión. ya que esos recursos se podrían haber desplazado en otras inversiones que produzcan cierta rentabilidad con un menor riesgo, tales como bonos, acciones u otros valores.

1.3.3.3.1. Costo de almacenamiento

El costo de almacenamiento (CA) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CA = \frac{q}{2} * T * p * I \qquad \text{(Ec. I-14)}$$

Donde:

CA: costo de almacenamiento

q: cantidad de material en existencia en el período considerado.

T: tiempo de almacenamiento.

p: precio unitario de producto o material

I: tasa de almacenamiento expresada en porcentaje del precio unitario.

1.3.3.3.1.1. Tasa de almacenamiento

Sin embargo, el CA está compuesto por una parte variable (la cantidad de material y el tiempo) y una parte fija (alquiler de almacén, salarios del personal de almacén, seguro contra incendio y robo, maquinarias y equipos instalados, entre otro). La parte fija no depende de la cantidad y tiempo de almacenamiento. Por ello, es prudente utilizar una fórmula más amplia – la tasa de almacenamiento (TA) que constituye la suma de las siguientes tasas (tasas expresadas en porcentaje):

a) **Tasa de acopio por espacio ocupado**

$$T_a = 100 * A * \frac{C_{alm}}{C} * p \qquad \text{(Ec. I-15)}$$

Donde:

T_a: tasa de acopio por espacio ocupado

A: área ocupada por las existencias.

C_{alm}: costo anual del metro cuadrado de almacenamiento.

C: Consumo anual del material.

P: precio unitario

Porcentaje del precio unitario que corresponde a pagos por resguardo físico de producto

b) Tasa de transporte

$$T_d = 100 * \frac{devaluación\ anual\ del\ equipo}{Q*p} \quad \text{(Ec. I-16)}$$

Donde:

T_d: tasa de transporte, manipulación y distribución del material

Q * P: valor de los productos almacenados.

(NOTA. Se obvia esta tasa puesto que en el sector de alcance generalmente no se utiliza maquinaria para transportar los productos de almacén a tienda).

c) Tasa de seguros

$$T_c = 100 * \frac{Costo\ anual\ del\ equipo}{Q*p} \quad \text{(Ec. I-17)}$$

Donde:

T_c: tasa de seguros del material almacenado

Q * P: valor de los productos almacenados.

Porcentaje del precio unitario que corresponde a pagos por prima que compense las pérdidas por siniestros de producto

d) Tasa de obsolescencia del material

$$T_e = 100 * \frac{Pérdidas\ anuales\ por\ antigüedad}{Q*p} \quad \text{(Ec. I-18)}$$

Donde:

T_e: tasa de obsolescencia del material

Q * P: valor de los productos almacenados.

Porcentaje del precio unitario que corresponde a pagos por retiro de producto en mal estado u obsoleto

En resumen, la tasa de almacenamiento (TA) resulta en:

$$TA = T_a + T_d + T_c + T_e \quad \text{(Ec. I-19)}$$

Donde:

TA: tasa de almacenamiento

T_a: tasa de acopio por espacio ocupado

T_d: tasa de transporte, manipulación y distribución del material

T_c: tasa de seguros del material almacenado

T_e: tasa de obsolescencia del material

Porcentaje del precio unitario que corresponde a pagos por almacenamiento de producto

1.3.4. Restricciones

A menudo el sistema maneja recursos limitados, por lo tanto, no es suficiente con representar la función de costo, sino que hay que agregar restricciones al modelo. Las más comunes son:

1.3.4.1.Capacidad de almacenamiento

Todo sistema real tiene una capacidad limitada en almacén donde se mantiene el inventario físico. Por lo tanto, al momento de ordenar debe tenerse en cuenta que no puede excederse esta capacidad, ya que quedaría parte del inventario a la intemperie.

1.3.4.2.Frecuencia de pedidos

En ciertos casos el sistema no puede colocar más de un determinado número de pedidos en un cierto intervalo de tiempo, se habla entonces de un límite superior para el número de pedidos anuales del sistema o de la frecuencia de pedido.

Dicha restricción puede darse por las relaciones entre la empresa y sus proveedores, en algunos casos el proveedor no puede suministrar más de una *x* cantidad de pedidos anuales, el modelo debe por lo tanto tener en cuenta esta situación

1.3.4.3.Presupuesto

La fluidez en caja es también una de las principales limitantes del sistema, en ocasiones la empresa no puede pedir tantas unidades como quisiera ya que simplemente no tiene la capacidad monetaria de hacer una compra tan grande. Para este caso se debe agregar una restricción al modelo que indique que el monto de la inversión máxima no debe superar una cantidad determinada.

1.3.5. Modelo EOQ

Para Pulido (2019), el modelo EOQ básico (Economic Order Quantity) es el más simple y fundamental de todos los modelos de inventarios, basándose en las siguientes hipótesis:

1. Todos los parámetros se conocen con certeza (modelo determinista)

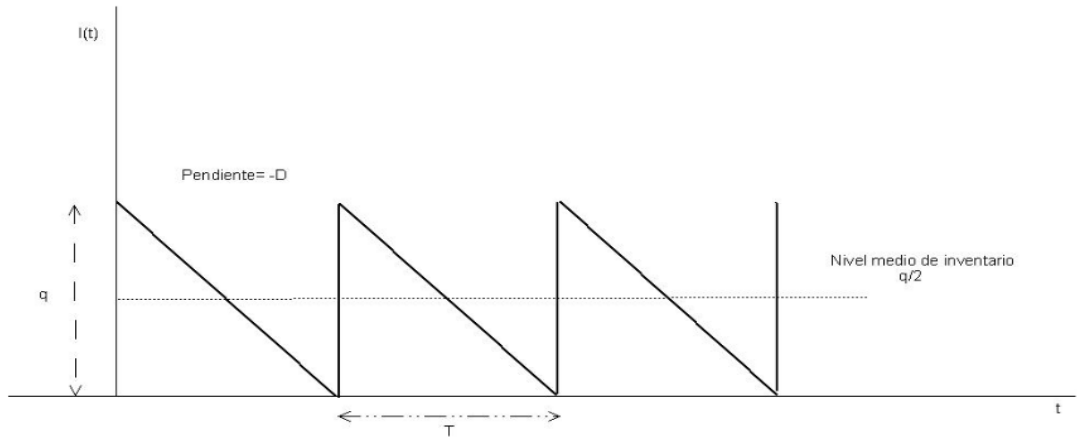
2. La unidad de tiempo es el año, aunque el análisis es válido para cualquier otra unidad
3. El inventario es de un solo producto
4. La demanda es continua y constante en el tiempo.
5. El nivel de inventarios se revisa de forma continua y en cualquier momento es posible realizar un pedido
6. No hay descuentos en el precio por el volumen de compra
7. El tiempo de entrega (tiempo que transcurre desde la solicitud del pedido hasta que se recibe) es nulo; el pedido se recibe en el momento en el que se solicita
8. No se permite desabastecimiento (escasez)
9. El tamaño de cada pedido es constante
10. Todos los costos son constantes en el horizonte de planificación
11. Se considera un horizonte de planificación ilimitado y continuo

Para Pulido (2019), el objetivo de este modelo es determinar la cantidad optima de pedido q^* y el instante en que debe hacerse, es decir, cuánto y cuándo pedir.

En este modelo, el comportamiento del nivel de inventario se pude representar mediante la siguiente figura:

Figura 1-3.

Modelo EOQ – Gráfica I vs t



Nota: En la figura se muestra el comportamiento de los niveles de inventario de producto en función del tiempo, en cada ciclo. Fuente: Pulido (2019)

Se denomina ciclo de inventario al intervalo de tiempo que comienza con la llegada de un pedido y termina en el instante anterior al recibir el siguiente pedido.

En principio se supone que la unidad de tiempo es el año, aunque el análisis es válido para cualquier otra unidad.

1.3.5.1.Costos de inventario

Los costos que intervienen en la gestión del inventario son:

a) **El costo anual de hacer pedidos.** Es igual al costo fijo de pedido por el número de pedidos al año:

$$Costo\ de\ hacer\ un\ pedido = K * D/q \qquad \text{(Ec. I-20)}$$

Donde:

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

b) **El costo anual de compra,** representado por:

$$Costo\ anual\ de\ compra = p * D \qquad \text{(Ec. I-21)}$$

Donde:

D: demanda anual

p: precio unitario

c) **El costo anual de mantenimiento.** Para calcular este costo es necesario examinar el comportamiento del nivel de inventario, $I_{(t)}$, a lo largo del tiempo. Entonces, el costo anual de mantenimiento será el costo de cada ciclo de inventario por el número de ciclos a lo largo del año.

El objetivo del modelo es minimizar la función de costo anual que viene dada por la suma del costo anual de hacer pedidos más el costo anual de mantenimiento más el costo anual de compra de los artículos.

$$C_{(q)} = K * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2} + p * D \qquad \text{(Ec. I-22)}$$

Donde:

$C_{(q)}$: Costo anual

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

p: precio unitario

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año.

Puesto que el costo anual de compra de artículos es independiente del tamaño de los pedidos, minimizar la función anterior equivale a minimizar los llamados costos de almacén, dados por

$$Ca_{(q)} = k * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2} \qquad \text{(Ec. I-23)}$$

Donde:

$Ca_{(q)}$: Costo anual mínimo

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año.

1.3.5.2.Parámetros del modelo

Se tiene la siguiente denominación:

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

p: precio unitario

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año.

a) Cantidad óptima de pedido

$$q^* = \sqrt{\frac{2*K*D}{h}} \qquad \text{(Ec. I-24)}$$

b) Número óptimo de pedidos

$$N^* = \frac{D}{q^*} \qquad \text{(Ec. I-25)}$$

c) Longitud de ciclo óptimo de inventario

$$T^* = \frac{1}{N^*} \qquad \text{(Ec. I-26)}$$

d) Punto de reabastecimiento

Para Castillo (2005), no es necesario recibir un pedido en el instante en el que se coloca, puede ocurrir un tiempo de entrega positivo, L, entre el momento en que se hace un pedido y el momento en el que se recibe. En este caso, el punto de reorden ocurre cuando el nivel del inventario desciende a L*D unidades.

A este nivel de existencias se le denomina punto de reabastecimiento y se denota por R^*. Se distinguen tres casos, dependiendo del tiempo L que tarda en llegar el pedido y la longitud de ciclo de inventario optima T^*.

a) Si $L < T^*$, el punto de reabastecimiento es

$$R^* = L * D \qquad \text{(Ec. I-27)}$$

Donde:

R^*: punto de reorden

D: demanda anual

L: tiempo de entrega

b) Si $L > T^*$, la demanda durante el tiempo de entrega es mayor que $q*$, lo que implica que el pedido debe hacerse en algún periodo anterior a aquel en que se espera recibir el pedido.

Si *m* es la parte entera de $L* T^*$, entonces $L' = L - m* T^*$ es menor que T^* y el punto de reabastecimiento es

$$R^* = L' * D = R^* = (L - m * T^*) * D = L * D - m * q^* \qquad \text{(Ec. I-28)}$$

Donde:

R^*: punto de reorden

D: demanda anual

L: tiempo de entrega

m: parte entera de $L* T^*$

q^*: cantidad óptima de pedido

c) Si $L = T^*$, entonces se debe realizar el pedido cada vez que el inventario se agota, aunque este llegara al final del ciclo que se inicia

1.3.6. Modelo EOQ con reducciones de precio

Para Taha (2012), este modelo es idéntico al EOQ básico, excepto que el artículo en inventario puede adquirirse con un descuento si el tamaño del pedido, *q*, excede un límite dado, *Q*. Matemáticamente, el precio de compra unitario, *c*, es:

$$c = \begin{Bmatrix} c_1, \ si\ q \leq Q \\ c_2, \ si\ q > Q \end{Bmatrix} \qquad \text{(Ec. I-29)}$$

Donde:

c_1: costo de compra según tamaño de lote 1

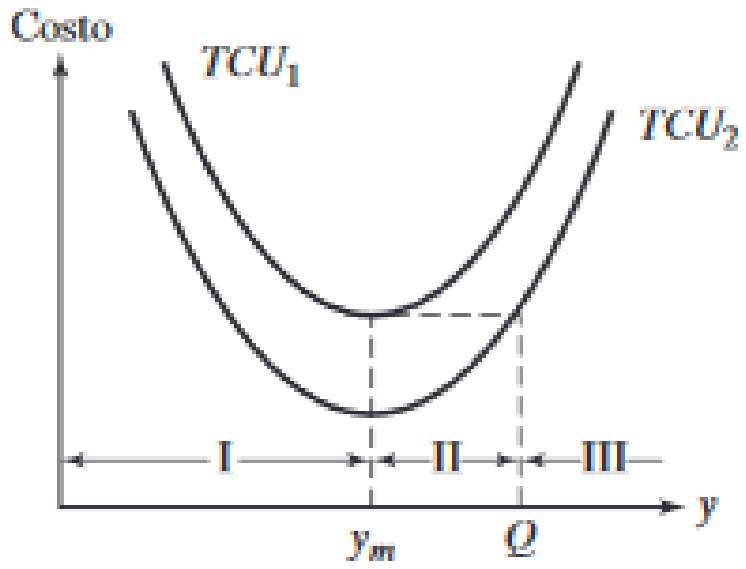
c_2: costo de compra según tamaño de lote 2

El costo total por unidad de tiempo es:

$$TCU_{(q)} = \begin{Bmatrix} TCU_{1_{(q)}} = D * c_1 + \frac{K*D}{q} + \frac{q}{2} * h, \ q \leq Q \\ TCU_{2_{(q)}} = D * c_2 + \frac{K*D}{q} + \frac{q}{2} * h, \ q > Q \end{Bmatrix} \qquad \text{(Ec. I-30)}$$

Figura 1-4.

Función de costo de inventario con reducciones de precio



Nota: En la figura se muestra el comportamiento de los costos totales de inventario de producto en función de la cantidad de pedido, con distintos tamaños de lote. Fuente: Taha (2012)

1.3.7. Modelo de gestión con restricciones

Según Pérez (2019), este método se utiliza cuando en el almacén existen *n* productos a ordenar y existen restricciones como:

- Espacio [m^3]
- Presupuesto [$]

Para este método generalmente se usa programación lineal, buscando minimizar el costo total de inventario.

$$Minimizar \qquad \sum C_{(q_i)} = K_i * \frac{D_i}{q_i} + h_i * \frac{q_i}{2} + p_i * D_i \qquad \text{(Ec. I-31)}$$

Donde:

$C_{(qi)}$: Costo anual de lote de tamaño *i*

D_i: demanda anual de lote de tamaño *i*

q_i: cantidad de pedido de lote de tamaño *i*

K_i: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño de lote de tamaño *i*

p_i: precio unitario de lote de tamaño *i*

h_i: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año de lote de tamaño *i*

A su vez, se busca cumplir con la restricción:

$$\sum j_i * q_i \leq J \qquad \text{(Ec. I-32)}$$

Donde:

j_i: costo/espacio ocupado unitario según lote de tamaño *i*

q_i: cantidad de pedido de lote de tamaño *i*

J: presupuesto/espacio disponible

Para su resolución se emplean multiplicadores de La Grange:

$$q^* = \sqrt{\frac{2*K*D}{h+2*\lambda*j_i}}; \qquad \lambda > 0 \qquad \text{(Ec. I-33)}$$

Donde:

q^*_i: cantidad óptima de pedido de lote de tamaño *i*

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

D: demanda anual

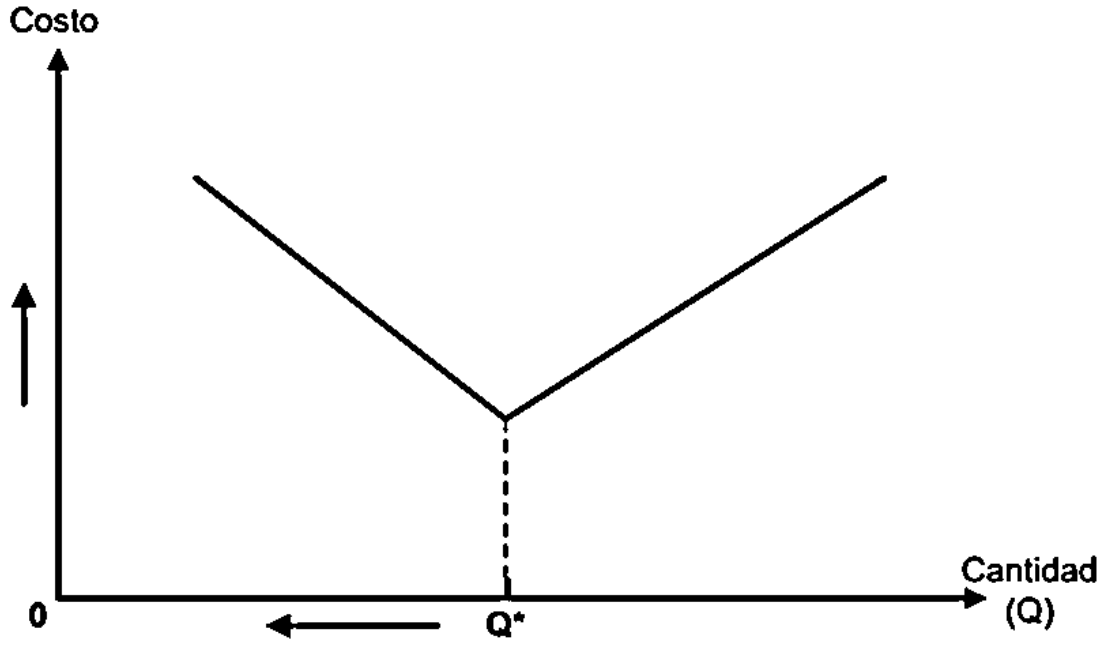
h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año.

λ: multiplicador de La Grange

j_i: costo/espacio ocupado unitario según lote de tamaño *i*

Figura 1-5.

Gestión multiproducto con restricciones



Nota: En la figura se muestra el comportamiento de los costos totales de inventario de producto en función de la cantidad de pedido, aplicando restricciones de espacio y/o presupuesto. Fuente: Pérez (2019)

1.3.8. Modelo EOQ probabilístico

Para Rojas (2013), se considera un sistema de inventarios de revisión continua, es decir, el nivel de inventario se monitorea constantemente por lo que una nueva orden se coloca cuando el nivel llega a determinada cantidad, que es llamada punto de reorden. Este modelo se puede implementar a cualquier tipo de empresa que quiera tener un gran control en su inventario al vigilar constantemente las existencias que hay en él, ya que esto le permite reaccionar rápidamente ante variaciones insospechadas de la demanda.

Este modelo se basa principalmente en dos parámetros importantes:

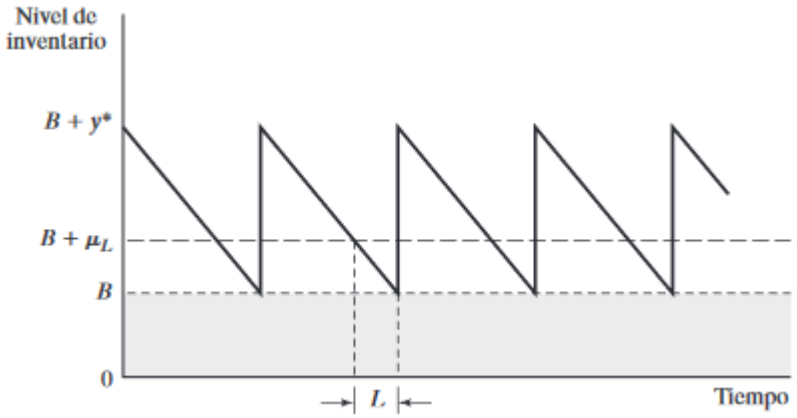
R: punto de reorden

q: cantidad por ordenar

Lo que significa que se debe colocar una orden de *q* unidades siempre que el nivel de inventario de un producto llegue a *R* unidades, a esta política se le llama política (R, Q).

Figura 1-6.

Existencias de reserva, B, impuestas al modelo EOQ clásico



Nota: En la figura se muestra la relación entre las existencias de reserva, B, y los parámetros del modelo EOQ determinístico que incluyen el tiempo de espera, L; la demanda promedio durante el tiempo de espera, m*L, y la cantidad económica de pedido (EOQ), q*.

Además, se tiene los siguientes supuestos:

1. Cada aplicación se refiere a un solo producto.

2. El nivel de inventario es conocido, pues se emplea una revisión continua.

3. Se usa una política (R, Q) por lo cual serán nuestros valores a encontrar.

4. Hay un tiempo de entrega *L* entre cada colocación y recepción de *q*.

5. La demanda es aleatoria y se conoce la distribución de probabilidad de la misma.

6. Antes de recibir la orden se permiten faltantes.

7. Hay un costo de preparación *K* por cada orden colocada.

8. Excepto por este costo fijo, el costo de la orden es proporcional a la cantidad *q*.

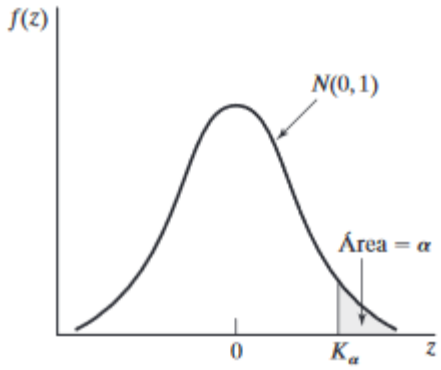
9. Se incurre en un costo por mantener *h*, por cada unidad por cada unidad de tiempo.

10. Si hay faltantes, hay un costo por faltantes *p* por cada unidad que falta por unidad de tiempo hasta satisfacer la demanda pendiente.

En resumen, los supuestos de este modelo son los mismos que los del modelo EOQ con faltantes planeados excepto por el punto cinco, ya que en este caso la demanda no es conocida. La suposición principal del modelo es que la demanda por unidad de tiempo es normal con media D y desviación estándar σ; es decir, N (D, σ).

Figura 1-7.

Probabilidad de que se agoten las existencias



Nota: En la figura se muestra la distribución normal estándar de modo que $P\{z \geq k_\alpha\} \leq \alpha$. Fuente: Rojas (2013)

1.3.8.1.Costos de inventario

Los costos que intervienen en la gestión del inventario son:

a) **Costo de preparación.**

$$Costo\ de\ preparación = K * D/q \qquad \text{(Ec. I-34)}$$

Donde:

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

b) Costo de retención esperado, representado por:

$$Costo\ de\ retención = p * D \qquad \text{(Ec. I-35)}$$

Donde:

D: demanda anual

p: precio unitario

c) El costo anual de mantenimiento. Para calcular este costo es necesario examinar el comportamiento del nivel de inventario, $I_{(t)}$, a lo largo del tiempo. Entonces, el costo anual de mantenimiento será el costo de cada ciclo de inventario por el número de ciclos a lo largo del año.

El objetivo del modelo es minimizar la función de costo anual que viene dada por la suma del costo anual de hacer pedidos más el costo anual de mantenimiento más el costo anual de compra de los artículos.

$$C_{(q)} = K * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2} + h * z * \sigma_L \qquad \text{(Ec. I-36)}$$

Donde:

$C_{(q)}$: Costo anual

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año

z: Coeficiente de distribución normal

σ_L: Desviación estándar

1.3.8.2.Parámetros del modelo

Se tiene la siguiente denominación:

D: demanda anual

q: cantidad de pedido

K: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

h: costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año

R^*: Punto de reorden

d: demanda semanal

L: leasing time

z: Coeficiente de distribución normal

σ_L: Desviación estándar

a) Cantidad óptima de pedido

$$q^* = \sqrt{\frac{2*K*D}{h}} \qquad \text{(Ec. I-37)}$$

b) Número óptimo de pedidos

$$N^* = \frac{D}{q^*} \qquad \text{(Ec. I-38)}$$

c) Longitud de ciclo óptimo de inventario

$$T^* = \frac{1}{N^*} \qquad \text{(Ec. I-39)}$$

d) Punto de reabastecimiento

Para Cordero (2019), el punto de reabastecimiento o reorden se define bajo la siguiente relación:

$$R^* = L * d + z * \sigma_L \qquad \text{(Ec. I-40)}$$

Estas relaciones se dan para sistemas de revisión continua con pedidos repetitivos. Para sistemas con pedido único se emplean las siguientes relaciones:

a) Cantidad óptima de pedido

$$q^* = q + z * \sigma_L \quad \text{(Ec. I-41)}$$

q*: cantidad óptima de pedido

q: cantidad de pedido pronosticada para demanda del siguiente periodo

z: Coeficiente de distribución normal

σ_L: Desviación estándar

b) Frecuencia acumulada

$$CP_n = \frac{Ganancia}{Ganancia - Pérdida} \quad \text{(Ec. I-42)}$$

Donde:

CP_n: Frecuencia acumulada de vender al menos "n" unidades de producto.

1.3.9. Modelo Push/Pull

1.3.9.1. Modelo Push

Para EAE Business School (2018), el sistema push engloba a todos aquellos productos de los que se sabe que ya hay demanda suficiente, productos genéricos que se sabe que sí o sí van a salir del almacén.

Para Colomer (2017), cuando la planeación empuja la producción (enfoque push), los tamaños de las órdenes de producción se basan en pronósticos de mediano o largo plazo, por lo que generalmente son grandes y variables, y generan altos inventarios, cuyo costo se compensa por las economías de escala del producto.

Este enfoque es conveniente cuando la manufactura del producto enfrenta importantes economías de escala y, en particular, cuando la demanda es estacional se aplica la

estrategia de mantener inventarios para la temporada pico, así se evita invertir en capacidades de producción muy altas.

El riesgo que enfrenta el enfoque push radica en la ocurrencia de cambios radicales en los patrones de demanda, que hacen obsoleto al producto en inventario, por lo que este enfoque sólo funciona en caso de bienes poco diferenciados (comerciables) o cuando existen contratos de suministro que aseguren la venta del producto

1.3.9.2.Modelo Pull

Para Colomer (2017), cuando la demanda del producto determina cuánto producir (enfoque pull), los tamaños de las órdenes de producción son pequeños, se generan bajos costos por inventarios, y un bajo riesgo por obsolescencia del producto. Las desventajas de este enfoque son la necesidad de tener capacidad para los períodos de demanda pico, menores economías de escala y transporte que el tradicional enfoque push.

Para Mejías (2019), un ejemplo de este sistema es el just-in-time, o JIT. La piedra angular de este modelo es poseer el inventario justo y necesario, ni más ni menos, para satisfacer la demanda del público. Una ventaja del JIT es que elimina la necesidad de grandes espacios de almacenamiento, así como los gastos.

De acuerdo a Cordero (2019), se puede aplicar un control básico de inventario por demanda (pull) de pedido único cuando los productos involucrados son perecederos o su demanda es de una sola vez. Productos como vegetales y frutas frescas, flores naturales cortadas, periódicos y algunos medicamentos tienen una vida útil corta y definida, por lo que no están disponibles para periodos de venta subsiguientes.

Para Mejías (2019), la principal desventaja de este sistema es que aumenta las probabilidades de que la compañía tenga inconvenientes al ordenar y tener a tiempo nuevo inventario, provocando así problemas para satisfacer la demanda de los clientes.

Para EAE Business School (2018), en el sistema pull el inventario se mantiene, por regla general, bajo mínimos. No se suele almacenar muchos productos o materia prima ya que, se fabrica casi bajo demanda.

1.3.9.3.Sistemas Push/Pull

Frente la dicotomía de estos dos modelos, las empresas que están apostando por implementar sistemas push-pull.

Según Mejías (2019), con el fin de superar las desventajas de cada sistema, innumerables empresas han aplicado lo que se conoce como sistema push/pull, que no es más que la combinación de los factores positivos de ambos métodos de administración de acuerdo a la situación y las necesidades particulares de cada compañía. Para su utilización, es necesario contar con proyecciones más precisas, así como aplicar ajustes en los niveles de inventario de acuerdo a la tasa de ventas del momento; esto con el fin de estabilizar la cadena de suministro y reducir las probabilidades de una escasez de productos.

1.4. Justo a tiempo

De acuerdo a Tarrés (2019), es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Se trata de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen "justo a tiempo" a medida que son necesarios. El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes compra-dos, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda

Según Sánchez (2004), los objetivos de un programa Justo a Tiempo incluyen el de producir a la medida exacta de la demanda, mejorar constantemente y eliminar desperdicios de todo tipo. El sistema Justo a Tiempo tiene cuatro objetivos esenciales que son:

- Atacar los problemas fundamentales que se originan por el mal control, manejo y distribución de mercancías; así como las barreras para la flexibilidad y cambio de un ambiente de calidad.

- Eliminar los costos que se originan por el manejo, mantenimiento y todo que no agregue valor al producto o servicio que se originan dentro de las operaciones de la empresa.
- Buscar la simplicidad de los procesos y productos
- Diseñar sistemas para identificar problemas, así como las técnicas y procedimientos que nos lleven a implantar sistemas que están encaminados al control total de la calidad.

1.5. Clasificación ABC

Para Macías, León y Limón (2018), el método ABC clasifica y analiza los artículos más importantes en el inventario de la empresa, discriminándolos de acuerdo a su demanda o a su precio unitario por consumo, es decir, analizando su porcentaje mayor en el inventario total.

En el método ABC se presenta la regla 80/20, también conocida como ley del menos significativo, que presenta una correspondencia entre el 20% de artículos con valor del 80% del inventario y el 80% de artículos con valor del 20%, siendo útil para la operación del inventario y la respectiva toma de decisiones. En el método ABC se establecen tres categorías que clasifican los productos según sus prioridades, estableciéndose los Artículos A (mayor importancia), los B (importancia secundaria) y C (poca importancia). Sin embargo, lo más relevante de la clasificación es la identificación de los artículos de mayor importancia y los artículos de poca importancia en los extremos de las categorías, por lo cual, el número de clases es variable, así como el porcentaje de artículos en cada una de ellas.

Clase A: Genera el 80% de participación en ventas

Clase B: Genera el 15% de participación en ventas

Clase C: Genera el 5% de participación en ventas

Para la clasificación de los productos, se determina:

- % $_{\text{PARTIC}}$: Porcentaje de participación de la venta del producto respecto al total anual

$$\%_{PARTIC} = \frac{D_i}{D_{total}} \qquad \text{(Ec. I-43)}$$

Donde:

Di: demanda anual del producto

D_{total}: demanda anual total de productos ofrecidos por la empresa

- $\%_{PARTICacum}$: Porcentaje acumulado de participación de la venta del producto respecto al total anual

$$\%_{PARTICacum} = \%_{PARTIC\ i} + \%_{PARTIC\ i-1} \qquad \text{(Ec. I-44)}$$

Donde:

$\%_{PARTIC\ i}$: Porcentaje de participación de la venta del producto i

$\%_{PARTIC\ i-1}$: Porcentaje de participación de la venta del producto i - 1

Finalmente, para facilitación visual de verificación, se muestra el diagrama de Pareto correspondiente a esta clasificación, demanda vs producto y $\%_{\text{participación acumulado}}$ vs producto.

La aplicación del método ABC es útil en el análisis de las ventas de la empresa, en el valor de los stocks y en los costos, estableciendo un criterio diferente a las decisiones de producción y compras de la empresa al relacionar la rentabilidad como un elemento en cada producto

1.6. Plan Maestro de Producción (MPS)

Para Gaither y Fraizer (2000), el Plan Maestro de Producción fija la cantidad de cada uno de los artículos que se producirán, para ser completada cada semana en un horizonte corto de planeación de la gama de los artículos, para que al terminar los artículos puedan ser mandados al cliente o al almacén de producto terminado

Los objetivos del plan maestro de la producción son dos principalmente:

- Programa los artículos que se terminaran puntualmente, para satisfacer a los clientes.
- Programa para evitar sobrecarga y cargas ligeras, facilita a la producción para utilizar la capacidad de la producción eficientemente.

1.6.1. Plan de Requerimiento de Materiales

Es un sistema de planificación de componentes de fabricación que, mediante un conjunto de procedimiento lógicamente relacionados, traduce un programa maestro de producción en necesidades reales de componentes, con fechas y cantidades. (López, 2019).

Según López, el principal objetivo del MRP es determinar los requerimientos de la demanda discreta de cada componente en cada bloque de tiempo, los sistemas que operan bajo principios del MRP son conocidos también como sistemas de empujar o Push.

Para Flores y Ruiz (2016), sus características principales son:

- Está basado en el plan agregado de producción lo cual lo hace prospectivo.
- Incluye la programación maestra de producción, la planificación a largo plazo y el control de capacidades.
- Maneja de manera integrada toda la información, debido a las bases de datos y el sistema son unidos en todas las áreas de la empresa.
- Se maneja en tiempo real por que tiene terminales online. También tiene la capacidad de simular, de forma que permite determinar qué ocurriría si se produjeran ciertos cambios en las circunstancias de partida

1.7. Aprendizaje automático

Para Suárez, el aprendizaje automático es hacer que un ordenador adquiera cierto conocimiento de un dominio particular (2008, p. 5). Una metáfora habitual en el área del aprendizaje automático dentro de la Inteligencia Artificial es considerar la resolución de problemas como un tipo de aprendizaje que consiste una vez resuelto un tipo de problema en ser capaz de reconocer la situación problemática y reaccionar

usando la estrategia aprendida. (Moreno, Armengo, Béjar, Belanch, Cortéc, Gavaldà, Gimeno, López, Martín, Sánchez, 1994, p. 6)

1.7.1. Aplicaciones del aprendizaje automático en modelos de inventario

Para Daugherty, a medida que las empresas comienzan a explorar estas tecnologías, la implementación de un enfoque basado en la ciencia de datos para el pronóstico de inventario puede crear una gran ventaja para las organizaciones con visión de futuro. El aprendizaje automático puede ayudar a las empresas a predecir y optimizar la demanda y la reposición con mucha más precisión que los métodos elementales o manuales (2019)

Walker, continúa afirmando que, muchas empresas conocidas ahora utilizan el aprendizaje automático para optimizar los procesos comerciales de una manera que podría haberse considerado ciencia ficción hace 30 años, desde consultas de servicio al cliente hasta la planificación del suministro en el estante del próximo mes basado en datos satelitales. La gestión de la cadena de suministro y el inventario está preparada para incorporar el concepto de automatización inteligente en los próximos cinco a 10 años (2019)

1.8.Ciclo de desarrollo de sistemas de información

De acuerdo a Berzal (2006), cualquier sistema de información va pasando por una serie de fases a lo largo de su vida. Su ciclo de vida comprende una serie de etapas entre las que se encuentran las siguientes:

- Planificación
- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Pruebas
- Instalación o despliegue
- Uso y mantenimiento

Estas etapas son un reflejo del proceso que se sigue a la hora de resolver cualquier tipo de problema. En 1945, el matemático George Polya describió este proceso y describe la utilización de técnicas heurísticas en la resolución de problemas. Básicamente, resolver un problema requiere:

- Comprender el problema (análisis)
- Plantear una posible solución, considerando soluciones alternativas (diseño)
- Llevar a cabo la solución planteada (implementación)
- Comprobar que el resultado obtenido es correcto (pruebas)

Las etapas adicionales de planificación, instalación y mantenimiento que aparecen en el ciclo de vida de un sistema de información son necesarias en el mundo real porque el desarrollo de un sistema de información conlleva unos costes asociados (lo que hace necesaria la planificación) y se supone que, una vez construido el sistema de información, éste debería poder utilizarse (si no, no tendría sentido haber invertido en su desarrollo)

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN

En una primera instancia, se realizan consideraciones iniciales que permitan determinar el alcance de la propuesta del sistema de control de inventarios y considerar los riesgos posibles que pudiesen encontrarse.

2.1. Sector de aplicación

Se prevé inicialmente que pueda aplicarse al sector de producción y elaboración de embutidos cárnicos, de donde en base a información secundaria, se infirió en las siguientes características propias:

Tabla II-1

Análisis preliminar del sector de aplicación

Empresas	Tamaño promedio	Épocas de alta demanda	Productos ofrecidos	Producción
Conzelmann	Pequeña - mediana empresa	SEDES habilita 9 marcas de salchichas en Tarija, una semana antes de la celebración de San Juan (EL PAÍS, 2019)	Salchicha tipo Viena	Ejemplo. Salchichas. Materia prima es recibida temprano en la mañana, se procede al pesado y deshuese de las piezas de cerdo, se muele la carne y se prensa para el jamón y se extrusa para las salchichas. Se precocen hasta llegar a 70ºC y se procede al ahumado. Se coloca en recipientes contenedores. Fin de jornada día 1. Día 2: se emplea media jornada para el envasado de paquetes de salchicha (empaquetado manual). (LTA, 2018)
Bandy			Chorizo precocido	
El Rey			Chorizo criollo	
San Juan			Chorizo relleno	
Buen Gusto			Chorizo de freír	
Taller de alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS)		SENASAG autoriza 12 empresas para vender embutidos en Tarija, previa a la celebración de San Juan (EL PAÍS, 2018)	Salchicha ahumada de cerdo, pollo	
Ham Ham			Butifarra	
ZAV			Morcilla	
Hesse			Jamón cerdo, pollo	
			Tocino	
			Costillar ahumado	
			Charque de llama	

Nota: Esta tabla muestra las características generales del sector escogido. Elaboración propia

De lo suscrito anteriormente pueden inferirse dos cosas:

- La producción es rápida, la materia prima no se almacena, llega **"justo a tiempo"** para el inicio del requerimiento.
- Los requerimientos de material están programados para un día fijo, Se tiene estrecho contacto con proveedores.
- Los insumos pueden ser almacenados durante más tiempo, puesto que estos se encontraban dentro del almacén de productos.
- El tiempo de producción por lote se asume de dos días para los embutidos de consumo masivo como salchicha y chorizo.
- La época de mayor demanda en la ciudad es durante la celebración de San Juan, puesto que es un acompañamiento característico de la festividad. El producto estrella es la salchicha.

Tabla II-2

Características del sector

Sector	Producción secundaria
Razón	Producción y venta de embutidos
Tipo de producto	Alimentos procesados
Tamaño de empresa	Pequeña y mediana empresa
Periodo de planificación	Corto plazo
Característica de demanda	• Demanda Continua. • Periodos estacionales de demanda alta (festividades)
Característica de producto	Vida útil corta, imposibilidad de almacenar por periodos largos • Producto terminado sellado al vacío: 3 meses • Materia prima: Una semana • Insumos: 3 meses
Característica de producción	• Vida útil corta, imposibilidad de almacenar por periodos largos. Producto terminado sellado al vacío: 3 meses • Producción generalmente demora dos a tres días desde el pedido hasta empaquetado.
Tipo de revisión	Continua

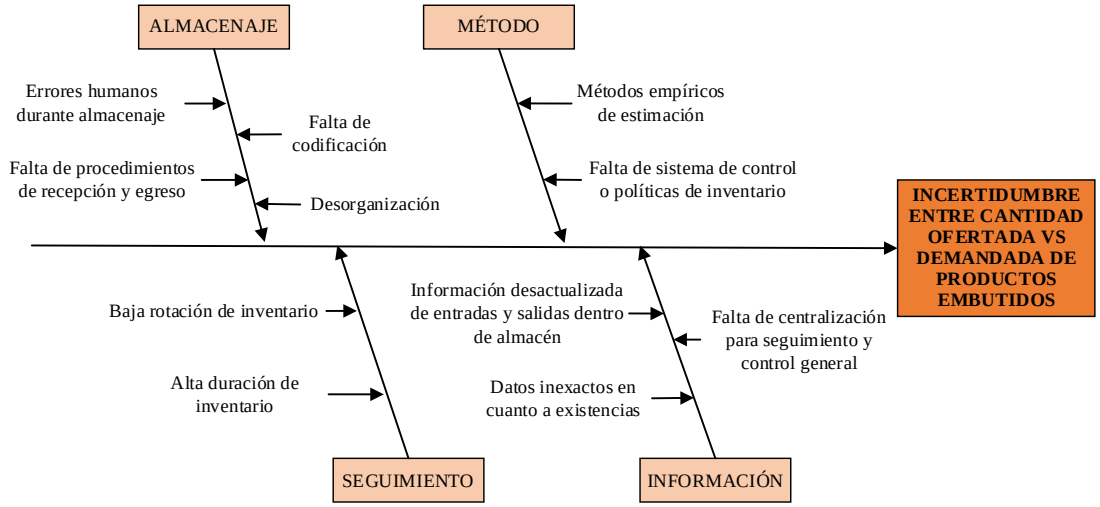
Nota: Esta tabla muestra las características identificadas dentro del sector aplicable escogido. Elaboración propia

2.2. Estimación de causas a minimizar con el sistema de control

En base al problema identifica en la sección INTRODUCCIÓN, Incertidumbre entre cantidad ofertada vs demandada de productos embutidos, se detallan sus causas en el siguiente diagrama, para poder enfocar la atención de diseño en minimizarlos.

Figura 2-1.

Diagrama de causas para la incertidumbre entre la cantidad ofertada vs demandada de productos embutidos



Nota: En la figura se muestra las consideraciones iniciales de causas que pueden incurrir en el problema principal de una empresa de embutidos cárnicos tipo que no maneje un sistema de control de inventarios. Elaboración propia

2.3. Riesgo

Luego de haber identificado preliminarmente lo que se desea realizar y al sector productivo beneficiado, se realiza un análisis general cualitativo en lo que respecta al nivel de riesgo, considerando como base una empresa tipo en cuyo caso hipotético no cuente con un sistema de control de inventario y desee aplicarlo.

Para ello se realiza un checklist cualitativo para determinar el nivel de confianza y riesgo de esta situación, indicando con una "X" en la casilla de RESPUESTA que corresponda.

Tabla II-3

Checklist inicial. Área de compra/venta

Nº	CONCEPTO	RESPUESTA		VALORACIÓN	
		SI	NO	POND.	CALIF.
1	¿Se autoriza la compra de los alimentos?		X	10	0
2	¿Se tiene un registro actualizado de las ventas de productos?	X		10	10
3	¿Se realiza una comparación de precios entre lotes ofrecidos de insumos de diversos proveedores para su selección?	X		10	10
4	¿Se consideran las restricciones de presupuesto/espacio de almacenamiento al determinar la cantidad de pedido de materia prima e insumos?	X		10	10
5	¿Se tiene una relación estrecha con los proveedores de materia prima?		X	10	0
			TOTAL	**50**	**30**

Nota: Esta tabla muestra las consideraciones cualitativas para la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario, indicando la fracción del cumplimiento de las consideraciones propuestas pro áreas respecto a la ponderación total de las mismas. Elaboración propia

Tabla II-4

Checklist inicial. Área de planificación

Nº	CONCEPTO	RESPUESTA		VALORACIÓN	
		SI	NO	POND.	CALIF.
1	¿Se elabora una planificación periódica de la demanda de productos ofrecidos?	X		10	10
2	¿Se elabora un plan maestro de producción periódico de productos ofrecidos, materia prima o insumos?		X	10	0
3	¿Se realiza un control y seguimiento a los ingresos o egresos de producto terminado, materia prima o insumos de almacén?		X	10	0
4	¿Existe un manual de funciones de usuario para un sistema de control de inventarios?		X	10	0
5	¿Se establece la cantidad mínima y de alerta de stock para insumos?		X	10	0
6	¿Se pide con anticipación los insumos antes de que se agoten?	X		10	10
			TOTAL	**60**	**20**

Nota: Esta tabla muestra las consideraciones cualitativas para la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario, indicando la fracción del cumplimiento de las consideraciones propuestas pro áreas respecto a la ponderación total de las mismas. Elaboración propia

Tabla II-5

Checklist inicial. Área de producción

Nº	CONCEPTO	RESPUESTA		VALORACIÓN	
		SI	NO	POND.	CALIF.
1	¿Se realiza una codificación para identificar los productos, materia prima e insumos?		X	10	0
2	¿Se realiza una categorización de productos en base a su rotación de inventario?		X	10	0
3	¿Se realiza un control del estado de materia prima o insumos al ingresar a almacén?	X		10	10
4	¿Se verifican los alimentos recibidos contra la orden de compra enviada?		X	10	0
5	¿Se registra diariamente la cantidad de materia prima o insumos que ingresan o egresan de almacén?	X		10	10
6	¿Se efectúa semanalmente el registro de saldos o cantidad en stock de productos, materia prima o insumos?		X	10	0
7	¿Se realiza un registro de los movimientos de inventario dentro de la empresa?		X	10	0
8	¿Se establece un estándar de ingreso, almacenamiento o despacho de productos?		X	10	0
9	¿Se establece un estándar para el retiro de productos, materia prima o insumos en mal estados?		X	10	0
			TOTAL	**90**	**20**

Nota: Esta tabla muestra las consideraciones cualitativas para la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario, indicando la fracción del cumplimiento de las consideraciones propuestas pro áreas respecto a la ponderación total de las mismas. Elaboración propia

Tabla II-6

Checklist inicial. Área de almacén

Nº	CONCEPTO	RESPUESTA		VALORACIÓN	
		SI	NO	POND.	CALIF.
1	¿Se registran diariamente la cantidad de materia prima e insumos que se reciben de almacén para producción?		X	10	0
2	¿Se registra diariamente las unidades producidas en formulario de control y seguimiento?	X		10	10
3	¿Se establecen cantidades estándar de materia prima e insumos para la elaboración de cada producto ofrecido?	X		10	10
4	¿Se establecen tiempos estándar de producción para cada producto ofrecido?		X	10	0
			TOTAL	**40**	**20**

Nota: Esta tabla muestra las consideraciones cualitativas para la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario, indicando la fracción del cumplimiento de las consideraciones propuestas por áreas respecto a la ponderación total de las mismas. Elaboración propia

Tabla II-7

Nivel de riesgo inicial

ID	CONCEPTO	ÁREA				TOTAL
		COMPRA / VENTA	PLANIF.	PROD.	ALMAC.	
P	Ponderación total	50	60	90	40	240
C	Calificación obtenida	30	20	20	20	90
NC	Nivel de confianza	60%	33%	22%	50%	38%
NR	Nivel de riesgo	40%	67%	78%	50%	63%

Nota: Esta tabla muestra las estimaciones cualitativas para el nivel de riesgo de la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario, indicando la fracción del cumplimiento de las consideraciones propuestas pro áreas respecto a la ponderación total de las mismas. Elaboración propia

Tabla II-8

Rangos de evaluación de nivel de riesgo

Nivel de confianza		Nivel de riesgo	
Numeral	**Literal**	**Numeral**	**Literal**
15 - 50%	Bajo	85 - 50%	Alto
51 - 75%	Moderado	49 - 25%	Moderado
76 - 100%	Alto	24 - 0%	Bajo

Nota: Esta tabla muestra los rangos de estimación del nivel de riesgo de la empresa tipo en lo que respecta a una evaluación preliminar de gestión de inventario. Elaboración propia

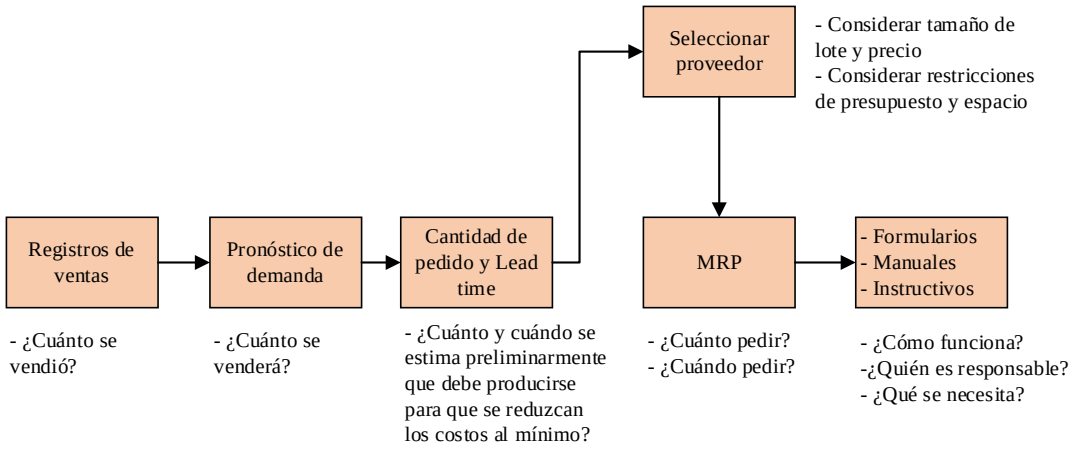
En base a los resultados obtenidos de la lista de verificación anterior, se concluye que una empresa tipo que no cuente o no maneje un sistema de control de inventario, incurre en un nivel de riesgo ALTO, que influye principalmente al área de producción y planificación, pues puede generarse situaciones de déficit de inventario de materias prima o insumos que les afecte negativamente o de exceso de inventario que genere costos adicionales de mantenimiento.

2.4. Alcance preliminar

Preliminarmente, se estima que el sistema de control pueda tener el siguiente alcance operacional:

Figura 2-2.

Alcance preliminar del sistema



Nota: En la figura se muestra las consideraciones iniciales que se tiene antes de entrar al análisis para el desarrollo del sistema de control. Elaboración propia

2.5. Factores identificados

En base a las consideraciones anteriores, se identifican los siguientes factores tanto para el sistema lógico como para el manejo del sistema:

Tabla II-9

Factores de diseño dentro del modelo de inventario

Factores dependientes	Cantidad óptima de pedido Demanda proyectada Nivel de inventario de seguridad Costo invertido en mantenimiento de inventario
Factores independientes	Costo de pedido Tiempo de pedido Demanda histórica Cantidad mínima de pedido

Nota: Esta tabla muestra los factores identificados dentro de un modelo de inventario. Fuente y Elaboración propia

Tabla II-10

Factores de operación dentro del modelo de inventario

Factores dependientes	Clasificación de productos Eficiencia en el uso del capital de trabajo
Factores independientes	Diagnóstico de situación Formularios de registro de producto, materia prima e insumos Control interno de entradas/salidas de almacén Toma física de inventario Estandarización de proceso de manejo del sistema de gestión de inventario propuesto

Nota: Esta tabla muestra los factores identificados dentro de un modelo de inventario. Fuente y Elaboración propia

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

ANÁLISIS

En este capítulo, se busca trazar una ruta metodológica a seguir. El enfoque principal a aplicar es el Ciclo de Desarrollo de Sistemas de Información. En esta propuesta se engloba en forma general la metodología a seguir, donde se observa que desde el CAPÍTULO II. PLANIFICACIÓN, se empieza a incurrir en el primer objetivo.

Tabla III-1

Matriz metodológica

Objetivo específico	Actividad	Método	Técnica de recolección de datos
Caracterizar la situación general de empresas dentro del sector de alcance que no apliquen un sistema de control de inventario	Reconocer las distintas situaciones que pueden generarse dentro del manejo de inventario	Análisis de documentos	Recolección de información
	Identificar el tipo de demanda considerada		
Determinar los requerimientos del sistema que permitan realizar decisiones sobre cuándo ordenar y cuándo, manteniendo los costos al mínimo.	Identificar el modelo de inventario adecuado de acuerdo al tipo de demanda considerada	Análisis de documentos	Recolección de información
	Análisis de las prácticas de empresas en la forma de almacenamiento y control de inventarios	Benchmarking	
Operacionalizar el sistema de control de inventario, considerando las características de la demanda del sector	Desarrollo del sistema de información que incorpore herramientas que puedan aplicarse para realizar decisiones de gestión	Práctico	Recolección de información
Contrastar teóricamente la diferencia en parámetros de inventario obtenidos antes y después de la aplicación del sistema	Verificación del funcionamiento del proceso lógico	Práctico	Recolección de información
	Generación de formularios de registro	Práctico	Indicador
	Comparación de situación de empresa "tipo" antes y después de aplicar el sistema de control de inventario	Análisis comparativo	Indicadores

Nota: Esta tabla muestra las variables identificadas dentro de un modelo de inventario. Fuente y Elaboración propia

3.1. Selección de variables y parámetros de indicación

En base a la identificación preliminar, se seleccionan las siguientes variables, buscando dimensionarlas con indicadores y parámetros de control cuantificables y manejables por la empresa.

Los parámetros indicados a continuación, responden a sugerencias que nacen del criterio empleado al plantear esta propuesta, para que puedan ser considerados por la empresa que desee aplicarla y en caso de requerirlo o desearlo, puedan ajustarlos de acuerdo a sus metas u objetivos específicos. A excepción de los parámetros de clasificación de productos, que nacen de la relación 80/20 establecida por Pareto, ajustada para clasificar los productos en estas tres categorías.

Tabla III-2

Selección de variables y parámetros de indicación. Parte 1

Variable	Instrumento	Indicador	Parámetros
Diagnóstico de situación	Checklist	Nivel de riesgo	< 30%
Clasificación de productos	Clasificación ABC	Porcentaje de participación	100% ≥ A > 80% 15% ≥ B > 5% 5% ≥ C > 0%
Eficiencia en el uso del capital de trabajo	Formulario de registro	Rotación de inventario	$1 \geq \%_{rotación} > 0{,}6$
		Duración de inventario	$10 \geq t_{duración} > 1$
		Deterioro de inventario	$2 \geq \%_{deterioro} > 0\%$
Formularios de registro de producto, materia prima e insumos	Formulario de registro	Nº actualizaciones de formularios por año	4 actualizaciones/año

Nota: Esta tabla muestra las variables dentro del sistema de control de inventario, junto a sus instrumentos de medición, indicadores y parámetros. Fuente y Elaboración propia

Tabla III-3

Selección de variables y parámetros de indicación. Parte 2

Variable	Instrumento	Indicador	Parámetros
Control interno de entradas/salidas de almacén	Formulario de registro	Número de formularios de registro con datos actualizados	$100\% \geq \%_{\text{plan. act.}} > 80\%$
		Porcentaje de diferencia entre registros digitales y físicos	$3\% \geq \%_{\text{dif.}} > 0\%$
Toma física de inventario	Formulario de registro	Nº formularios TFI llenas por año	4 formularios/año
Estandarización de proceso de manejo del sistema de gestión de inventario propuesto	Manual de procedimiento	Nº manuales de procedimiento por proceso	1 manual/proceso
	Manual de funciones de usuarios	Nº manuales de funciones por usuario	1 manual/usuario
Control de copia de seguridad de datos	Formulario de registro	Nº de copias de seguridad	1 copia/semana

Nota: Esta tabla muestra las variables dentro del sistema de control de inventario, junto a sus instrumentos de medición, indicadores y parámetros. Fuente y Elaboración propia

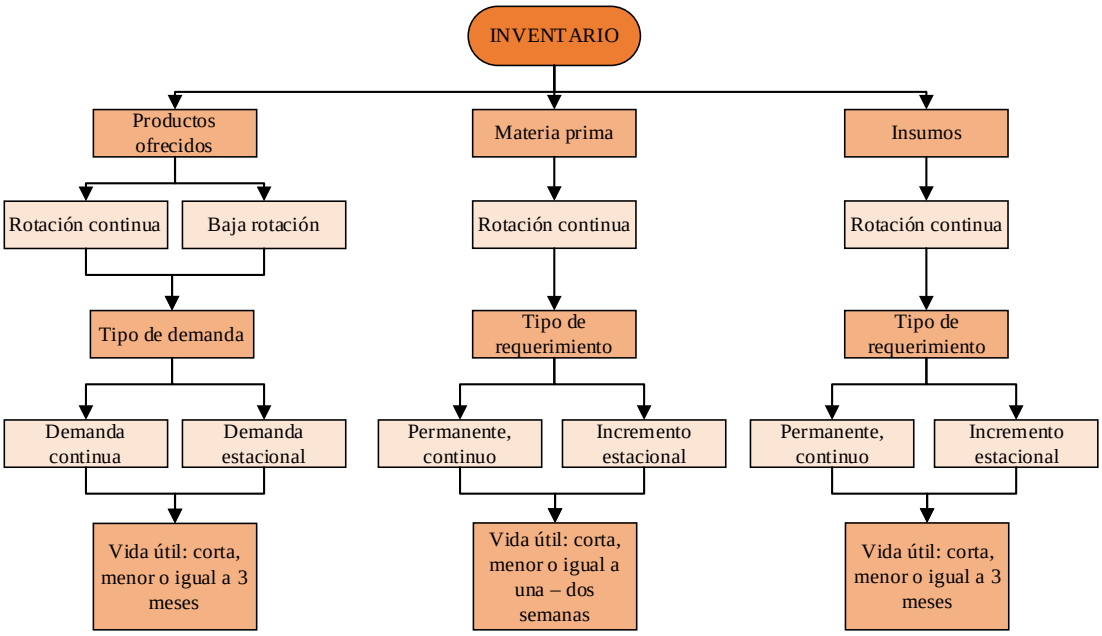
Seguidamente, en el Anexo 8 se detalla con mayor profundidad los indicadores propuestos en la tabla anterior, que buscan realizar un seguimiento y control al sistema de inventario propuesto.

3.2. Características de elementos dentro de inventario

En base al análisis preliminar, se identifican las siguientes características de inventario entro de la empresa tipo.

Figura 3-1.

Características identificadas dentro de inventario de empresa tipo



Nota: En la figura se muestra las características de los productos ofrecidos, materia prima e insumos dentro del inventario. Elaboración propia

3.3. Diseño preliminar

3.3.1. Identificación de Modelos

Se identifican los siguientes modelos de inventarios aplicables:

- Modelo EOQ – determinístico
- Modelo EOQ – probabilístico
- Modelos de control de inventarios:
    - Push
    - Pull

- Filosofía Just-in-Time

3.3.2. Selección del Modelo

A lo largo del año se tiene una demanda continua, evidenciándose periodos de demanda alta estacionales correspondientes a festividades en la región, como ser Fiestas de fin de año o Celebración de San Juan.

Bajo esta premisa, se tiene que existe una demanda mínima continua a lo largo del año, por lo que en estos periodos puede aplicarse un Modelo Push, donde se planifica la producción en base a una demanda estimada previamente de manera determinística (Modelo EOQ determinístico), además de analizar la demanda de los productos categorizados para poder aplicar un Modelo Pull en aquellos productos con menor participación y menor rotación, para poder realizar la producción en base a la demanda específica de los mismos (Modelo EOQ probabilístico).

Paralelamente, se propone aplicar la filosofía Just-in-Time en el sistema de inventario Pull, debido a la naturaleza de los productos y materia prima, pues al tratarse de alimentos no pueden ser almacenados durante mucho tiempo y debe preverse reducir este tiempo al mínimo posible. Mientras que para el sistema Push, se propone un Plan de Requerimiento de Materiales, MRP.

Tabla III-4

Selección del modelo de inventario

	Características	**Modelo**	**Sistema**	**Filosofía de pedido**	**Sistema general de inventario**
Productos ofrecidos	Demanda continua	EOQ Determinístico	Sistema Push	MRP	Sistema híbrido Push/Pull
	Demanda estacional	EOQ Probabilístico	Sistema Pull	Justo a tiempo	
Materia prima	Alimentos - Vida útil corta	EOQ Probabilístico	Sistema Pull	Justo a tiempo	
Insumos	Requerimiento continuo, posibilidad de almacenaje por periodos de hasta 3 meses	EOQ Determinístico / Probabilístico	Sistema Push/Pull	MRP / Justo a tiempo	

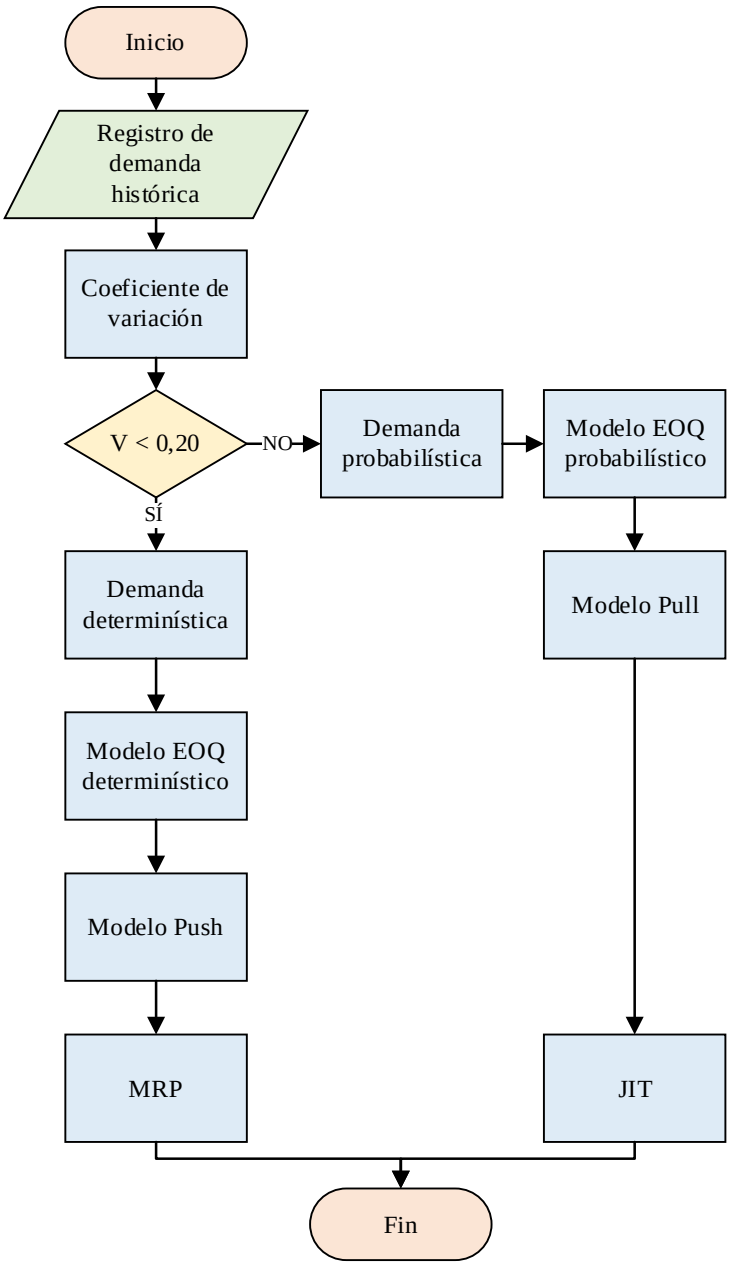
Nota: Esta tabla detalla las características y selección el modelo de inventario general y por producto,

materia prima e insumo dentro de almacén. Fuente y elaboración propia.

Finalmente, de forma lógica el modelo propuesto escogido se resume en la figura siguiente, tomando como base el coeficiente de variación de la demanda como punto de decisión del tipo de demanda del producto, materia prima o insumo.

Figura 3-2.

Sistema híbrido Push/Pull

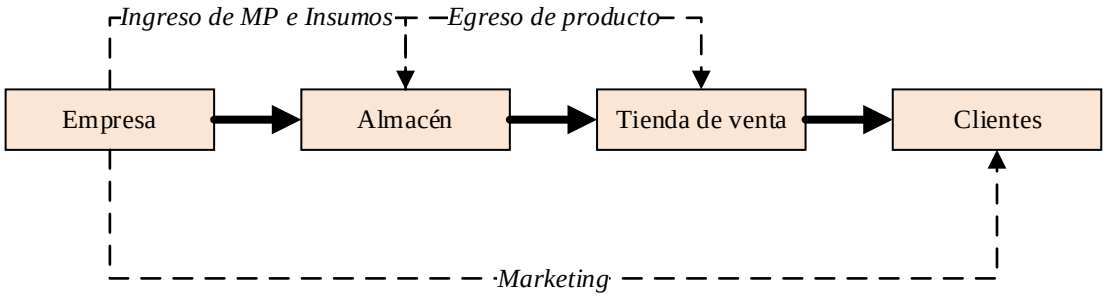


Nota: En la figura se muestra el modelo propuesto escogido, aplicando paralelamente la filosofía Just-in-Time en la gestión de recursos. Fuente y Elaboración propia.

El flujo de información dentro de los sistemas parciales push y pull propuestos se muestra a continuación, mostrando en el caso del sistema push que se tiene un flujo de izquierda a derecha, "de empuje" basándose en el pronóstico realizado en planificación y programando la requisición y producción en base a estos valores.

Figura 3-3.

Esquema de funcionamiento del sistema push parcial propuesto

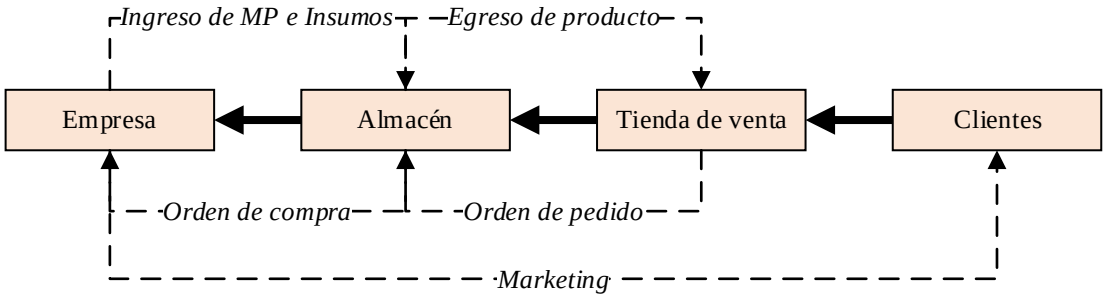


Nota: En la figura se muestra la secuencia de flujo de información dentro del sistema propuesto. Elaboración propia.

En el caso del sistema pull, se tiene un flujo de derecha a izquierda, "de jalón" basándose en la demanda de los clientes, demostrando una alta adaptabilidad a variaciones de la misma por lo que se propone para materia prima y productos estacionales, donde se prefiere un menor tiempo de producción, bajo almacenaje de inventarios debido a su naturaleza por no poder almacenarlos por periodos intermedios o largos de tiempo, prefiriéndose por esto una producción basada en la demanda.

Figura 3-4.

Esquema de funcionamiento del sistema pull parcial propuesto

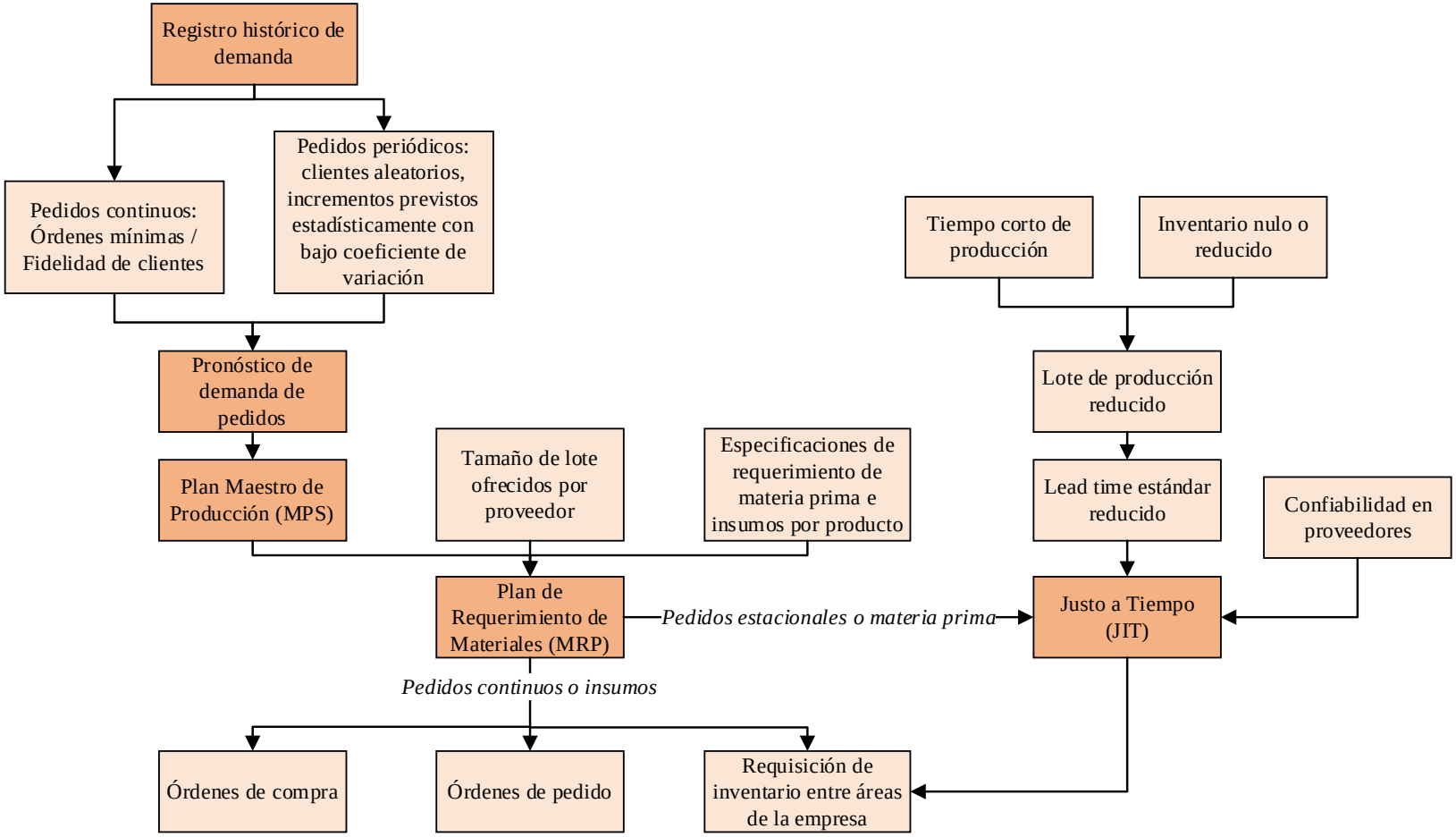


Nota: En la figura se muestra la secuencia de flujo de información dentro del sistema propuesto. Elaboración propia.

Seguidamente, se muestra el esquema del funcionamiento del sistema híbrido propuesto, señalando los respectivos flujos de información.

Figura 3-5.

Esquema de funcionamiento del sistema híbrido propuesto



Nota: En la figura se muestra la secuencia de flujo de información dentro del sistema propuesto. Elaboración propia

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1. Descripción

El sistema de control de inventarios está conformado por un conjunto de formularios para el control de las existencias de producto terminado, materia prima e insumos dentro de la empresa de embutidos, en donde se reunirá la información detallada con respecto a entradas y salidas que se generan en almacén y ventas.

El diseño de la interfaz de los usuarios queda a criterio de los analistas encargados de la programación del sistema, tomando en cuenta las preferencias y especificaciones de Gerencia General.

4.2. Alcance

El sistema es aplicable al sector de producción y venta de embutidos, a empresas pequeñas que busquen realizar una planificación a corto plazo.

Este sistema interconecta el sector de planificación, producción, compras, almacén y ventas de la empresa.

4.3. Datos a controlar mediante el sistema propuesto

4.3.1. Introducción de los datos en el sistema, mantenimiento

Para empezar a crear la base de datos del sistema, se deben introducir los datos de cada producto, materia prima e insumo almacenado, como:

- Código de verificación
- Unidad
- Registros históricos de demanda
- Precio de venta
- Costo unitario

El sistema debe de estar provisto de información actualizada respecto a:

- Entregas de materia prima e insumos a producción
- Entradas y salidas de producto terminado de almacén

Por ello, se requiere que se registre la información en el formulario respectivo al momento de realizar la operación.

4.3.2. Información sobre compras

- Datos generales de los proveedores
- Datos de los tiempos de aprovisionamiento de cada proveedor.
- Datos de los tiempos de tránsito de la mercadería.
- Datos de los costos de compra de lote de insumos o materia prima.

4.3.3. Ventas

- Ventas realizadas y registradas durante el día (ayuda a mantener actualizados los registros de demanda para la realización de pronósticos en planificación)

4.3.4. Inventarios

- Inventario de producto terminado en almacén.
- Inventario de producto terminado en oficina de ventas.
- Inventario de materia prima e insumos en almacén.
- Inventario de productos en proceso.

4.4. Parámetros considerados en el sistema

4.4.1. Registro inicial

Inicialmente, como se identifica la probabilidad de que exista una información desactualizada de entradas y salidas dentro de almacén de la empresa de embutidos o que se presenten datos inexactos en cuanto a existencias, se propone mantener un registro de movimiento de inventario dentro de almacén, para cuantificar cuantos productos ingresan desde producción, ya sea salchichas, chorizos, mortadela, jamón u otro tipo de embutido y también cuánto de esa cantidad egresa hacia tienda (sector de ventas) para ser ofrecidos a los consumidores finales.

Así mismo, se registran los movimientos de los insumos necesarios para la elaboración de los mismos (aditivos, conservantes, polifosfatos, emulsificantes u otros que se requieran según las especificaciones de cada embutido producido dentro de la empresa), ya sea ingresando después de su compra o egresando al área de producción para que junto con la materia prima sufran el proceso de transformación necesario para resultar en embutidos aptos para su comercialización y consumo.

Con este fin, se propone una serie de formularios de registro inicial que sirvan como herramientas para que la empresa de embutidos pueda mantener un registro de la situación inicial que tiene en cuanto a existencias en inventario y de esta forma continuar con el control y registro sistemático propuesto, que se detalla de mejor manera en los acápites posteriores.

El primer paso consiste en registrar la información básica de los productos ofrecidos y materia prima e insumos almacenados, por lo que se proponen FORMULARIOS DE REGISTRO (ver 5.2.1.1. Formularios de registro inicial, Anexo 3.2 FRG-01 FORMULARIO DE REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS y Anexo 3.3 FRG-02 FORMULARIO DE REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS) para tal fin, junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.2 IN-02 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS).

Se requiere planificar el registro inicial de inventario (designación de día a ejecutarla, recursos logísticos y humanos para conteo inicial de inventario), por lo que se propone preparar el área de inventario ordenando físicamente el producto terminado, materia prima e insumos para facilitar su conteo, codificarlo, realizar el conteo (bajo supervisión), registrar los valores en formulario y retirar aquel inventario que se encuentre en mal estado.

Para estandarizar este proceso, se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTOS para el mismo (ver Anexo 5.2 MP-01 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE REGISTRO INICIAL DE INVENTARIO).

4.4.1.1. Codificación de inventario

Para la identificación única de cada producto, materia prima o insumo dentro de almacén, se propone una FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.1 COD-01 FORMULARIO DE CODIFICACIÓN), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (Anexo 6.1 IN-01 INSTRUCTIVO DE CODIFICACIÓN DE INVENTARIO). La codificación se realiza mediante tres divisiones: Grupo, subgrupo y variedad.

Se sugiere la siguiente clasificación:

a) Grupo

- Separar producto terminado según tipo de carne empleada como materia prima (res, pollo, cerdo).
- Separar materia prima e insumos en dos grupos distintos.

b) Subgrupo

- Separar producto terminado según tipo de producto (por ejemplo, salchicha, chorizo, morcilla, jamón, mortadela, tocino, salame, butifarra, costillar ahumado, etc.).
- Para materia prima e insumos, indicar sus nombres (por ejemplo, carne de res, carne de pollo, carne de cerdo, arroz, queso y otros).

c) Variedad

- Indicar las distintas variedades que un producto puede ofrecer (por ejemplo, para chorizo: criollo, alemán, precocido, picante, relleno, etc.)
- Para materia prima e insumos, indicar “00” si no poseen más de una variedad.

El código de identificación resulta de concatenar los cinco dígitos resultantes de la clasificación, por ejemplo:

Código: 10102 -> **Concepto:** Variedad 2 del Subgrupo 2, del Grupo 1

4.4.1.2.Registro de información básica

Para el registro de la información básica de cada producto, materia prima o insumo dentro de almacén, se proponen FORMULARIOS DE REGISTRO (ver 5.2.1.1. Formularios de registro inicial, Anexo 3.4 FRG-03 FORMULARIO DE REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA, Anexo 3.6 FRG-04 FORMULARIO DE REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK, Anexo 3.7 FRG-05 FORMULARIO DE REGISTRO DE PRODUCTOS EN PROCESO, Anexo 3.8 FRG-06 FORMULARIO DE REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK, Anexo 3.9 FRG-07 FORMULARIO DE DETALLE DE INVENTARIO), junto a su respectivos INSTRUCTIVOS de llenado (ver Anexo 6.3 IN-03 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA, Anexo 6.5 IN-05 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK, PRODUCTOS EN PROCESO Y MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK, Anexo 6.6 IN-06 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE DE INVENTARIO). Cada formulario cuenta en el encabezado con la identificación de la empresa y un código único, para su registro adecuado:

- Identificación de la empresa: logotipo y nombre
- Características del formulario: versión, fecha de elaboración
- Código único de identificación y número de páginas

Los datos de código y concepto están ligados al punto “Codificación”. Revisar que los nombres de productos terminados, materias primas o insumos estén correctamente designados

- Llenar los datos de unidad de medición
- Llenar datos de tiempo de producción

Para el formulario de demanda histórica, especificar los valores históricos de demanda de los distintos productos ofrecidos por la empresa

4.4.1.3.Clasificación de inventario

Para segregar los productos de venta continua, Se propone una Clasificación ABC bajo el criterio 20/80: El 20% de los productos genera el 80% de las ventas"

Para ello se propone un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.5 COD-02 FORMULARIO DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.4 IN-04 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO).

De acuerdo a la demanda característica del sector de aplicación, se considera que los productos de clase A se manejarán bajo un pronóstico y modelo de inventario determinístico, los de clase C bajo un pronóstico y modelo de inventario probabilístico y los de clase B incurrirán dentro de ambos modelos, dependiendo de la variación presente en su demanda histórica.

Para mostrar un formulario resumen de inventario, se determinan los niveles de alerta y niveles mínimos de stock para cada producto.

4.4.1.4.Registro de datos de costos de pedido y mantenimiento de inventario

Para el registro de datos de costos de pedido y mantenimiento de inventario, se propone el FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.10 FRG-08 FORMULARIO DE DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.7 IN-07 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO).

Considerando las características del sector de alcance, se especifican datos de costos que incurren al momento de realizar un pedido o mantener el inventario como datos de entrada. Los parámetros de costos de pedido y mantenimiento de inventario se calculan en base a las relaciones detalladas en CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO, conocidos como las salidas del formulario.

4.4.2. Planificación de producción

Al detectarse en el análisis del segundo capítulo que existe una tendencia a utilizar métodos empíricos de estimación de demanda futura para la venta de embutidos en general, apoyándose en los registros de los últimos periodos netamente, se considera como una oportunidad el emplear métodos aritméticos-estadísticos para la estimación de demanda futura y la determinación de parámetros óptimos de inventarios dentro de estas mismas empresas de embutidos. Por ello se proponen la siguiente serie de planillas de registro, para que sirvan de herramientas para el control y registro sistemático de la materia prima e insumos que requieren para producir embutidos.

Para realizar una adecuada planificación, se debe ingresar datos sobre los parámetros requeridos para la estimación de cantidades de pedido y tiempos de pedido, basándose en pronósticos específicos para cada tipo de demanda que se tenga en los productos ofrecidos, estimar los parámetros óptimos de pedido, seleccionar proveedor en base a precio, presupuesto y espacio disponible de almacenamiento y realizar el Plan Maestro de Producción y el Plan de Requerimientos de Materiales, para el sistema push.

Por lo expuesto anteriormente, se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTOS (ver Anexo 5.3 MP-02 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN).

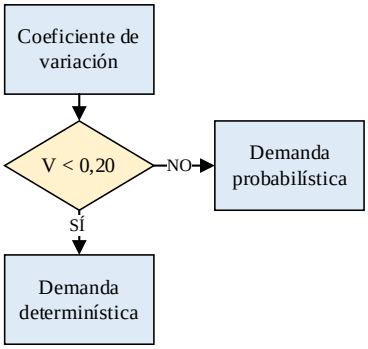
4.4.2.1.Pronóstico de demanda

En base a los datos ya introducidos de Código, Concepto, Unidad y Demanda – Periodo, se determinan los siguientes atributos:

- Coeficiente de variación: Relación de la media entre la desviación estándar calculada, cuyo valor numérico indica el tipo de demanda analizada
- Tipo de demanda: Indica si la demanda es de tipo determinístico o probabilístico

Figura 4-1.

Determinación del tipo de demanda



Nota: En la figura se muestra la selección el tipo de demanda para seleccionar el modelo de inventario que mejor se adecúe a ella. Fuente y Elaboración propia.

Para el pronóstico de demanda, se plantean tres tipos de ajustes, mostrados a continuación:

Tabla IV-1

Tipos de pronóstico

Modelo	Fórmula	Descripción
Promedios móviles	$P_{t+1} = D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \ldots + D_n$	Consiste en calcular el promedio de la demanda de los últimos "t" periodos más recientes
Regresión lineal simple	$Y = a + b * X$	Ajusta una recta a los datos pasados. La técnica de ajuste más común es la de los mínimos cuadrados.
Factor estacional	Pronóstico = Tendencia * Factor $_{estacional}$	Relación entre efectos estacionales y de tendencia al mismo tiempo sobre la demanda
Regresión aditiva	$y_{(t)} = g_{(t)} + h_{(t)} + s_{(t)} + e_t$	Mide la influencia de covariables, en una variable llamada respuesta o variable independiente.
Redes de gran memoria de corto plazo	$z_t = f(W^0 * x_t)$	Redes con bucles que permiten que la información persista

Nota: Esta tabla muestra los tipos de pronóstico disponibles para seleccionar de acuerdo a la dispersión de datos. Elaboración propia

Los datos históricos son procesados según el tipo de pronóstico seleccionado, en base a las relaciones detalladas en CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO. Para facilitar esta selección, debajo se muestra gráficamente las relaciones demanda vs tiempo, entre datos reales y los tipos de pronóstico para poder observar cuál es el más preciso.

Para esto, se propone el FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.11 FPL-01 FORMULARIO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA, Anexo 3.4.1 FRG-03.1 FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS) para tener un mejor manejo dentro de la base de datos y control, junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.8 IN-08 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE PRONÓSTICO DE DEMANDA, IN-26 INSTRUCTIVO DE MANEJO DE SOFTWARE COMPLEMENTARIO y Anexo 6.3.1 IN-03.1 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS).

Además, para el pronóstico por regresión aditiva, se empleará Prophet, un algoritmo de código abierto programado en Python, que permite realizar análisis de series de tiempo mediante el modelo de regresión aditivo, considerándolo para el pronóstico semanal de ventas, bajo la condición de que se tengan mínimamente los datos de ventas de dos años para poder analizar estacionalidad, tendencia y demás características del pronóstico.

Para el pronóstico por redes de gran memoria de corto plazo (LTSM), se empleará Keras y Tensorflow, donde Keras es una biblioteca de redes neuronales mientras que TensorFlow es la biblioteca de código abierto para una serie de operaciones dentro del aprendizaje automático.

Por tanto, se propone un INSTRUCTIVO de manejo (ver Anexo 6.26 IN-26 INSTRUCTIVO DE MANEJO DE SOFTWARE COMPLEMENTARIO).

Debido a la naturaleza de funcionamiento de las herramientas planteadas para la estimación de la demanda futura, se divide el ejemplo en dos casos, dependiendo de la cantidad de datos históricos registrados con los que se cuenten.

Cuando se tiene gran cantidad de datos históricos, se puede aplicar el pronóstico de regresión aditiva mediante Prophet, puesto que éste trabaja mejor con mayor cantidad de datos, recomendándose emplear una cantidad superior a 100 entradas (lo que podría corresponder a un registro de ventas semanales de salchichas en un periodo de dos años, por ejemplo). En cambio, los métodos de promedios móviles, Regresión lineal, Coeficientes estacionales y LSTM pueden trabajar eficientemente con una menor cantidad de datos de entrada (por ejemplo, registros de ventas mensuales durante el mismo periodo del ejemplo anterior)

4.4.2.2.Parámetros óptimos de inventario - Productos de venta continua - Insumos

Se propone un modelo EOQ determinístico de inventario para productos de venta continua o insumos, pertenecientes a la categoría A y algunos productos de categoría B probablemente, puesto que estos pueden ser almacenados por periodos cortos, pero no tan reducidos como alimentos sin procesar (materia prima). Además, se tiene baja variación en el ajuste de datos.

Para ello, se propone un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.12 FPL-02 FORMULARIO DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA – INSUMOS), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.9 IN-09 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA – INSUMOS).

En base a la información ya introducida previamente a la base de datos, se tiene las siguientes entradas y salidas en el formulario de control, junto a las relaciones detalladas en el CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.

Tabla IV-2

Entradas y salidas en el modelo de inventario para productos de venta continua e insumos

	Concepto	Simbología	Fórmula	Descripción
Entradas	**Leasing time [semanas]**	L	-	Tiempo en que demora en llegar un pedido
	Costo de ordenar un pedido [Bs]	K	-	Costo en bolivianos que se paga al realizar un pedido
	Costo anual de mantener una unidad de inventario [Bs/unid]	h	-	Costo en bolivianos que se paga para mantener almacenada una unidad de materia prima, insumos o producto terminado
Salidas	**Cantidad económica de pedido [unid]**	q*	$q^* = \sqrt{\frac{2 * K * D}{h}}$	Cantidad que genera el costo mínimo de mantenimiento de inventario
	Número óptimo de pedidos al año	N*	$N^* = \frac{D}{q^*}$	-
	Longitud de ciclo óptimo de inventario [semanas]	T*	$T^* = \frac{1}{N^*}$	Tiempo entre la realización de un pedido y otro
	Punto de reorden [unid]	R*	Si L < T*, $R^* = L * D$ Si L > T*, $R^* = L * D - m * q^*$ Si L = T*, realizar el pedido cada vez que el inventario se agota	Cantidad de unidades de inventario en las que debe realizarse un nuevo pedido para evitar desabastecimiento
	Costo total ordenando la cantidad óptima de pedido [Bs/año]	CT*	$C_{(q)} = K * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2}$	-

Nota: Esta tabla muestra los datos de salida al determinar parámetros de modelo de inventario. Elaboración propia

4.4.2.3.Parámetros óptimos de inventario - Productos de venta estacional – Materia prima

Se propone un modelo EOQ probabilístico de inventario para productos de venta estacional, pertenecientes a la categoría C y algunos productos de categoría B probablemente, o materia prima, puesto que estos no pueden ser almacenados por periodos largos, puesto que al tratarse generalmente de alimentos sin procesar (materia prima) o de productos estacionales, se puede llegar a tener mayor dispersión de datos en el ajuste. En base a la información ya introducida previamente a la base de datos, se tiene las siguientes entradas y salidas en el formulario de control, junto a las relaciones detalladas en el CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Para ello, se propone un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.13 FPL-03 FORMULARIO DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.10 IN-10 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA).

Cabe mencionar que, debido a la naturaleza de los productos y materia prima, se obvia la presencia de un inventario de seguridad permanente, puesto que son productos de poca rentabilidad y resulta cuestionable mantener permanentemente el stock almacenado de los mismos.

Tabla IV-3

Entradas y salidas en el modelo de inventario para productos de venta continua e insumos

		Concepto	Simb.	Fórmula	Descripción
Entradas		**Demanda anual [unid/año]**	D	-	-
		Desviación estándar [unid]	σ	-	Desviación estándar de pronóstico de demanda
		Leasing time [semanas]	L	-	Tiempo en que demora en llegar un pedido
		Costo de ordenar un pedido [Bs]	K	-	Costo en bolivianos que se paga al realizar un pedido
		Costo anual de mantener una unidad de inventario [Bs/unid]	h	-	Costo en [Bs] que se paga para mantener almacenada una unidad de materia prima, insumo o producto terminado
Salidas	**Pedidos repetitivos**	**Cantidad económica de pedido [unid]**	q*	$q^* = \sqrt{\frac{2 * K * D}{h}}$	Cantidad que genera el costo mínimo de mantenimiento de inventario
		Número óptimo de pedidos al año	N*	$N^* = {}^{D}/_{q^*}$	-
		Longitud de ciclo óptimo de inventario [semanas]	T*	$T^* = \frac{1}{N^*}$	Tiempo entre la realización de un pedido y otro
		Punto de reorden [unid]	R*	$R^* = L * d + Z * \sigma_L$	Cantidad de unidades de inventario en las que debe realizarse un nuevo pedido para evitar desabastecimiento
		Costo total ordenando la cantidad óptima de pedido [Bs/año]	CT*	$C_{(q)} = K * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2}$	-
	Pedido único	**Cantidad económica de pedido [unid]**	q*	$q^* = q + Z * \sigma_L$	Cantidad que genera el costo mín. de manten. de inventario
		Costo total ordenando la cantidad óptima de pedido [Bs/año]	CT*	$C_{(q)} = K * \frac{D}{q} + h * \frac{q}{2}$	-

Nota: Esta tabla muestra los datos de entrada y salida al determinar parámetros de modelo de inventario.

Elaboración propia

4.4.2.4.Plan Maestro de Producción (MPS) por producto

El Plan Maestro de Producción es requerido para estimar cuándo se debe realizar un pedido de producto para producirlo y que pueda llegar en la fecha estimada de demanda del mismo y cuánto debe ordenarse.

Para definir el MPS se importa la siguiente información de la base de datos:

- Los datos código, concepto y unidad son importados del formulario REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS
- Inventario disponible: Importar de última entrada del formulario CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS
- Tamaño de lote: Registrar con cantidad producida del producto en cuestión y Tiempo de espera: Importar de producto indicado en los formularios PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA – INSUMOS y PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA

Sección de planificación de producto:

- Pronóstico: Importado de formularios de PRONÓSTICO DE DEMANDA
- Pedidos registrados: Importado de sección salida de formulario CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS
- Inventario disponible proyectado: determinado por formulario, en base a la relación:

Para periodo 1:

$$Inv_n = Cantidad\ disponible + C_{MPS} - pedidos \qquad \text{(Ec. IV-1)}$$

Donde:

Inv_n : Inventario total disponible proyectado al final de la semana

C_{MPS} : Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

Para periodo 2 y superiores:

$$Inv_n = Inv_{n-1} + C_{MPS} - d_n \quad \text{(Ec. IV-2)}$$

Donde:

Inv_n : Inventario total disponible proyectado al final de la semana

Inv_{n-1} : Inventario disponible al final de la semana pasada

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

d_n: Requerimientos proyectados para esta semana

- Cantidad en MPS, inicia por defecto con el valor cero, puede ser editado según requerimiento. determinado por formulario, en base a la relación:

$$Si \quad Inv_{n-1} < d_n \quad ; \quad Pedir\ C_{MPS} \quad \text{(Ec. IV-3)}$$

Donde:

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

$Inv_{n-1:}$ Inventario disponible al final de la semana pasada

d_n: Requerimientos proyectados para esta semana

- Inicio del MPS: por defecto funciona con un tiempo de espera de 1 semana, puede ser editado según requerimiento. determinado por formulario, en base a la relación:

$$Si \quad Periodo_{n+1}\ requiere\ C_{MPS} \quad ; \quad Iniciar\ C_{MPS} \quad \text{(Ec. IV-4)}$$

Donde:

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

$Periodo_{n+1:}$ Periodo de la semana siguiente

- Inventario promesa: editar según tiempo entre inicio de MPS. Por defecto llega en 4 semanas, determinado por formulario, en base a la relación:

$$Inv.promesa = C_{MPS} - \sum Pedidos\ hasta\ próximo\ C_{MPS} \qquad \text{(Ec. IV-5)}$$

Donde:

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

Para ello, se propone los FORMULARIOS DE REGISTRO (ver Anexo 3.16 MPS-100 FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES y Anexo 3.17 MPS-101 FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN POR PRODUCTO), junto a sus respectivos INSTRUCTIVOS de llenado (ver Anexo 6.13 IN-13 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES, Anexo 6.14 IN-14 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO).

4.4.2.5.Plan de Requerimiento de Materiales (MRP)

El Plan de Requerimiento de Materiales se emplea para conocer la cantidad de materia prima e insumos que se requerirá cada semana para la elaboración de los productos ofrecidos por la empresa. Ayuda de sobremanera a conocer el flujo de los materiales en inventario para la producción y realizar un seguimiento para conocer cuándo realizar un pedido a proveedor de nuevo.

Para definir el MRP se importa la siguiente información de la base de datos:

- Código y concepto: Importar datos de formulario REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS
- Inventario disponible: Importar de última entrada de formulario CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS

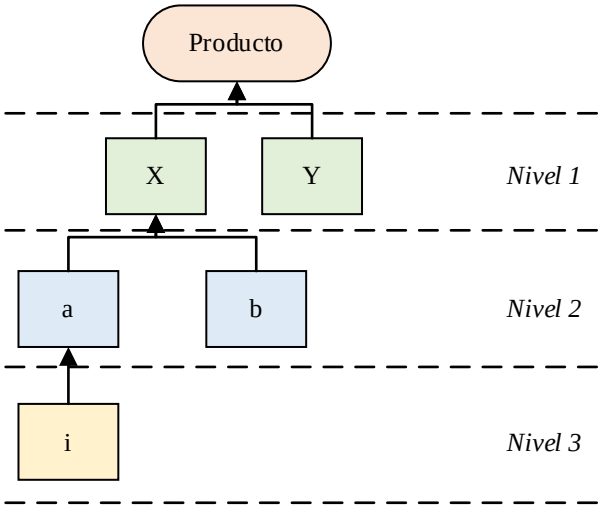
- Tamaño de lote: Registrar con cantidad producida del producto en cuestión, registrada y Tiempo de espera: Importar de producto indicado en formularios PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA – INSUMOS y PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA

Además, se requiere como información de entrada del sistema, enlistar datos de materia prima e insumos requeridos para fabricar el producto en cuestión, dentro de la sección Plan de Requerimiento De Materiales

- Cantidad para elaborar elemento padre: indicar la cantidad de elementos necesarios para la fabricación de una unidad de producto
- Nivel: indicar el nivel al que pertenece la materia prima o insumo en la elaboración del producto, de acuerdo a la figura siguiente:

Figura 4-2.

Determinación del nivel de categorización de la materia prima e insumos



Nota: En la figura se muestra la categorización de la materia prima e insumos dentro del proceso de fabricación del producto en cuestión para la estimación del MRP. Fuente y Elaboración propia.

Los atributos Pronóstico y Pedidos registrados son importados de los requerimientos de producto, ya registrados en la base de datos, correspondientes a los datos "Inicio de MPS", siendo ambos idénticos en magnitud.

Además, se determinan las siguientes relaciones para cada materia prima e insumos necesarios para la producción:

- Inventario disponible proyectado: determinado por formulario, en base a la relación:

Para periodo 1:

$$Inv_n = Cantidad\ disponible + C_{MPS} - pedidos \qquad \text{(Ec. IV-6)}$$

Donde:

Inv_n: Inventario total disponible proyectado al final de la semana

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

Para periodo 2 y superiores:

$$Inv_n = Inv_{n-1} + C_{MPS} - d_n \qquad \text{(Ec. IV-7)}$$

Donde:

Inv_n: Inventario total disponible proyectado al final de la semana

$Inv_{n-1:}$ Inventario disponible al final de la semana pasada

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

d_n : Requerimientos proyectados para esta semana

- Cantidad en MPS, inicia por defecto con el valor cero, puede ser editado según requerimiento. determinado por formulario, en base a la relación:

$$Si \qquad Inv_{n-1} < d_n \quad ; \quad Pedir\ C_{MPS} \qquad \text{(Ec. IV-8)}$$

Donde:

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

$Inv_{n-1:}$ Inventario disponible al final de la semana pasada

d_n: Requerimientos proyectados para esta semana

- Inicio del MPS: por defecto funciona con un tiempo de espera de 1 semana, puede ser editado según requerimiento. determinado por formulario, en base a la relación:

$$Si \quad Periodo_{n+1}\ requiere\ C_{MPS} \quad ; \quad Iniciar\ C_{MPS} \quad \text{(Ec. IV-9)}$$

Donde:

C_{MPS}: Cantidad que según el MPS debe haber al principio de esta semana

$Periodo_{n+1:}$ Periodo de la semana siguiente

Para ello, se convergen los cálculos con los realizados para el Plan Maestro de Producción (Punto 4.4.2.4), empleándose los mismos FORMULARIOS DE REGISTRO propuestos (ver Anexo 3.16 MPS-100 FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES y Anexo 3.17 MPS-101 FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN POR PRODUCTO), junto a sus respectivos INSTRUCTIVOS de llenado (ver Anexo 6.13 IN-13 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES, Anexo 6.14 IN-14 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO).

4.4.3. Selección de proveedores

Observándose una oportunidad para emplear un método aritmético de selección de proveedor de materia prima (cárnicos) o de insumos (aditivos, polifosfatos, emulsificantes, sal, etc.) en base al costo mínimo de inventario que generaría cada opción. Por ello se considera que una planilla de registro podría servir de herramienta para los cálculos, registros y control del costo que generaría cada lote ofrecido, con el fin de aportar con esta herramienta al Departamento de Compra/Venta a la facilitación del proceso de selección de proveedores.

Se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO del proceso de selección (ver Anexo 5.8 MP-07 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES), puesto que se considera necesario realizar una comparación de precios y cantidades de lote ofrecidos de distintos proveedores cada que se requiera el pedido de insumos para producción, puesto que permite realizar una decisión que permita mantener optar por aquel que ofrezca el precio más bajo, cumpliendo con las especificaciones requeridas al mismo tiempo. Para ello, el área de compa/venta sería responsable de tomar esta decisión y, además, considerar en el proceso las restricciones que haya respecto a presupuesto y espacio de almacenamiento disponible.

4.4.3.1.Selección de proveedores - Descuento por tamaño de lote

Para poder tomar una decisión y seleccionar el mínimo costo entre distintos proveedores y la diversidad de tamaños de lotes y precios ofrecidos, en base a una cantidad de pedido preliminarmente calculada, se aplica el modelo de inventario EOQ con descuento por tamaño de lote para determinar la cantidad óptima de pedido que genere el menor costo de inventario entre distintos lotes ofrecidos por un mismo proveedor, posteriormente se compara ese valor con los otros mínimos obtenidos de dos proveedores distintos y se seleccionan finalmente la cantidad optima que genere el menor costo entre los tres proveedores.

Se propone un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.14 FPL-04 FORMULARIO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE), donde se aplica la selección del proveedor que ofrezca el tamaño de lote que incursione en el costo más bajo de mantenimiento de inventario mediante el descuento por tamaño de lote, para tener un mejor manejo dentro de la base de datos y control y, además, se propone su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.11 IN-11 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE).

En base a la información ya introducida previamente a la base de datos, se tiene las siguientes entradas y salidas en el formulario, junto a las relaciones detalladas en el CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Tabla IV-4

Entradas y salidas en el modelo de inventario para selección de proveedores – descuentos por lote

<table>
<tr><th>Información importada de la base de datos</th><th>Datos de entrada de cotizaciones</th><th>Salida (1). Valores obtenidos por proveedor</th><th>Salida (2). Valores mínimos seleccionados entre los tres proveedores considerados</th></tr>
<tr><td>Código</td><td rowspan="3">Tamaño mínimo de lote: Cantidad mínima de unidades que llegan por lote vendido</td><td rowspan="3">Cantidad de pedido óptima: Cantidad de pedido a ordenar dentro del lote ofrecido que genere el menor costo de almacenamiento</td><td rowspan="3">N.º Prov.: Proveedor seleccionado como el que ofrece la materia prima e insumos a menor costo de almacenamiento</td></tr>
<tr><td>Concepto</td></tr>
<tr><td>Unidad</td></tr>
<tr><td>Demanda</td><td rowspan="2">Tamaño máximo de lote: Cantidad máxima de unidades que llegan por lote vendido</td><td rowspan="4">Costo total: Costo total de mantener el inventario ordenando la cantidad óptima de pedido</td><td>Cantidad óptima de pedido: que genera el menor costo de almacenamiento</td></tr>
<tr><td>Costo de pedido</td></tr>
<tr><td>Tasa de almacenamiento</td><td rowspan="2">Precio unitario: Precio cotizado por unidad de acuerdo a tamaño de lote</td><td rowspan="2">Costo total: Menor costo estimado de almacenamiento o</td></tr>
<tr><td>Cantidad preliminar</td></tr>
</table>

Nota: Esta tabla muestra los datos de entrada y salida al determinar parámetros del modelo de inventario.

Elaboración propia

4.4.3.2.Restricciones a considerar dentro del inventario

En algunas situaciones, no es posible almacenar la cantidad óptima de pedido dentro del almacén o su costo es mayor al que la empresa puede cubrir en ese momento, por lo tanto, se deben considerar estos dos factores al momento de realizar una decisión.

Se propone un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.15 FPL-05 FORMULARIO DE RESTRICCIONES EN INVENTARIO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.12 IN-12 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE RESTRICCIONES EN INVENTARIO).

Para ello se utilizan los coeficientes de Lagrange correspondientes a cada producto analizado, que permiten hallar las cantidades óptimas de pedido de cada producto de manera que no sobrepasen ni el presupuesto ni el espacio disponible en almacén.

En base a la información ya introducida previamente a la base de datos, se tiene las siguientes entradas y salidas en el formulario de control, junto a las relaciones detalladas en el CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Tabla IV-5

Entradas y salidas en el modelo de inventario con restricciones en inventario

Info. import. de la base de datos	**Datos de entrada de cotización y especificaciones de proveedor**	**Datos de salida de formulario de cálculo**	**Relaciones**
Código Concepto	Espacio ocupado por unidad, en m^2, por materia prima o insumo ordenado	Cantidad de pedido óptima a ordenar dentro del lote ofrecido que genere el menor, sin considerar restricciones:	$q^* = \sqrt{\frac{2 * K * D}{h + 2 * \lambda * j_i}}; \quad \lambda > 0$
Unidad Demanda	Precio unitario, en Bs, pagado por unidad de materia prima o insumo ordenado	Cantidad de pedido óptima a ordenar dentro del lote ofrecido que genere el menor, considerando restricciones	Determinada de hallar el mínimo valor que cumpla las dos restricciones $\sum j_i * q_i \leq J$ $\sum p_i * q_i \leq Presupuesto$
Costo de pedido		Costo total de compra, en Bs	$\sum p_i * q_i$
Tasa de almacenamiento		Espacio total ocupado, en m^2,	$\sum j_i * q_i$

Nota: Esta tabla muestra los datos de entrada y salida al determinar parámetros del modelo de inventario.

Elaboración propia

4.4.4. Control y seguimiento

Para realizar un control sistemático de las herramientas propuestas en los acápites superiores, se propone planillas de registro y manuales de procedimiento para que sirvan de herramientas para el área de almacén y realizar el seguimiento a la materia prima e insumos que tienen el almacén de la empresa de embutidos y el seguimiento a los productos embutidos cárnicos almacenados que ofrecen luego del proceso de transformación.

Para el control del sistema se plantean dos MANUALES DE PROCEDIMIENTO (ver Anexo 5.4 MP-03 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INVENTARIO y Anexo 5.12 MP-11 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO DE APLICACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO), puesto que se considera necesario realizar un seguimiento continuo para evaluar la performance del sistema, tanto en el nivel de existencias, su aplicación, como el uso del sistema lógico, para poder identificar posibles falencias o faltas que puedan generarse y poder realizar medidas correctivas aspirando reducirlas al mínimo posible mediante la mejora continua de los mismos.

4.4.4.1.Control de existencias en inventario

Es necesario mantener actualizada la base de saldos disponibles en inventario, con tal de tener un mejor control y seguimiento de los movimientos, por lo que se propone los FORMULARIOS DE REGISTRO (ver Anexo 3.18 FCT-01 FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS, Anexo 3.19 FCT-02 FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS, Anexo 3.20 FCT-03 FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL), junto a su respectivos INSTRUCTIVOS de llenado (ver Anexo 6.15 IN-15 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIOS DE CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS y Anexo 6.16 IN-16 INSTRUCTIVO DE

LLENADO DE FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL).

Para ello es necesario introducir los siguientes datos al sistema en cada movimiento que se realice:

- Fecha: Registrar fecha del movimiento de entrada o salida de inventario
- Código: Especificar el código del producto terminado, materia prima o insumo requerido

  Los parámetros Concepto y Unidad se importan desde formulario de REGISTRO DE PRODUCTOS
- Nº Fact/Orden: Especificar el número de factura de las materias primas o insumos entrantes o el número de orden de requisición del inventario en egreso
- Cantidad: Especificar la cantidad requerida de inventario, ya sea de entrada o salida
- Valor Unitario: Equivalente al precio unitario (en este caso se considera como valor para la empresa, puesto que es capital invertido, que se encuentra en almacenamiento y resguardo). Se importa automáticamente desde formulario DETALLE DE INVENTARIO
- Valor Total: Se determina el precio total, computándose automáticamente bajo la siguiente relación:

$$VT = q * VU \qquad \text{(Ec. IV-10)}$$

Donde:

VT: valor total

q: cantidad en movimiento

VU: valor unitario

- Saldos: Se contabilizan automáticamente, bajo la siguiente relación:

$$q_{saldos\ i} = q_{saldos\ i-1} + q_{entradas} - q_{salidas} \qquad \text{(Ec. IV-11)}$$

Donde:

$q_{saldos\ i}$: Cantidad de materia prima, insumos o producto disponible en almacén, perteneciente al movimiento actual

$q_{saldos\ i-1}$: Cantidad de materia prima, insumos o producto disponible en almacén, perteneciente al movimiento anterior

$q_{entradas}$: Cantidad de materia prima, insumos o producto que ingresa a almacén

$q_{salidas}$: Cantidad de materia prima, insumos o producto que egresa de almacén

Además, como una medida gráfica de control, en la sección "Saldos", parámetro "Cantidad", las celdas anuncian señales preventivas gráficas al rellenarse de color según los niveles de alerta y mínimo de inventario, gracias a condicionantes de color de acuerdo al valor que se tenga en stock disponible.

Como resguardo, se propone realizar una copia de seguridad de la base de datos de forma semanal, anotando los periodos en un FORMULARIO DE REGISTRO (ver Anexo 3.21 FRG-14 FORMULARIO DE REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD), formulando además su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.22 IN-22 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD).

4.4.4.2.Seguimiento a cumplimiento de indicadores

En el capítulo III, se establecieron trece indicadores para el desarrollo del sistema propuesto, de los cuales el Nivel de riesgo ya fue aplicado en las listas de verificación de la aplicación del sistema y Porcentaje de participación se emplea para la clasificación ABC de inventario.

Para el resto de indicadores, se plantean dos FORMULARIOS DE REGISTRO (Anexo 3.22 IND-01 FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES y Anexo 3.23 IND-02 FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES), junto a sus INSTRUCTIVOS de llenado respectivo (ver Anexo 6.23 IN-23 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES y Anexo 6.24 IN-24 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES), separándolas según su frecuencia y alcance de aplicación de análisis, de la siguiente manera:

Tabla IV-6

Separación de indicadores según su frecuencia y aplicación

Nº	Indicador	Frecuencia	Aplicación	Formulario
1	Rotación de inventario	Mensual	Por producto	SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES
2	Duración de inventario	Mensual	Por producto	
3	Deterioro de inventario	Trimestral	Global	SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES
4	Porcentaje de diferencia entre registros digitales y físicos	Trimestral	Global	
5	Nº de formularios de registro con datos actualizados	Trimestral	Global	
6	Nº manuales de procedimiento por proceso	Trimestral	Global	
7	Nº manuales de funciones por usuario	Trimestral	Global	
8	Nº de copias de seguridad	Trimestral	Global	
9	Nº formularios TFI llenas por año	Anual	Global	
10	Número de actualizaciones de formularios por año	Anual		

Nota: La tabla muestra el ordenamiento de los indicadores en formularios propuestas. Elaboración propia

Cabe mencionar que cada indicador será calculado matemáticamente según las relaciones expuestas en el CAPÍTULO II. PLANIFICACIÓN

Adicionalmente, se propone una gráfica de seguimiento que traza el porcentaje de los valores obtenidos para cada indicador respecto a la meta trazada vs tiempo, registrados como las fechas de los periodos de control.

4.4.4.3.Seguimiento a aplicación y uso del sistema de control

4.4.4.3.1. Aplicación integral del sistema de control

Se plantea realizar un seguimiento trimestral para identificar posibles falencias dentro del sistema o la falta de aplicación de algunos aspectos o el incremento del nivel de confianza del sistema en almacén. Para ello se propone una CHECKLIST (ver Anexo 3.24 CHK-01 FORMULARIO DE CHECKLIST – CONTROL Y MANEJO DE INVENTARIO) junto a su respectivos INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.25 IN-25 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE CHECKLIST).

Se registra una serie de preguntas para realizar el seguimiento por áreas de alcance del sistema y se indica con una "X" en la casilla de RESPUESTA que corresponda. Las áreas donde se aplica la lista son: Compra/venta, Planificación, Producción y Almacén.

Se especifica la PONDERACIÓN de cada punto, igual a 10, junto a la calificación correspondiente, colocando el 100% de ponderación en caso de respuesta positiva y 0 en el caso de una respuesta negativa y se opta por colocar en la casilla de calificación una respuesta de “FALTANTE” cuando no se registra ninguna respuesta, para evitar descuidos y no tener respuestas faltantes que puedan incidir en el porcentaje final determinado.

Posteriormente, se contabiliza en la parte inferior la suma total de ponderación y calificación correspondiente. Los siguientes parámetros son calculados por el formulario:

- Ponderación total (P_l): obtenido de la suma de ponderaciones ($\sum P_i$) de los aspectos considerados en la lista de seguimiento

$$Pond_{total} = \sum P_i \qquad \text{(Ec. IV-12)}$$

- Calificación obtenida (C): obtenido de la suma de calificaciones ($\sum C_i$) de los aspectos considerados en la lista de seguimiento

$$C = \sum C_i \qquad \text{(Ec. IV-13)}$$

- Nivel de confianza (NC): resultante de la relación de la calificación obtenida (C) entre la ponderación total (P)

$$NC = \frac{C}{P} \qquad \text{(Ec. IV-14)}$$

- Nivel de riesgo (NR): es el inverso del nivel de confianza (NC), resultante de la diferencia entre la unidad y este último

$$NR = 1 - NC \qquad \text{(Ec. IV-15)}$$

Para su evaluación, se plantean los siguientes rangos de nivel de riesgo, asumiendo que no se puede llegar a un 100%, puesto que por más que no se emplee un sistema de control de inventario que se rige bajo relaciones matemáticas, las empresas siempre emplearán un sistema de control básico, empírico en algunos casos, pero siempre llevarán un registro numérico de las entradas y salidas monetarias de la empresa.

Tabla IV-7

Rangos de evaluación de nivel de riesgo

Nivel de confianza		**Nivel de riesgo**	
Numeral	**Literal**	**Numeral**	**Literal**
15 - 50%	Bajo	85 - 50%	Alto
51 - 75%	Moderado	49 - 25%	Moderado
76 - 100%	Alto	24 - 0%	Bajo

Nota: Esta tabla muestra los rangos de porcentaje que clasifican el nivel de confianza y nivel de riesgo en tres niveles. Elaboración propia

Finalmente, la evaluación concluye con la determinación del nivel de riesgo en ese punto en el tiempo analizado.

4.4.4.3.2. Manejo del sistema lógico

Se plantea realizar un seguimiento trimestral para identificar posibles falencias dentro del sistema lógico o la falta de aplicación de algunos aspectos o el incremento del nivel de confianza del sistema en almacén. Para ello se propone una CHECKLIST (ver Anexo 3.25 CHK-02 FORMULARIO DE CHECKLIST - EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL) junto a su respectivos INSTRUCTIVOS de llenado (ídem a checklist anterior, ver Anexo 6.25 IN-25 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE CHECKLIST).

Se propone realizar un formulario similar al empleado en el punto anterior, con la diferencia de que en este caso se calcularía un novel de utilización (NU), resultante de la relación de la calificación obtenida (C) entre la ponderación total (P)

$$NU = \frac{C}{P} \qquad \text{(Ec. IV-16)}$$

Para su evaluación, se plantean los siguientes rangos de nivel:

Tabla IV-8

Rangos de evaluación de nivel de utilización

NIVEL DE UTILIZACIÓN	
Numeral	**Literal**
0 - 50%	Bajo
51 - 75%	Moderado
76 - 100%	Alto

Nota: Esta tabla muestra los rangos de porcentaje que clasifican el nivel de utilización en tres niveles. Elaboración propia

Finalmente, la evaluación concluye con la determinación del nivel de utilización el sistema lógico en ese punto en el tiempo analizado.

4.4.5. Manejo de inventario dentro del sistema

Como respuesta parcial al análisis realizado en el segundo capítulo, se plantean manuales de procedimiento de manejo de inventario dentro de la empresa de embutidos, que sirvan como herramientas para estandarizar estos mismos procedimientos y poder aportar a reducir la presencia de errores humanos durante el almacenaje, falta de procedimientos de recepción o egreso de materia cárnica o insumos especiales y desorganización en general.

4.4.5.1.Pedido de compra de materia prima e insumos

Para formalizar este registro de movimientos, se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTOS (ver Anexo 5.6 MP-05 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PEDIDO DE COMPRA DE MATERIA PRIMA E INSUMOS), un formulario de ORDEN DE PEDIDO (ver Anexo 3.27 FRG-10 FORMULARIO DE ORDEN DE PEDIDO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.19 IN-19 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE ORDEN DE PEDIDO), que sea enviada desde almacén hasta el área de compras, detallando especificaciones técnicas de materia prima o insumos requeridos y la cantidad requerida, para que desde el área de compras de emita una ORDEN DE COMPRA (ver Anexo 3.28 FRG-11 FORMULARIO DE ORDEN DE COMPRA), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.21 IN-21 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE ORDEN DE COMPRA) hacia proveedores, que sirve de constancia al momento de recibir los pedidos.

4.4.5.2.Toma física de inventario

Se propone realizar la toma física de inventario trimestralmente, debido al tamaño y tipo de sector considerado para la aplicación del sistema de control, puesto que no se tendrán grandes cantidades de inventario almacenado y, además, se trata con productos perecederos, por lo que se sugiere mantener un control y seguimiento a corto plazo constante, que permita verificar la información registrada en la base de datos, por la naturaleza de los productos almacenados.

Para esto se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO del proceso (ver Anexo 5.7 MP-06 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO). Adicionalmente, se propone un formulario de registro de TOMA FÍSICA DE INVENTARIO (ver Anexo 3.26 FRG-09 FORMULARIO DE REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.20 IN-20 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO).

4.4.5.3.Ingreso de materia prima e insumos a almacén

Al momento de arribo de pedido de materia prima e insumos a proveedor, es necesario contrastar la cantidad pedida registrada vs la cantidad física ingresante, por lo que se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO para este proceso (ver Anexo 5.9 MP-08 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INGRESO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS A ALMACÉN).

4.4.5.4.Almacenaje de materia prima, insumos y producto terminado

Para asegurar la conservación de la materia prima, insumos y productos almacenados, se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO (ver Anexo 5.10 MP-09 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO) para asegurar que este proceso sea realizado de forma estandarizada y con los cuidados respectivos, debido a la naturaleza de los productos que se mantienen en almacén.

Adicionalmente, se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO para el retiro del inventario en mal estado del almacén (ver Anexo 5.11 MP-10 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE RETIRO DE INVENTARIO EN MAL ESTADO DE ALMACÉN), con el fin de asegurar que no se mantengan junto a los productos en buen estado y tengan una disposición final correcta.

4.4.5.5.Egreso de inventario de almacén

Se propone un MANUAL DE PROCEDIMIENTO del proceso (ver Anexo 5.5 MP-04 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE EGRESO DE INVENTARIO DE ALMACÉN), junto a un FORMULARIO (ver Anexo 3.30 FRG-13 FORMULARIO DE COMPROBANTE DE EGRESO) que registre estos movimientos de salida del almacén, junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.18 IN-18 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE COMPROBANTE DE EGRESO).

Adicionalmente, se propone un FORMULARIO (ver Anexo 3.29 FRG-12 FORMULARIO DE REQUISICIÓN DE INVENTARIO), junto a su respectivo INSTRUCTIVO de llenado (ver Anexo 6.17 IN-17 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE SOLICITUD DE REQUISICIÓN DE INVENTARIO) para tener registro de las requisiciones de inventario dentro de las áreas de la empresa.

Se tiene dos tipos de egreso de inventario en almacén: Egreso de materia prima e insumos a producción y egreso de producto terminado hacia ventas.

Para el primer caso, se plantea llenar el formulario de REQUISICIÓN propuesto de materia prima e insumos que sea enviada al área de almacén desde el área de producción, se verifique la existencia de la cantidad requerida en el sistema de control y se emita un comprobante de egreso y se registre la salida en el formulario de control correspondiente.

Para el segundo caso, se plantea llenar el formulario de REQUISICIÓN propuesto de productos que sea enviada al área de almacén desde el área de ventas, se verifique la existencia de la cantidad requerida en el sistema de control y se emita un comprobante de egreso y se registre la salida en el formulario de control correspondiente.

4.4.5.6.Funciones de usuarios del sistema

Para el registro, manejo, seguimiento, control y mantenimiento del sistema es necesario establecer funciones que puedan realizar cada uno de los usuarios que lo empleen, por lo cual se proponen MANUALES DE FUNCIONES para cada uno de ellos (ver Anexo 4), para poder asignarlas a cada uno de ellos y puedan conocer las operaciones que pueden realizar dentro del sistema, además de evitar la repetición o confusión respecto a las mismas.

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL SISTEMA

Este capítulo aborda el diseño del Plan de Control y Seguimiento de Inventario propuesto para poder ser utilizado por una empresa dentro del sector de producción y ventas de embutidos.

Dentro de las empresas de este sector, se identifican principalmente los siguientes productos ofrecidos: Chorizo de pollo, Chorizo precocido, Chorizo parrillero, Chorizo de freír, Chorizo criollo, Chorizo relleno, Jamón de cerdo, Jamón de pollo, Salchicha tipo Viena, Salchicha de pollo, Butifarra, Morcilla y Mortadela. Dentro de los acápites posteriores, se refiere a los mismos sintetizándolos como "*productos terminados*", haciendo una distinción con dos etiquetas: *Productos de venta continua*, refiriéndose a aquellos que presentan una producción constante, como los embutidos de carne de cerdo (Chorizos, Salchichas) (analizados bajo las consideraciones del punto 4.4.2.2.) y *productos estacionales,* refiriéndose a aquellos que se producen por periodos discontinuos, como los productos derivados de pollo, cuya producción semanal es intermitente, por ejemplo (analizados bajo las consideraciones del punto 4.4.2.3.).

Además, se refiere como *materia prima,* a la carne de pollo o de cerdo con la que se elaborarán los productos, y como *insumos*, a las tripas (naturales o sintéticas), los aditivos (como sal, azúcar), conservantes, emulsionantes, polifosfatos y demás empleados según las especificaciones técnicas de cada producto que ofrecen, además de los materiales empleados en envasado (bolsas plásticas, hilos u otros). La materia prima se evalúa como un ítem de compra continua, por lo que su demanda se considera continua también puesto que se adquiere cada semana, según coordinación con el Matadero Municipal, para la producción de los embutidos, bajo las consideraciones del punto 4.4.2.2.; mientras que los insumos son considerados como un ítem de compra discontinua, pues du adquisición se realiza cada "n" meses (el periodo "n" dependiendo de la política de compra de la empresa, teniendo un promedio base considerado de 3 meses), por lo que su demanda se considera estacional y se determina según las consideraciones especificadas en el subtítulo 4.4.2.3.

Metodológicamente hablando, este capítulo responde al tercer objetivo específico planteado, donde se busca operacionalizar el sistema de control de inventario propuesto, considerando las características de la demanda del sector de embutidos, expuestas en el capítulo II y en los párrafos anteriores.

Siguiendo la matriz metodológica planteada en la tabla III-1 (Capítulo III), en este capítulo "Diseño del sistema", la principal actividad presente es el desarrollo del sistema de información que incorpore herramientas que facilite las decisiones de gestión que se deban tomar durante la compra de la materia prima cárnica e insumos y la cantidad y costo de almacenamiento de éstos y el de los productos embutidos terminados que se procesen en cada empresa de este sector.

Estas herramientas son las expuestas a lo largo del capítulo IV, que corresponden a las planillas de registro, instructivos y manuales de procedimiento detalladas en los acápites posteriores, todas planteadas en base a la información teórica planteada en el Capítulo I y en la información recolectada y analizada en los capítulos posteriores. Consecuentemente, se tiene los Instrumentos de recolección y procesamiento de información e Instrumentos de seguimiento, control y gestión.

Adicionalmente, para el manejo de dichos instrumentos, se propone tres niveles de usuarios (administrador, supervisor y operador) que puedan ejecutar funciones específicas dentro del sistema propuesto y se añaden detalles de instalación, control y seguimiento del sistema lógico.

5.1. Sistema lógico de la propuesta

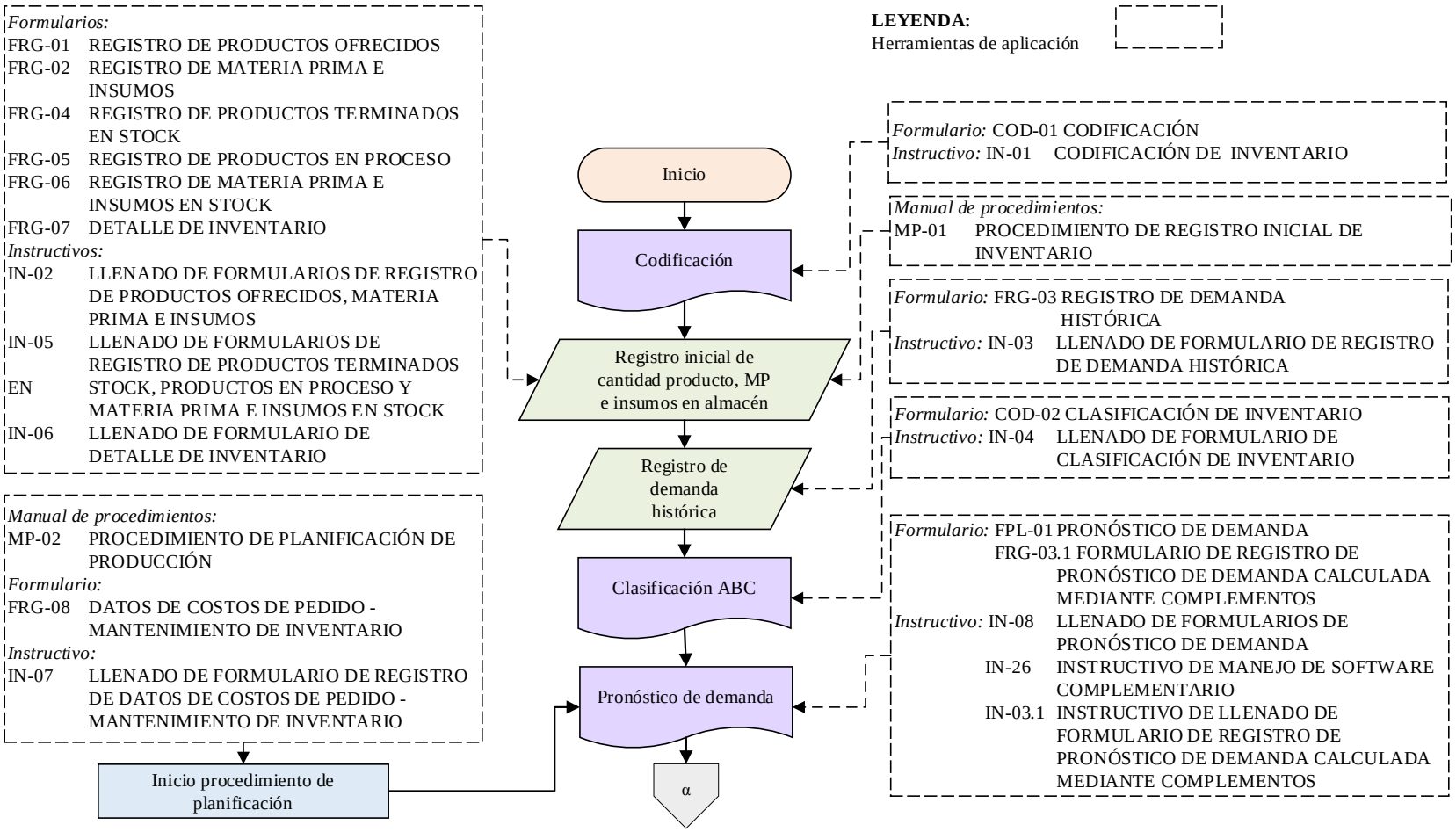
5.1.1. Sistema lógico preliminar (general)

A continuación, se detalla el sistema lógico preliminar general, en base a diagramas de flujo de información y pseudocódigos, con el fin de mostrar gráficamente y de forma general el flujo de datos, cálculos, entradas y salidas dentro del sistema planteado.

Para esto se plantea la siguiente estructura generalizada:

Figura 5-1.

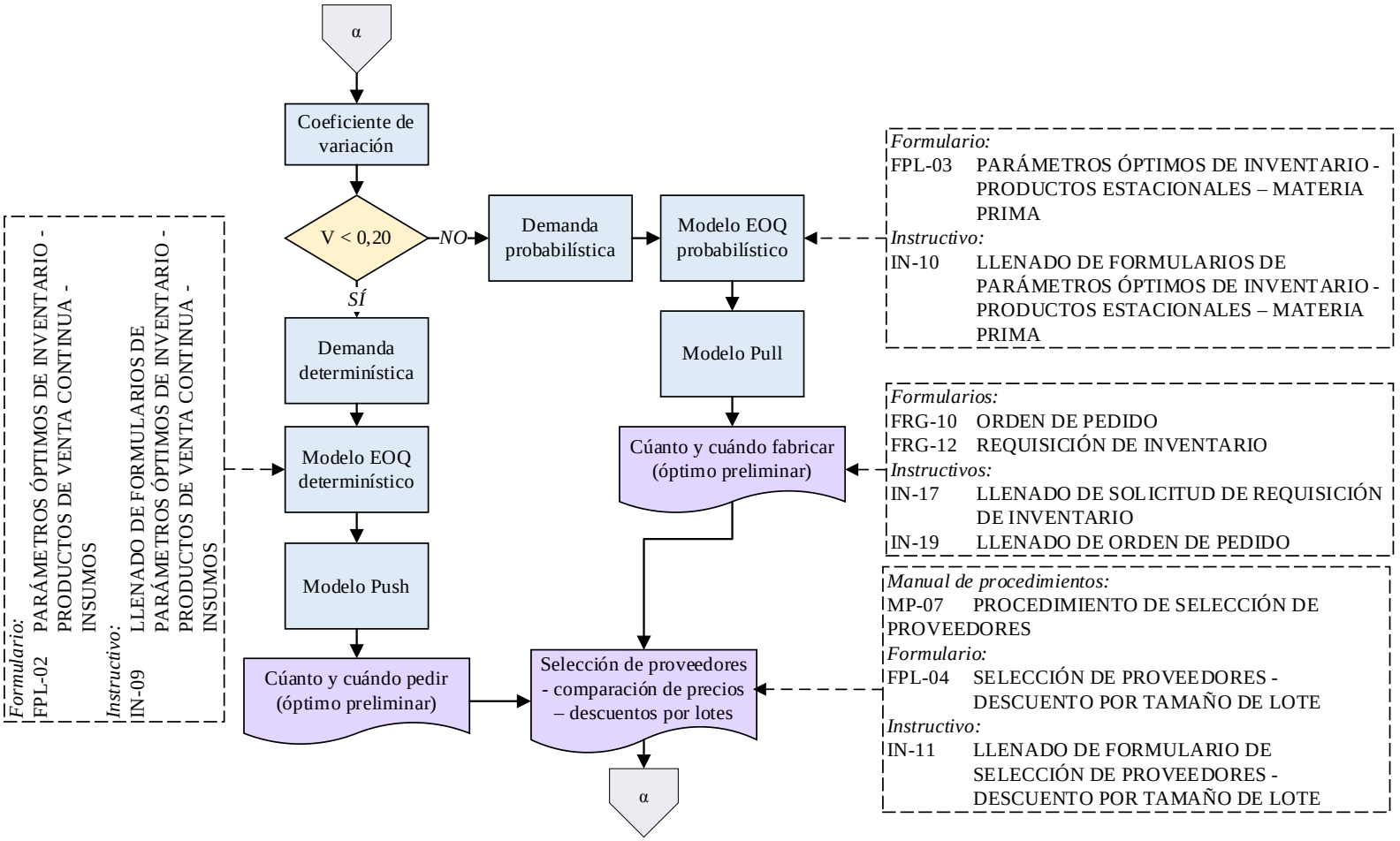
Estructura generalizada del sistema propuesto. Parte 1



Nota: En la figura se muestra de forma general las entradas y salidas de información del sistema propuesto. Fuente y Elaboración propia.

Figura 5-2.

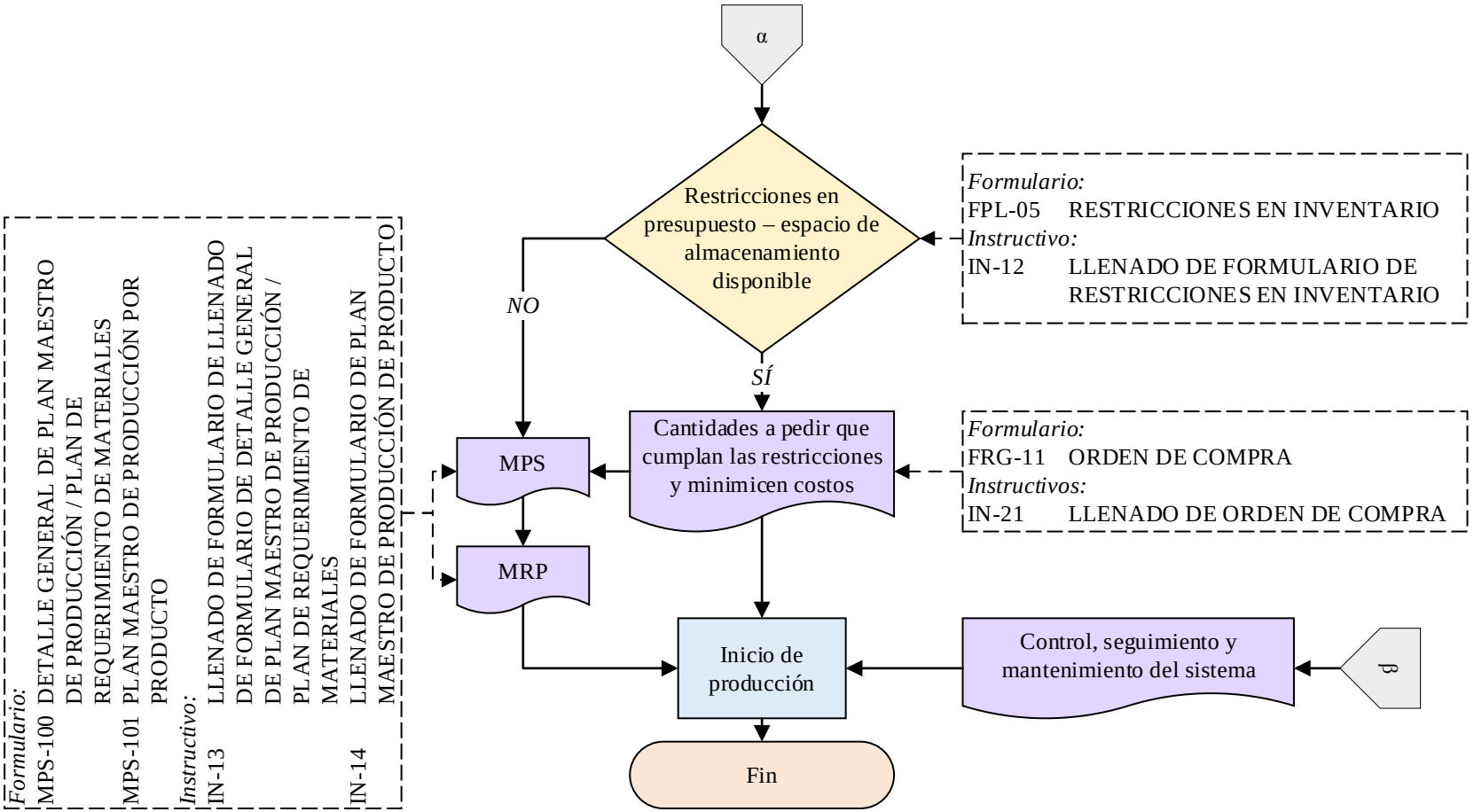
Estructura generalizada del sistema propuesto. Parte 2



Nota: En la figura se muestra de forma general las entradas y salidas de información del sistema propuesto. Fuente y Elaboración propia.

Figura 5-3.

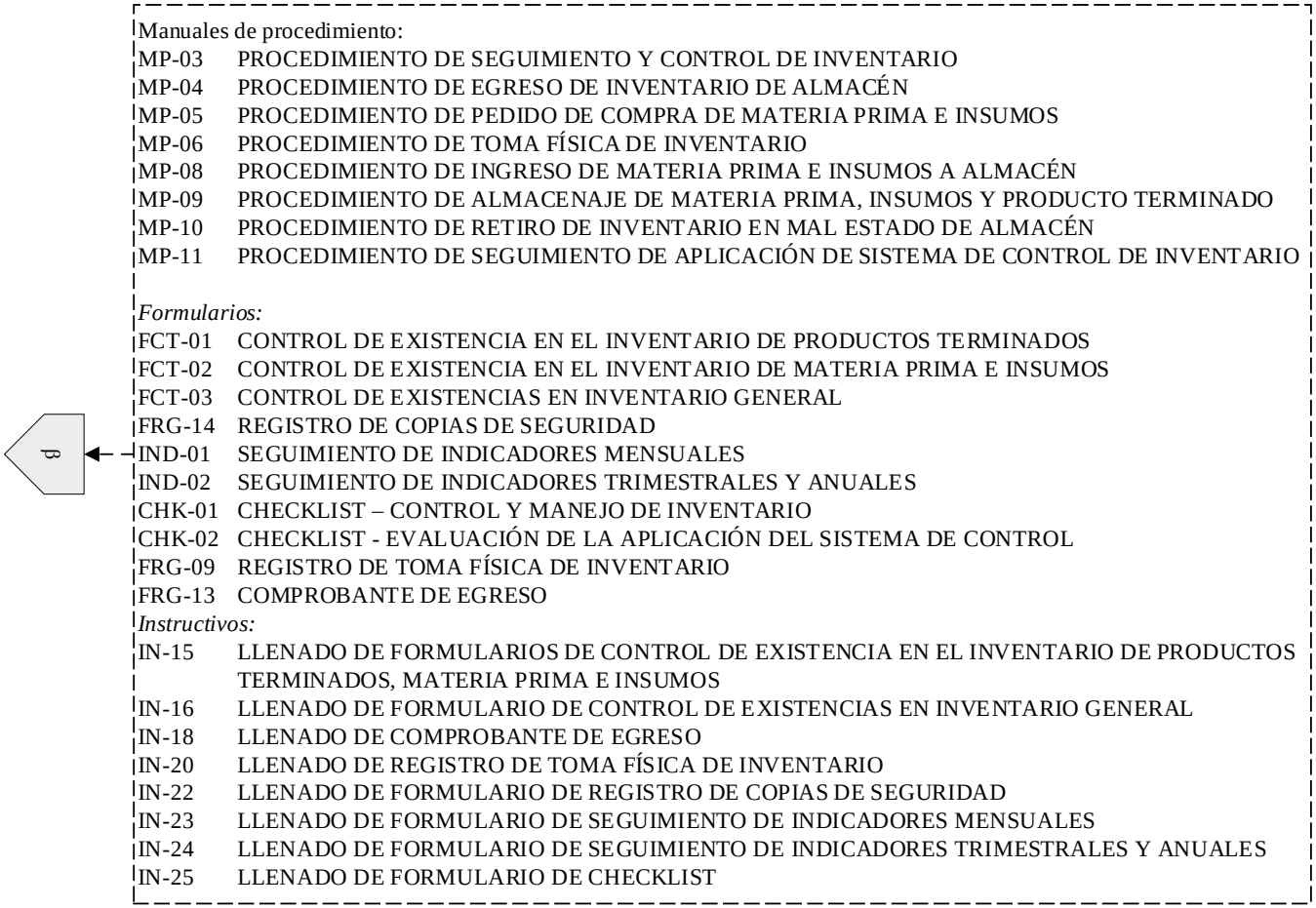
Estructura generalizada del sistema propuesto. Parte 3



Nota: En la figura se muestra de forma general las entradas y salidas de información del sistema propuesto. Fuente y Elaboración propia.

Figura 5-4.

Estructura generalizada del sistema propuesto. Parte 4



Nota: En la figura se muestra de forma general las entradas y salidas de información del sistema propuesto. Fuente y Elaboración propia.

5.1.1.1. Codificación de inventario

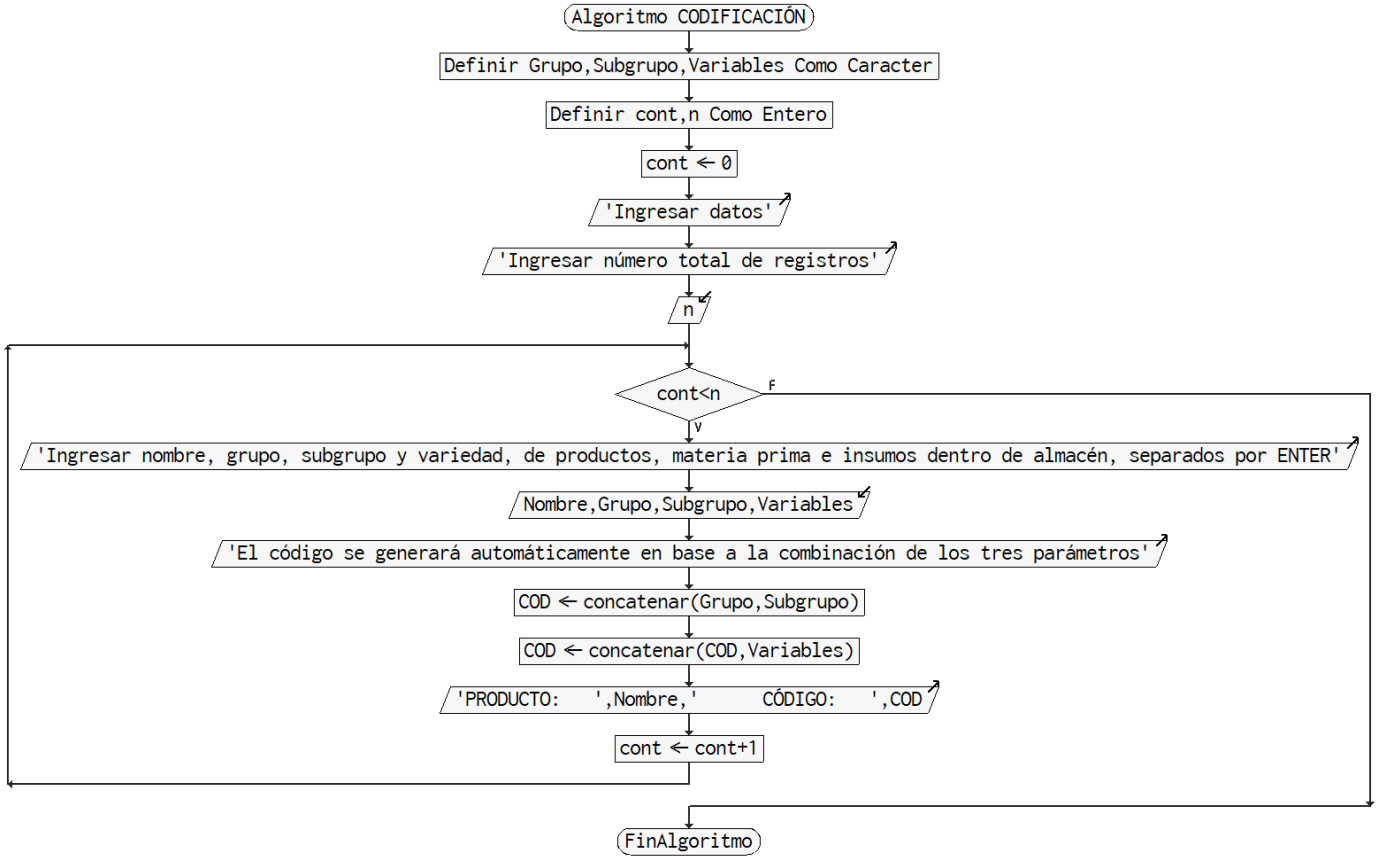
Se presenta el siguiente pseudocódigo:

```
Algoritmo CODIFICACIÓN
    Definir Grupo,Subgrupo,Variables como cadena;
    Definir cont,n como Entero;
    cont=0
    Escribir 'Ingresar datos'
    Escribir 'Ingresar número total de registros'
    Leer n
    Mientras cont<n Hacer
        Escribir 'Ingresar nombre, grupo, subgrupo y variedad de productos, materia prima e insumos dentro de almacén, separados por ENTER'
        Leer Nombre,Grupo,Subgrupo,Variables
        Escribir 'El código se generará automáticamente en base a la combinación de los tres parámetros'
        COD<-concatenar(Grupo,Subgrupo)
        COD<-concatenar(COD,Variables)
        Mostrar 'PRODUCTO:  ' Nombre,'    CÓDIGO:  ' COD
        cont=cont+1
    Fin Mientras
FinAlgoritmo
```

Representado por el diagrama de flujo (DFD):

Figura 5-5.

DFD Codificación de inventario



Nota: En la figura se muestra la secuencia del diagrama de flujo de información dentro de la operación propuesta. Elaboración propia en PSeInt

5.1.1.2. Sistema general

Se presenta el esquema preliminar que servirá como guía, considerando el registro y determinación de parámetros de planificación de un producto.

En este se busca trazar un bosquejo inicial de cómo será el flujo de información de entradas y procesos en cada parámetro a calcular, además de mostrar una idea general de la integración de formulario para alcanzar el cumplimiento de una operación conjunta.

Como se trata de un diagrama preliminar, éste se limita a la terminación general de los parámetros principales considerados dentro de la propuesta, como registro inicial, registro de demanda histórica, determinación del tipo de demanda del producto, pronóstico de demanda., registro de datos de costo de pedido y mantenimiento de inventario, aplicación del modelo de inventario correspondiente a tipo de demanda y categoría, selección entre proveedores y restricciones, MPS, MRP.

En Anexo 1, se adjunta el pseudocódigo y diagrama de flujo respectivo.

5.1.1. Sistema lógico propuesto (específico)

En el Anexo 2 se presenta el sistema lógico propuesto para cada formulario. Al ser escritos en formato .xls, estos formularios se manejan como matrices, donde cada celda es considerada un elemento de la matriz y están designadas con letras para las columnas y números arábigos para las filas.

Adicionalmente, se tienen listas de verificación presentes, condicionales de formato de celda y dos macros básicas para iteración de valores, cuyos códigos en Visual Basic se muestran a continuación:

FORMULARIO: SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE (PL-04)

```
Sub Ordenarsegúndemanda()
'
' Ordenarsegúndemanda Macro
'


'
    Range("D8:D17").Select
    Selection.Copy
    Range("L8").Select
    ActiveSheet.Paste
    Application.CutCopyMode = False
    ActiveWorkbook.Worksheets("CLASIFICACIÓN").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("CLASIFICACIÓN").Sort.SortFields.Add2
Key:=Range( _
        "L8:L17"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
        xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("CLASIFICACIÓN").Sort
        .SetRange Range("L8:L17")
        .Header = xlGuess
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
```

```
        .Apply
    End With
End Sub
```

FORMULARIO: RESTRICCIONES EN INVENTARIO (FPL-05)

```
Sub CoefdeLagrange()
'
' CoefdeLagrange Macro
'


'
    Range("L27").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Range("L27").GoalSeek Goal:=0, ChangingCell:=Range("L9")
End Sub
```

A continuación, se muestran los comandos para realizar el pronóstico por regresión aditiva mediante el algoritmo de código abierto:

PRONÓSTICO POR REGRESIÓN ADITIVA

```
from pandas import read_csv
from pandas import to_datetime
from pandas import DataFrame
from fbprophet import Prophet
from matplotlib import pyplot
df = read_csv(r'…\DOCUMENTO.csv', header=0)
df.columns = ['ds', 'y']
df['ds']= to_datetime(df['ds'])
model = Prophet()
model.fit(df)
future = list()
for i in range(1, 13):
    date = 'YYYY-%02d' % i
    future.append([date])
future = DataFrame(future)
future.columns = ['ds']
future['ds']= to_datetime(future['ds'])
forecast = model.predict(future)
print(forecast[['ds', 'yhat', 'yhat_lower', 'yhat_upper']].head())
model.plot(forecast)
pyplot.show()
```

Finalmente, se muestran los comandos para realizar el pronóstico por redes de gran memoria de corto plazo, mediante el algoritmo de código abierto:

PRONÓSTICO POR LSTM

```
from numpy.random import seed
seed(0)
import tensorflow
tensorflow.random.set_seed(1)
from pandas import DataFrame
from pandas import Series
from pandas import concat
from pandas import read_csv
from pandas import datetime
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from keras.layers import LSTM
from math import sqrt
from matplotlib import pyplot
import numpy
numpy.random.seed()
def parser(x):
    return datetime.strptime('YYY'+x, '%Y-%m')
```

```
def timeseries_to_supervised(data, lag=1):
    df = DataFrame(data)
    columns = [df.shift(i) for i in range(1, lag+1)]
    columns.append(df)
    df = concat(columns, axis=1)
    df.fillna(0, inplace=True)
    return df

def difference(dataset, interval=1):
    diff = list()
    for i in range(interval, len(dataset)):
        value = dataset[i] - dataset[i - interval]
        diff.append(value)
    return Series(diff)

def inverse_difference(history, yhat, interval=1):
    return yhat + history[-interval]

def scale(train, test):
    scaler = MinMaxScaler(feature_range=(-1, 1))
    scaler = scaler.fit(train)
    train = train.reshape(train.shape[0], train.shape[1])
    train_scaled = scaler.transform(train)
```

```
    test = test.reshape(test.shape[0], test.shape[1])
    test_scaled = scaler.transform(test)
    return scaler, train_scaled, test_scaled

def invert_scale(scaler, X, value):
    new_row = [x for x in X] + [value]
    array = numpy.array(new_row)
    array = array.reshape(1, len(array))
    inverted = scaler.inverse_transform(array)
    return inverted[0, -1]

def fit_lstm(train, batch_size, nb_epoch, neurons):
    X, y = train[:, 0:-1], train[:, -1]
    X = X.reshape(X.shape[0], 1, X.shape[1])
    model = Sequential()
    model.add(LSTM(neurons, batch_input_shape=(batch_size, X.shape[1],
X.shape[2]), stateful=True))
    model.add(Dense(1))
    model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer='adam')
    for i in range(nb_epoch):
        model.fit(X, y, epochs=1, batch_size=batch_size, verbose=0, shuffle=False)
        model.reset_states()
    return model
```

```
def forecast_lstm(model, batch_size, X):
    X = X.reshape(1, 1, len(X))
    yhat = model.predict(X, batch_size=batch_size)
    return yhat[0,0]


series = read_csv(r'…\DOCUMENTO.csv', header=0, parse_dates=[0], index_col=0, squeeze=True, date_parser=parser)
raw_values = series.values
diff_values = difference(raw_values, 1)
supervised = timeseries_to_supervised(diff_values, 1)
supervised_values = supervised.values
train, test = supervised_values[0:-12], supervised_values[-12:]
scaler, train_scaled, test_scaled = scale(train, test)
lstm_model = fit_lstm(train_scaled, 1, 3000, 4)
train_reshaped = train_scaled[:, 0].reshape(len(train_scaled), 1, 1)
lstm_model.predict(train_reshaped, batch_size=1)
predictions = list()
for i in range(len(test_scaled)):
    X, y = test_scaled[i, 0:-1], test_scaled[i, -1]
    yhat = forecast_lstm(lstm_model, 1, X)
    yhat = invert_scale(scaler, X, yhat)
    yhat = inverse_difference(raw_values, yhat, len(test_scaled)+1-i)
    predictions.append(yhat)
    expected = raw_values[len(train) + i + 1]
```

```
    print('Month=%d, Predicted=%f, Expected=%f' % (i+1, yhat, expected))


rmse = sqrt(mean_squared_error(raw_values[-12:], predictions))
print('Test RMSE: %.3f' % rmse)
print(numpy.random.seed())
pyplot.plot(raw_values[-12:])
pyplot.plot(predictions)
pyplot.show()
```

5.2. Formularios y documentos emitidos por el sistema

A continuación, se detallan todos los documentos y formularios propuestos que se manejan dentro del sistema propuesto para el control de inventarios.

5.2.1. Codificación de formularios

Para su identificación, se codificó cada uno de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tres primeros dígitos: Subclasificación que indica el tipo de formulario o documento. Se emplean letras mayúsculas.
- Guión de separación
- Dos últimos dígitos: Número de formulario o documento dentro de la subclasificación. Incrementa de forma ascendente escrito con números arábigos.

COD-00 *COD (Subclasificación) – 00 (Número de formulario)*

Tabla V-1

Clasificación de formularios y documentos

Tipo	Subclasif.	Detalle	Cantidad
Formulario	COD	Codificación o Clasificación	2
	FRG	Formulario de registro. Se emplea para el ingreso y tabulación de datos	15
	FPL	Formulario de planificación. Se emplea para estimaciones de parámetros óptimos en base a los FRG	5
	MPS	Plan Maestro de Producción. Se emplea para la planificación de requerimiento de materiales, Cuánto y cuándo pedir.	2
	FCT	Formulario de control. Empleado para realizar el seguimiento de movimiento de inventario en almacén	3
	IND	Indicadores. Registra y evalúa los indicadores basándose en los parámetros planteados	2
	CHK	Checklist. Empleado para realizar seguimiento al cumplimiento de operaciones	2
Manual de procedimientos	MP	Especifica la realización de procesos planteados	11
Instructivos	IN	Detalla el uso y llenado de los formularios planteados para cada actividad	27
Manual de funciones de usuarios	MF	Indica los distintos usuarios propuestos para el manejo del sistema y las operaciones que pueden realizar cada uno de ellos	6
		TOTAL	**75**

Nota: Fuente y Elaboración propia

5.2.2. Instrumentos de recolección y procesamiento de información

5.2.2.1. Formularios de registro inicial

Se plantean los siguientes formularios de registro iniciales para tener una base de datos de los productos ofrecidos junto a las materias primas e insumos empleados, los códigos empleados en su identificación y las cantidades en stock y en proceso.

Tabla V-2

Formularios de registro inicial

CÓDIGO	DOCUMENTO
COD-01	CODIFICACIÓN
FRG-01	REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS
FRG-02	REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS
FRG-03	REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA
COD-02	CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO
FRG-04	REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK
FRG-05	REGISTRO DE PRODUCTOS EN PROCESO
FRG-06	REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK
FRG-07	DETALLE DE INVENTARIO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los formularios se adjuntan en el Anexo 3.

5.2.2.2. Formularios de planificación

Se plantean los siguientes formularios de registro planificación de manejo, almacenaje y pedido de productos terminados, en proceso y materia prima e insumos.

Tabla V-3

Formularios de planificación

CÓDIGO	DOCUMENTO
FRG-08	DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO
FPL-01	PRONÓSTICO DE DEMANDA
FRG-03.1	FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS
FPL-02	PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA - INSUMOS
FPL-03	PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA
FPL-04	SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE
FPL-05	RESTRICCIONES EN INVENTARIO
MPS-100	DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES
MPS-101	PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN POR PRODUCTO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los formularios se adjuntan en el Anexo 3.

5.2.3. Instrumentos de seguimiento, control y gestión

5.2.3.1. Formularios de control y seguimiento

Se plantean los siguientes formularios de control y seguimiento del sistema de control e inventarios:

Tabla V-4

Formularios de control y seguimiento

CÓDIGO	DOCUMENTO
FCT-01	CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS
FCT-02	CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS
FCT-03	CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL
FRG-14	REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD
IND-01	SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES
IND-02	SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES
CHK-01	CHECKLIST – CONTROL Y MANEJO DE INVENTARIO
CHK-02	CHECKLIST - EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los formularios se adjuntan en el Anexo 3.

5.2.3.2. Formularios de manejo de inventario

Se plantean los siguientes formularios para el registro del movimiento de productos terminados, en proceso y materia prima e insumos.

Tabla V-5

Formularios de manejo de inventario

CÓDIGO	DOCUMENTO
FRG-09	REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO
FRG-10	ORDEN DE PEDIDO
FRG-11	ORDEN DE COMPRA
FRG-12	REQUISICIÓN DE INVENTARIO
FRG-13	COMPROBANTE DE EGRESO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los formularios se adjuntan en el Anexo 3.

5.3. Instalación o despliegue

Para la instalación del sistema de control de inventario propuesto, se prevé la utilización de los siguientes recursos:

Tabla V-6

Recursos necesarios

Recursos humanos	Personal de almacén Personal de venta Personal de producción Personal de planificación Personal de compras Personal de Informática. (Analistas Programadores), Soporte técnico
Recursos materiales	Formularios e insumos Información actualizada, generada desde almacén y ventas principalmente.

Nota: Esta tabla muestra los recursos estimados necesarios para el sistema de control propuesto. Fuente y Elaboración propia

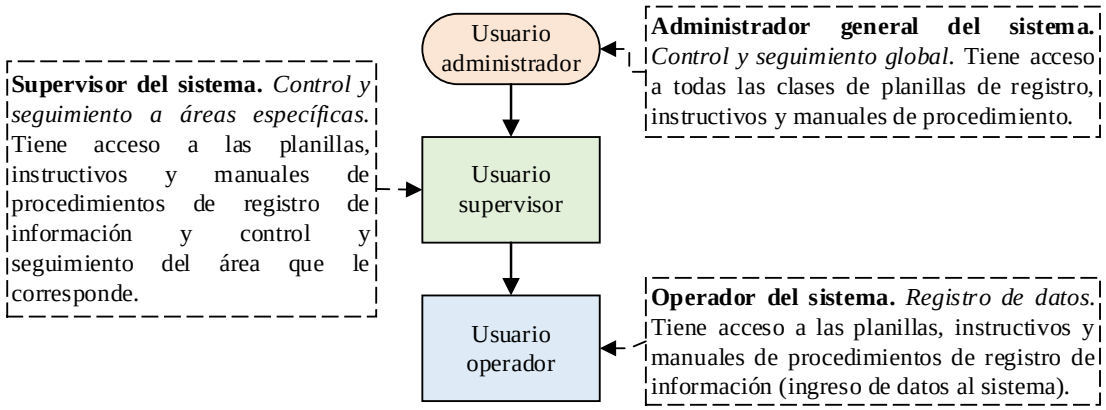
5.4. Uso y mantenimiento

5.4.1. Usuarios del sistema

A continuación, se muestra los niveles de usuarios del sistema de control de inventarios dentro de una estructura general propuesta:

Figura 5-6.

Usuarios generales del sistema

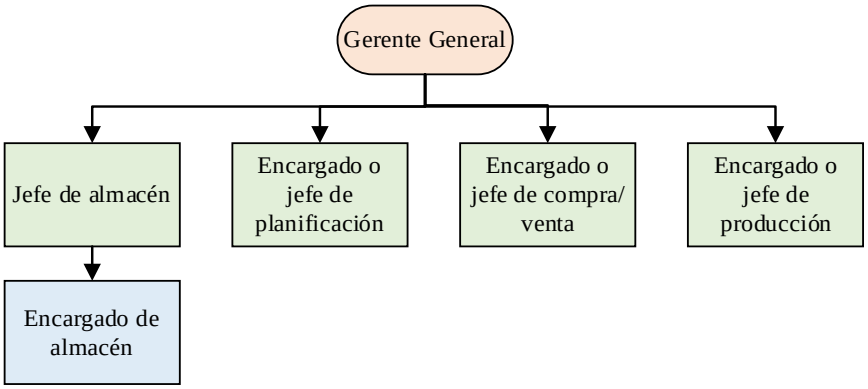


Nota: En la figura se muestra la estructura general de usuarios propuesta para el manejo del sistema de control, junto a sus características específicas. Fuente y Elaboración propia.

Para ilustrar de una forma más específica cómo esta estructura puede aplicarse dentro de las empresas de producción y venta de embutidos, se desglosan los usuarios generales dentro de unos más específicos, de acuerdo a las áreas que se considera centralizan las que pueden existir dentro de las mismas:

Figura 5-7.

Usuarios del sistema



Nota: En la figura se muestra la estructura propuesta para el manejo del sistema de control. Fuente y Elaboración propia.

Seguidamente, se detalla el tipo de operaciones que podrá realizar cada tipo de usuario:

Tabla V-7

Operaciones a realizar por los distintos usuarios del sistema (Parte 1)

Usuario	Tipo de operación
Encargado de almacén	Registro de recepción/salida de materia prima e insumos
	Registro de recepción/salida de producto terminado
	Registro de toma física de inventario
	Consulta de existencias
Jefe de almacén	Emisión de reportes de existencias
	Control de rotación de mercadería
	Consulta de existencias

Nota: Esta tabla muestra las operaciones que pueden realizar los distintos usuarios del sistema de control de inventarios propuesto. Fuente y Elaboración propia

Tabla V-8

Operaciones a realizar por los distintos usuarios del sistema (Parte 2)

Usuario	Tipo de operación
Encargado o jefe de planificación	Reportes de pronóstico de demanda Reporte de cantidades económicas de pedido y puntos de reorden Reporte comparativo entre costo total de almacenamiento de materia prima e insumos provenientes de distintos proveedores Reporte de Plan Maestro de Producción (MPS) Consulta de existencias
Encargado o jefe de compras/venta	Reporte comparativo entre costo total de almacenamiento de materia prima e insumos provenientes de distintos proveedores Consulta de existencias
Encargado o jefe de producción	Requisición de materia prima e insumos
Gerente General	Consulta de existencias y reportes

Nota: Esta tabla muestra las operaciones que pueden realizar los distintos usuarios del sistema de control de inventarios propuesto. Fuente y Elaboración propia

5.4.2. Manuales de funciones de usuarios

Se plantean los siguientes manuales de funciones, con la finalidad de facilitar y centralizar la información respecto a las operaciones que realiza cada usuario en el sistema de control propuesto.

Tabla V-9

Manuales de funciones de usuarios

CÓDIGO	DOCUMENTO
MF-01	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – GERENTE GENERAL
MF-02	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – JEFE DE ALMACÉN
MF-03	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE PLANIFICACIÓN
MF-04	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE COMPRA / VENTA
MF-05	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE PRODUCCIÓN

MF-06	MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO DE ALMACÉN

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los documentos se adjuntan en el Anexo 4.

5.4.3. Manuales de procedimientos

Se plantean los siguientes manuales de procedimientos, con la finalidad de facilitar la capacitación del personal en el uso del sistema y centralizar la información respecto a los procesos que son posibles realizar dentro del sistema de control propuesto.

Tabla V-10

Manuales de procedimientos

CÓDIGO	DOCUMENTO
MP-01	PROCEDIMIENTO DE REGISTRO INICIAL DE INVENTARIO
MP-02	PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN
MP-03	PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INVENTARIO
MP-04	PROCEDIMIENTO DE EGRESO DE INVENTARIO DE ALMACÉN
MP-05	PROCEDIMIENTO DE PEDIDO DE COMPRA DE MATERIA PRIMA E INSUMOS
MP-06	PROCEDIMIENTO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO
MP-07	PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES
MP-08	PROCEDIMIENTO DE INGRESO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS A ALMACÉN
MP-09	PROCEDIMIENTO DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO
MP-10	PROCEDIMIENTO DE RETIRO DE INVENTARIO EN MAL ESTADO DE ALMACÉN
MP-11	PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO DE APLICACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los documentos se adjuntan en el Anexo 5.

5.4.5. Instructivos

Se proponen los siguientes instructivos correspondiente a las operaciones realizables dentro del sistema de control, con la finalidad de facilitar la capacitación del personal en el uso del sistema y centralizar la información respecto a la utilización de las plantillas de registro propuestas.

Tabla V-11

Instructivos.

CÓDIGO	DOCUMENTO
IN-01	CODIFICACIÓN DE INVENTARIO
IN-02	LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS
IN-03	LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA
IN-03.1	LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS
IN-04	LLENADO DE FORMULARIO DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO
IN-05	LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK, PRODUCTOS EN PROCESO Y MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK
IN-06	LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE DE INVENTARIO
IN-07	LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO
IN-08	LLENADO DE FORMULARIOS DE PRONÓSTICO DE DEMANDA
IN-09	LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA - INSUMOS
IN-10	LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA
IN-11	LLENADO DE FORMULARIO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE
IN-12	LLENADO DE FORMULARIO DE RESTRICCIONES EN INVENTARIO
IN-13	LLENADO DE FORMULARIO DE LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES
IN-14	LLENADO DE FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO
IN-15	LLENADO DE FORMULARIOS DE CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS
IN-16	LLENADO DE FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL
IN-17	LLENADO DE SOLICITUD DE REQUISICIÓN DE INVENTARIO
IN-18	LLENADO DE COMPROBANTE DE EGRESO
IN-19	LLENADO DE ORDEN DE PEDIDO
IN-20	LLENADO DE REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO
IN-21	LLENADO DE ORDEN DE COMPRA
IN-22	LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD
IN-23	LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES

IN-24	LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES
IN-25	LLENADO DE FORMULARIO DE CHECKLIST
IN-26	INSTRUCTIVO DE MANEJO DE SOFTWARE COMPLEMENTARIO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Los documentos se adjuntan en el Anexo 6.

5.4.6. Prueba

Se realiza un ejemplo de prueba de unidad para comprobar el funcionamiento correcto de un componente concreto del sistema, en este caso, el pronóstico de demanda. Para ello se utilizan datos de ventas mensuales de salchicha y chorizo parrillero del LTA entre Enero 2017 a Diciembre 2019.

Para ambos casos planteados para la prueba, se confirma que el componente funciona correctamente.

5.4.7. Seguimiento y mantenimiento

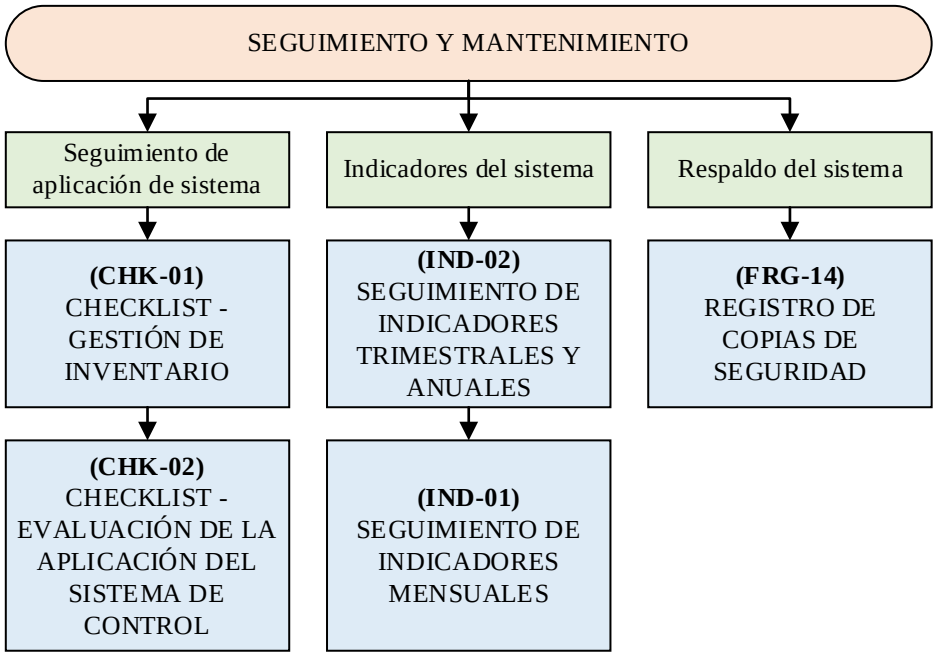
Respecto al seguimiento del sistema lógico de los formularios de registro y base de datos que conforman el sistema de control de inventarios propuesto, se sugiere realizar un seguimiento de aplicación del sistema y la determinación de los indicadores del sistema para controlar el cumplimiento de las metas trazadas.

En lo que concierne al seguimiento y mantenimiento del sistema lógico de los formularios de registro y base de datos que conforman el sistema de control de inventarios propuesto, se sugiere una copia de seguridad semanal de la base de datos, con el fin de prevenir pérdidas de información por siniestros que puedan ocurrir.

El seguimiento y mantenimiento del sistema se resume en la figura siguiente:

Figura 5-8.

Seguimiento y mantenimiento



Nota: En la figura se muestra la estructura propuesta para el seguimiento y mantenimiento del sistema de control. Fuente y Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Este capítulo aborda la evaluación de los resultados obtenidos al seguir la Matriz Metodológica (Tabla III-1), para poder cumplir los objetivos específicos planteados. El resultado obtenido (hablando en forma global), es el Plan de manejo y control de inventarios propuesto, que está conformado por:

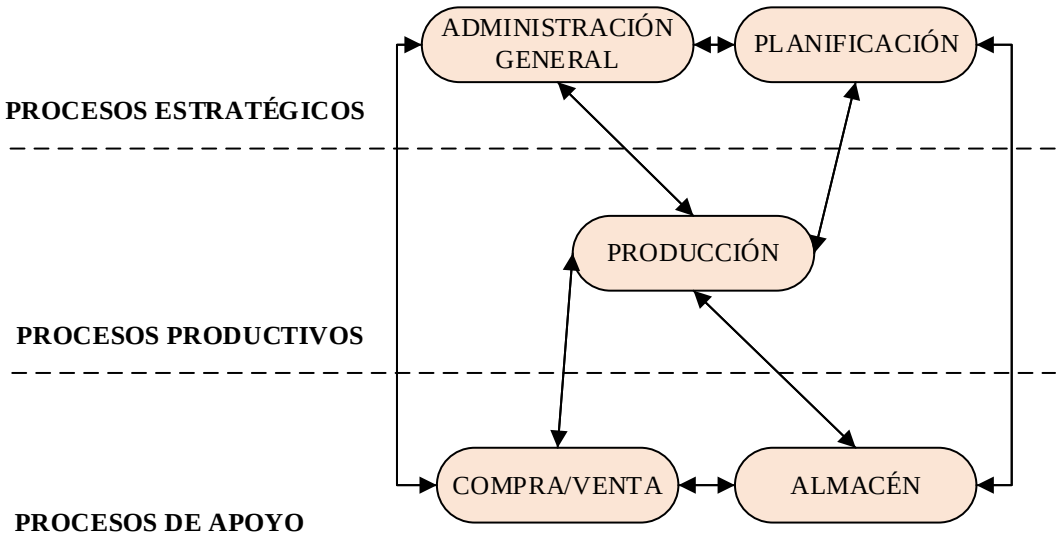
- Planillas de registro, de dos tipos: *registro*, donde se puede ingresar los datos, cantidades existentes y ventas por periodos de los productos ofrecidos por la empresa (salchichas, chorizos, mortadela, jamón, butifarras, morcilla u otros), la materia prima (carne de pollo o de cerdo) e insumos (tripas, aditivos como sal, azúcar, conservantes, emulsionantes, polifosfatos y demás empleados según las especificaciones técnicas de cada producto que ofrecen), además de los materiales empleados en envasado (bolsas plásticas, hilos u otros); y de *control y seguimiento*, para los parámetros óptimos de inventario, Plan Maestro de Producción.
- Instructivos, que explican la secuencia de pasos a seguir durante la utilización de las planillas anteriores.
- Manuales de procedimiento, que especifican las actividades o secuencia de pasos a seguir para realizar un procedimiento de forma estandarizada.
- Manuales de funciones de usuarios del sistema, manuales que especifican las funciones que puede realizar cada usuario dentro del sistema propuesto para las empresas pertenecientes al sector de producción y venta de embutidos, puesto que se prevé que no todos quienes ingresen tendrán acceso a la totalidad de las planillas, por ejemplo, el Encargado de almacén tendrá acceso a las planillas de registro de datos, mientras el Jefe de almacén tendrá acceso a las mismas planillas pero añadiendo las planillas de control y seguimiento, pues él supervisa al Encargado, en este caso. Entonces, las funciones específicas de cada usuario serán distintas y están siendo desarrolladas en estos manuales propuestos.

6.1. Análisis y discusión de resultados

Como resultado de la propuesta, se presenta un flujo de información entre áreas consideradas de forma general de una empresa tipo en la propuesta, lo que permite una integración general, manejo de información actualizada, mejora en la comunicación oportuna y designación de funciones dentro de la operación del sistema. El flujo de información se muestra en la figura siguiente:

Figura 6-1.

Integración de áreas



Nota: En la figura se muestra el flujo de información que se presenta como resultado de la propuesta entre las áreas consideradas dentro de la empresa. Fuente y Elaboración propia.

Simultáneamente, como resultado principal de la propuesta se tienen las siguientes herramientas de aplicación, que resultan como apoyo para resolver las principales causas identificadas para el exceso o déficit de inventarios y principales dificultades que se presentan en el proceso:

Tabla VI-1

Herramientas propuestas. Parte 1.

Causas identificadas	Soluciones propuestas	Herramientas de aplicación
Métodos empíricos de estimación	Métodos aritméticos-estadísticos de estimación de demanda futura, parámetros óptimos de inventarios	**Manuales de procedimientos**: MP-02 PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN MP-07 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES **Formularios:** FRG-08 DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO FPL-01 PRONÓSTICO DE DEMANDA FRG-03.1 FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS FPL-02 PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA - INSUMOS FPL-03 PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA FPL-04 SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE FPL-05 RESTRICCIONES EN INVENTARIO MPS-100 DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES MPS-101 PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN POR PRODUCTO **Instructivos:** IN-07 LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS DE COSTOS DE PEDIDO - MANTENIMIENTO DE INVENTARIO IN-08 LLENADO DE FORMULARIOS DE PRONÓSTICO DE DEMANDA IN-03.1 INSTRUCTIVO DE LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA CALCULADA MEDIANTE COMPLEMENTOS IN-09 LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS DE VENTA CONTINUA - INSUMOS IN-10 LLENADO DE FORMULARIOS DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE INVENTARIO - PRODUCTOS ESTACIONALES - MATERIA PRIMA IN-11 LLENADO DE FORMULARIO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES - DESCUENTO POR TAMAÑO DE LOTE IN-12 LLENADO DE FORMULARIO DE RESTRICCIONES EN INVENTARIO IN-13 LLENADO DE FORMULARIO DE LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE GENERAL DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN / PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES IN-14 LLENADO DE FORMULARIO DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO IN-26 INSTRUCTIVO DE MANEJO DE SOFTWARE COMPLEMENTARIO

Nota: Fuente y Elaboración propia

Tabla VI-2

Herramientas propuestas. Parte 2.

Causas identificadas	Soluciones propuestas	Herramientas de aplicación
Falta de sistema de control o políticas de inventario	Manuales de procedimiento de control, seguimiento y mantenimiento de inventario	**Manuales de procedimiento:** MP-03 PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INVENTARIO MP-11 PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO DE APLICACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO Formularios: FCT-01 CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS FCT-02 CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS FCT-03 CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL FRG-14 REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD IND-02 SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES CHK-01 CHECKLIST - GESTIÓN DE INVENTARIO CHK-02 CHECKLIST - EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL **Instructivos:** IN-15 LLENADO DE FORMULARIOS DE CONTROL DE EXISTENCIA EN EL INVENTARIO DE PRODUCTOS TERMINADOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS IN-16 LLENADO DE FORMULARIO DE CONTROL DE EXISTENCIAS EN INVENTARIO GENERAL IN-22 LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE COPIAS DE SEGURIDAD IN-24 LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES TRIMESTRALES Y ANUALES IN-25 LLENADO DE FORMULARIO DE CHECKLIST **Manuales de funciones:** MF-01 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – GERENTE GENERAL MF-02 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE ALMACÉN MF-03 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE PLANIFICACIÓN MF-04 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE COMPRA / VENTA MF-05 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – ENCARGADO O JEFE DE PRODUCCIÓN MF-06 MANUAL DE FUNCIONES DE USUARIO – PERSONAL DE ALMACÉN

Nota: Fuente y Elaboración propia

Tabla VI-3

Herramientas propuestas. Parte 3.

Causas identificadas	Soluciones propuestas	Herramientas de aplicación
Errores humanos durante almacenaje	Manuales de procedimiento de manejo de inventario	**Manuales de procedimiento:** MP-08 PROCEDIMIENTO DE INGRESO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS A ALMACÉN MP-04 PROCEDIMIENTO DE EGRESO DE INVENTARIO DE ALMACÉN MP-05 PROCEDIMIENTO DE PEDIDO DE COMPRA DE MATERIA PRIMA E INSUMOS MP-09 PROCEDIMIENTO DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO MP-10 PROCEDIMIENTO DE RETIRO DE INVENTARIO EN MAL ESTADO DE ALMACÉN **Formularios:** FRG-10 ORDEN DE PEDIDO FRG-11 ORDEN DE COMPRA FRG-12 REQUISICIÓN DE INVENTARIO FRG-13 COMPROBANTE DE EGRESO **Instructivos:** IN-17 LLENADO DE SOLICITUD DE REQUISICIÓN DE INVENTARIO IN-18 LLENADO DE COMPROBANTE DE EGRESO IN-19 LLENADO DE ORDEN DE PEDIDO IN-21 LLENADO DE ORDEN DE COMPRA
Falta de procedimientos de recepción y egreso		
Desorganización		
Falta de centralización para seguimiento y control general	Formularios integrados entre áreas de la empresa	Planilla integrada de Formularios, Instructivos, Manuales de procedimientos y Manuales de funciones de usuarios

Nota: Fuente y Elaboración propia

Tabla VI-4

Herramientas propuestas. Parte 4.

Causas identificadas	Soluciones propuestas	Herramientas de aplicación
Información desactualizada de entradas y salidas dentro de almacén	Registro de movimiento de inventario dentro de almacén	**Manuales de procedimientos:** MP-01 PROCEDIMIENTO DE REGISTRO INICIAL DE INVENTARIO MP-06 PROCEDIMIENTO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO **Formularios:** FRG-01 REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS FRG-02 REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS FRG-03 REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA COD-02 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO FRG-04 REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK FRG-05 REGISTRO DE PRODUCTOS EN PROCESO FRG-06 REGISTRO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK FRG-07 DETALLE DE INVENTARIO FRG-09 REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO **Instructivos:** IN-02 LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS OFRECIDOS, MATERIA PRIMA E INSUMOS IN-03 LLENADO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE DEMANDA HISTÓRICA IN-04 LLENADO DE FORMULARIO DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO IN-05 LLENADO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK, PRODUCTOS EN PROCESO Y MATERIA PRIMA E INSUMOS EN STOCK IN-06 LLENADO DE FORMULARIO DE DETALLE DE INVENTARIO IN-20 LLENADO DE REGISTRO DE TOMA FÍSICA DE INVENTARIO
Datos inexactos en cuanto a existencias	Control de datos físicos vs digitales mediante toma física de inventario	
Falta de codificación	Instructivo de codificación	**Formulario:** COD-01 CODIFICACIÓN **Instructivo:** IN-01 CODIFICACIÓN DE INVENTARIO
Baja rotación, alta duración de inventario	Seguimiento mediante indicadores	**Formulario:** IND-01 SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES **Instructivo:** IN-23 LLENADO DE FORMULARIO DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES MENSUALES

Nota: Fuente y Elaboración propia

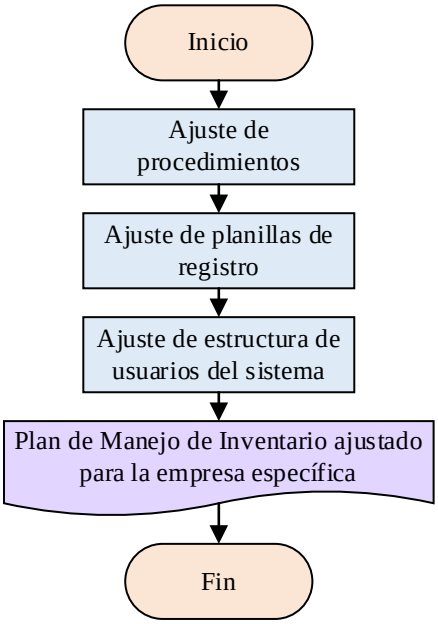
Las herramientas propuestas responden a una formulación general que corresponde a la demanda de productos embutidos y maneja un modelo de inventario híbrido (push/pull) que se ajusta a los productos ofrecidos, materia prima e insumos utilizados dentro de este sector.

Así mismo, se contemplan distintos usuarios que manejen y administren el plan de manejo de inventarios propuesto, cuyas funciones de manera más específica se segregan en cinco áreas: Gerencia general, Área de comprar/venta, Área de producción, Área de planificación y Área de almacén.

Una empresa perteneciente a este sector puede aplicar esta propuesta como un complemento dentro del sistema de inventario que ya posee, ajustándolo según las especificaciones que desee (ya sea en parámetros de indicadores propuestos, como se detalla en el Capítulo II, en procedimientos de manejo y planificación que ya tenga estandarizados para sus propias condiciones de operación o en las funciones de los distintos usuarios que manejarán y administrarán las planillas de registro de información). Para visualizar este proceso de ajuste, se muestra el siguiente diagrama:

Figura 6-2.

Diagrama de proceso de ajuste del Plan propuesto a una empresa específica

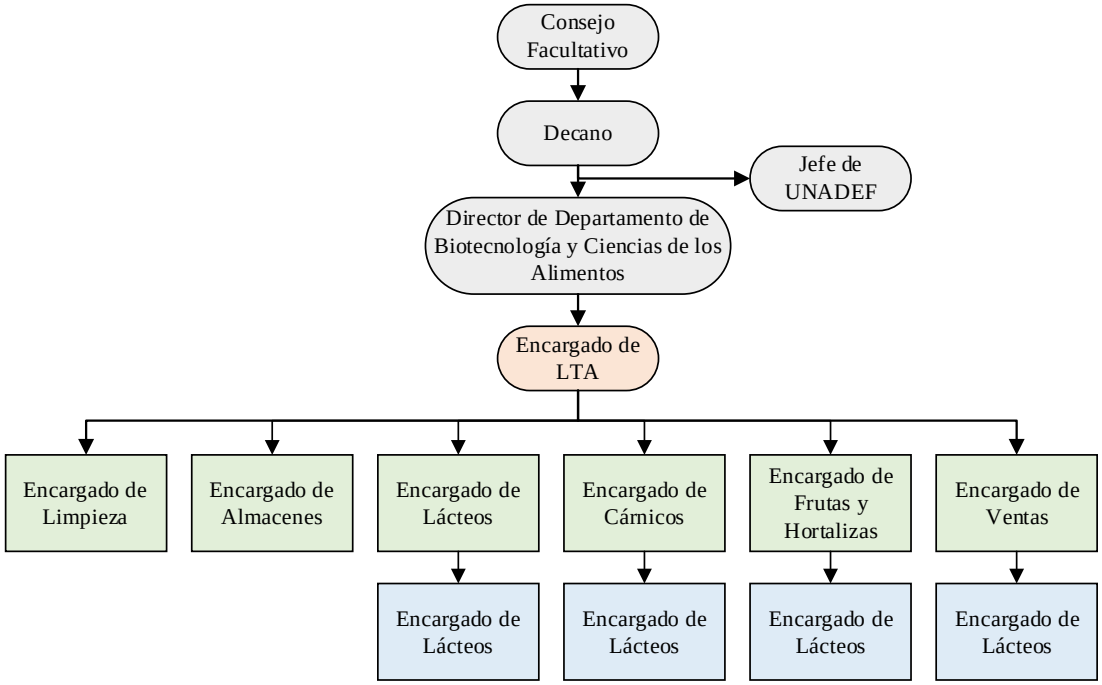


Nota: Fuente y Elaboración propia.

Como ejemplo de lo estipulado en el párrafo anterior, se considera el Laboratorio Taller de alimentos, donde se tiene el siguiente organigrama:

Figura 6-3.

Organigrama de Laboratorio Taller de Alimentos de la UAJMS



Nota: En la figura se muestra la estructura organizacional dentro del LTA, mostrada como ejemplo de la aplicación de la propuesta, bajo modificaciones para sus requerimientos específicos. Fuente: *"DETERMINAR EL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE LOS PRODUCTOS DE LABORATORIO TALLER DE ALIMENTOS DE LA U.A.J.M.S." (Gareca y Nina, 2016)*

El LTA posee manuales de procedimiento para distintos procesos de manejo de inventario y realiza un pronóstico basado en la experiencia del periodo anterior, por ende, ya tiene procesos estandarizados, pero aquellos que no estén y sean parte del plan propuesto, podría aplicarlos como complementos y reorganizar las funciones de los perfiles de usuario administrador, supervisor y operador, según su organización propia.

El ajuste ejemplo se muestra en la tabla a continuación:

Tabla VI-5

Ajuste de la propuesta a una empresa ejemplo

Aspecto	Ajuste	Modificaciones realizadas
Planillas de registro	El LTA tiene su sistema propio de codificación de productos	• Se importa la codificación propia a la planilla. • La empresa verifica los parámetros propuestos de indicadores de seguimiento y control • Se agrega la información básica de identificación de la empresa y logo
Manuales de Procedimiento	El LTA cuenta con manuales de procedimiento de verificación de materia prima y producto terminado	• Se importa el manual propio • Se agregan sin modificación los manuales propuestos restantes como complemento al sistema previamente instalado dentro de la empresa
Estructura de usuarios del sistema	El Encargado de Ventas realiza la planificación de producción	• Las funciones separadas de los usuarios supervisores de Compra/venta y Planificación, se fusionan para generar un solo perfil de usuario que maneje las planillas correspondientes dentro del sistema, que sería el Encargado de Ventas. • El resto de perfiles de usuarios del sistema propuesto se agregan sin modificación

Nota: Fuente y Elaboración propia

Adicionalmente, considerando la determinación del nivel de riesgo inicial que tiene una empresa donde se tengan presentes las causas para el exceso o déficit de inventario consideradas dentro de la planificación de la propuesta; si se compara éste valor con la situación hipotética de que la misma empresa tipo aplique la propuesta, reduciendo el 20% de las causas, para tener efecto sobre 80% de los problemas presentes, se puede inferir la posibilidad de que el riesgo de ocurrencia de las causas analizadas en el diagnóstico inicial se reduzcan con la propuesta.

Este es considerado como un porcentaje estimado resultante de la comparación de situación sin propuesta vs situación con propuesta, siendo netamente un porcentaje de referencia, donde el porcentaje exacto de reducción dependerá del análisis diagnóstico y evaluativo de una empresa con sus datos, políticas y consideraciones propias, donde aplique el Checklist de Control y Manejo de Inventario.

Este valor referencial se lo considera netamente como un ejemplo del aporte que tendría la aplicación de las herramientas propuestas dentro de una empresa perteneciente al sector de producción y venta de embutidos, donde se tendría una reducción del nivel de riesgo, cuya magnitud dependerá de la situación actual de la empresa y la fracción de aplicación de la propuesta dentro de la misma.

Finalmente, en cuanto a los costos de inventario, si se llega a tener menor dispersión en el pronóstico de datos con la propuesta, se tendrían niveles de inventario óptimos que permitan tener un costo mínimo de mantenimiento. Para estimar esta reducción, se realizan inferencias teóricas, donde:

$$\frac{CT_1}{CT_2} = \frac{\left(k*\sqrt{\frac{h}{2*k}}+\frac{h}{2}*\sqrt{\frac{2*k}{h}}\right)\sqrt{D-a}+P_u*D-P_u*a}{\left(k*\sqrt{\frac{h}{2*k}}+\frac{h}{2}*\sqrt{\frac{2*k}{h}}\right)\sqrt{D}+P_u*D} \qquad \text{(Ec. VI-1)}$$

Donde:

CT: costo total de inventario

D: demanda

a: reducción de demanda por ajuste de pronóstico

K: costo de realizar un pedido

H: costo de almacenar una unidad por un año

P_u: precio unitario

Dentro de la fórmula planteada, se tiene que el costo de pedido para una empresa del sector de producción y venta de embutidos, correspondería a:

$$k = \sum\left(C_{llamada} + C_{transporte} + C_{adm}\right) \qquad \text{(Ec. VI-2)}$$

Donde:

k: costo fijo de hacer un pedido de cualquier tamaño

$C_{llamada}$: costo de realizar una llamada a proveedor/Área de almacén para realizar un pedido

$C_{transporte}$: Cobro por parte del proveedor para transportar materia prima e insumos a almacén/Cobro de transporte para traslado de producto terminado de almacén a tienda

C_{adm}: costo administrativo de ordenar, costo por utilización de recursos logísticos para el registro y recursos humanos (función dentro del cargo) (formularios a llenar)

Además, el costo anual de almacenamiento para la misma empresa, sería:

$$h = A * \frac{C_{alm}}{D} * {P_u}^2 + \frac{Costo\ anual\ del\ equipo}{Q} + \frac{Pérdidas\ anuales\ por\ antigüedad}{Q} \qquad \text{(Ec. VI-3)}$$

Donde:

h: Costo en bolivianos que se paga por año para mantener almacenada una unidad de materia prima, insumos o producto terminado

A: Área ocupada, Por unidad de producto

C_{alm}: Costo anual del m^2 de almacenamiento (en el caso de la materia prima (cárnicos) o los productos terminados ofrecidos por la empresa de embutidos (salchichas, chorizos, jamón, mortadela, etc.), es el costo anual de operación del refrigerador o cámara de frío utilizadas para su conservación dividido entre el área total ocupada por el equipo, expresado en m^2)

D: Consumo anual, demanda anual media del producto en cuestión

P_u: Precio unitario, de materia prima, insumos o producto terminado

Costo anual del equipo: Costo de depreciación anual del equipo empleado para la conservación de la materia prima, insumos o producto terminado

Q: Cantidad de productos que es posible almacenar dentro del equipo de conservación sin comprometer su integridad

Pérdidas anuales por antigüedad: Valor de la cantidad de materia prima, insumos o producto terminado registradas en mal estado debido a causas naturales durante un año

NOTA: No se realiza la sustitución de los términos "k" y "h" en la relación CT_1/CT_2, debido a que la expresión literal se tornaría muy extensa como para entrar en una línea de párrafo, por lo que para su presentación se opta por detallar los términos por separado.

Luego, teóricamente se asumen valores porcentuales de "a", donde representan una fracción de la demanda (D), para luego hallar la relación entre los costos de ambas situaciones y poder evaluar resultados, que se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla VI-6

Reducción de costo total estimada

a	CT_1/CT_2	ΔCT
1,00%	99,00%	1,00%
2,00%	98,01%	1,99%
3,00%	97,01%	2,99%
4,00%	96,02%	3,98%
5,00%	95,02%	4,98%
10,00%	90,04%	9,96%
15,00%	85,06%	14,94%
20,00%	80,07%	19,93%
25,00%	75,09%	24,91%
30,00%	70,11%	29,89%

Nota: Fuente y Elaboración propia

De la tabla se puede inferir que, si se tiene un mejor ajuste de pronóstico y, por lo tanto, menor dispersión de datos, se puede obtener menores costos totales de inventario, en la misma proporción de la reducción de demanda estimada.

Respecto a los resultados de la prueba de pronóstico, se enfatiza que debido a la infinita cantidad de comportamientos que puede presentar la demanda de cada empresa, no es posible afirmar que los resultados obtenidos con la base de datos de prueba, para cantidad de registros menores a cien, serán replicados en igual magnitud entre los resultados de pronóstico de demanda de una empresa de embutidos a otra.

Sin embargo, puede ilustrar gráficamente el nivel de ajuste de los pronósticos obtenidos con LSTM respecto a los datos de demanda, con un periodo de retraso, especialmente cuando existe una dispersión de datos que merezca ser considerada y una estacionalidad de datos no directamente identificada mediante el cálculo de factores de estacionalidad.

Primero se observa los resultados obtenidos con las salchichas ofertadas:

Tabla VI-7

Métricas de regresión de prueba (para n <100) – salchicha*

	Pronósticos			
	Promedios móviles	**Regresión lineal**	**Fact. Estacionales**	**LSTM**
MAE	164	155	113	174
RMSE	13	13	11	14

Nota: *n: Cantidad de registros históricos **MAE: Error absoluto medio. ***RMSE: Raíz del error cuadrático medio. ****LSTM: Redes de gran memoria de corto plazo. En la tabla se muestran las métricas de regresión más utilizadas en el aprendizaje automático para cuantificar el error de los pronósticos. Elaboración propia

Del ejemplo planteado, se tiene que el pronóstico que mejor se ajusta a los datos ejemplo es el de los factores estacionales (de acuerdo a los valores de MAE y RSME obtenidos). Además, se observa que el ajuste es mejor durante el periodo de mayo, pudiéndose inferir que el pronóstico es más fiable al emplearlos en la planificación a corto y largo plazo, de ese periodo en particular.

Tabla VI-8

Comportamiento de gráficas de pronóstico de prueba (para n <100) – salchicha*

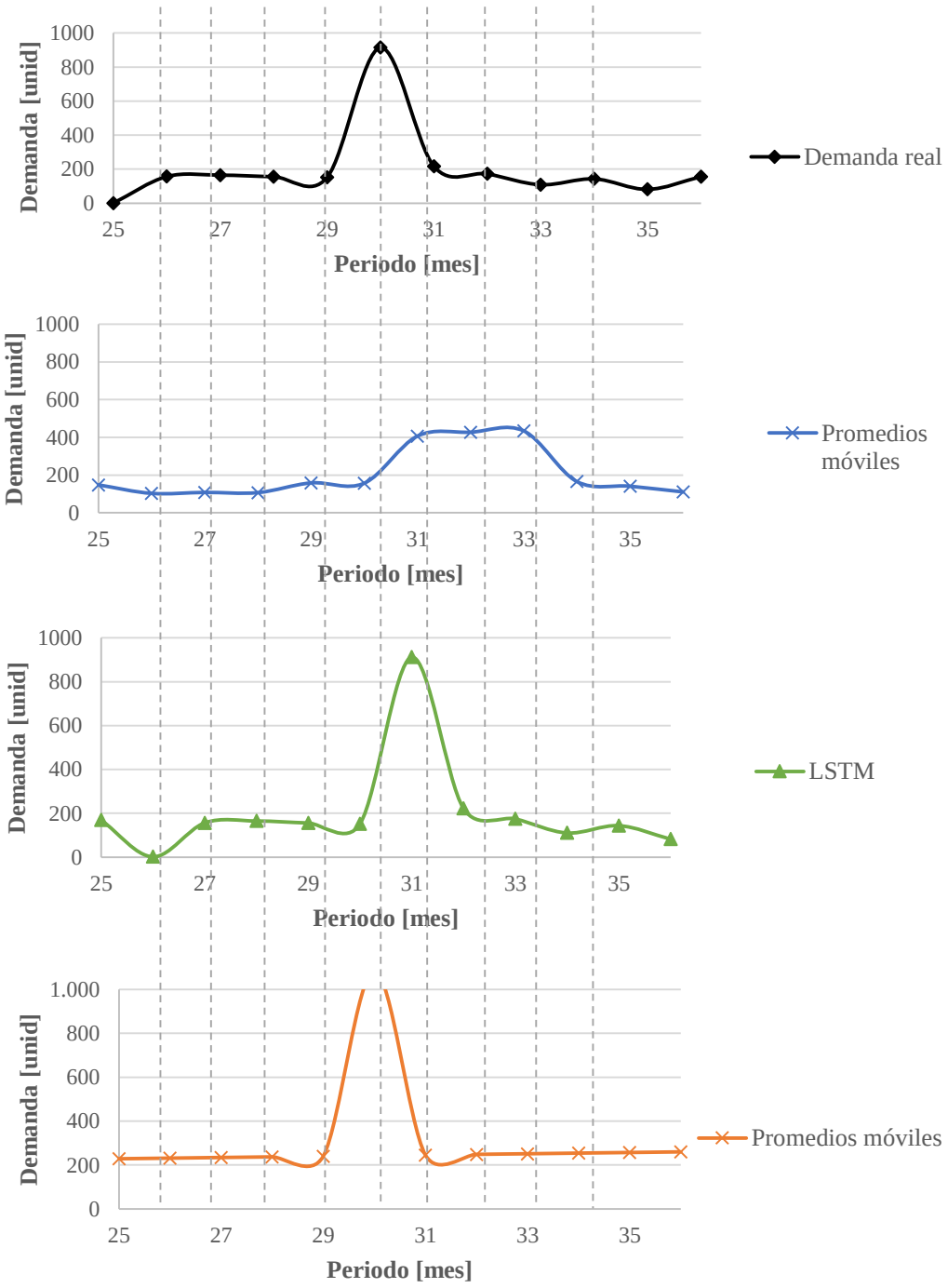
Resultados gráficos	Promedios móviles	Fact. Estacionales	LSTM**
Emula el comportamiento de demanda		X	X (medio)
Se ajusta en el tiempo		X	
Presenta comportamiento "retrasado" de pronóstico	X		X
Presenta comportamiento "adelantado" de pronóstico			

Nota: *n: Cantidad de registros históricos **LSTM: Redes de gran memoria de corto plazo. En la tabla se muestran las métricas de regresión más utilizadas en el aprendizaje automático para cuantificar el error de los pronósticos. Elaboración propia

En la figura siguiente se desglosan los pronósticos con menor raíz del error cuadrático medio, para poder observar de mejor manera el comportamiento de las gráficas, observándose que, el pronóstico por fact. estacionales tiene menor error absoluto de cálculo y emula el comportamiento de la demanda de manera más próxima.

Figura 6-4.

Desglose de pronóstico de datos ejemplo (para n < 100)) – salchicha*



Nota: *n: Cantidad de registros históricos. LSTM: Redes de gran memoria de corto plazo. Elaboración propia

En cambio, con la demanda de chorizo parrillero (producto estrella), se tiene dentro del LTA que:

Tabla VI-9

Métricas de regresión de prueba (para n <100)) – chorizo parrillero*

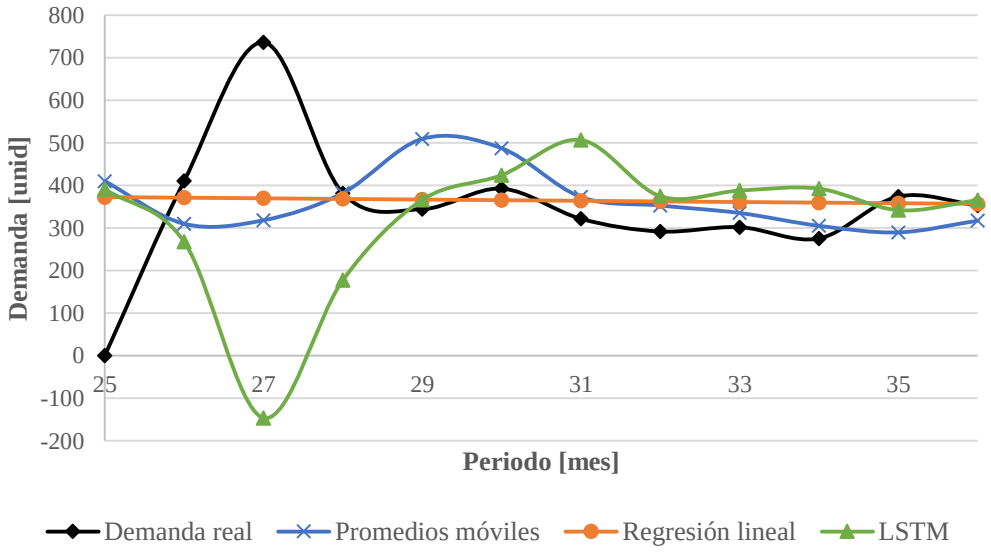
	Pronósticos		
	Promedios móviles	**Regresión lineal**	**LSTM**
MAE	124	93	182
RMSE	192	163	310

Nota: *n: Cantidad de registros históricos **MAE: Error absoluto medio. ***RMSE: Raíz del error cuadrático medio. ****LSTM: Redes de gran memoria de corto plazo. En la tabla se muestran las métricas de regresión más utilizadas en el aprendizaje automático para cuantificar el error de los pronósticos. Elaboración propia

Los coeficientes de estacionalidad no pueden aplicarse pues no se identifica a simple vista estos periodos extraordinarios, presentando un menor error con el pronóstico de regresión lineal, además que se tienen periodos cuya venta es igual a cero, donde se genera una indeterminación matemática.

Figura 6-5.

Pronóstico de datos ejemplo (para n < 100) – chorizo parrillero*



Nota: *n: Cantidad de registros históricos. LSTM: Redes de gran memoria de corto plazo. Elaboración propia

A simple vista, se observa que la regresión lineal se ajusta mejor durante los periodos de demanda normal, mientras que en los de demanda alta presentan pérdidas (Febrero, Marzo)

En base a estas dos pruebas realizadas, se puede inferir en que el método LSTM de pronóstico se puede ajustar a demandas que presenten estacionalidades, aunque generaría un pronóstico "retrasado" respecto al periodo estudiado.

6.2. Mejoras esperadas con la propuesta

Se pretende realizar un resumen de las mejoras esperadas cualitativamente hablando y en los casos posibles (que se puede acceder a los datos) cuantitativamente. Debido a la carencia de un sistema de control del inventario, se considera que con la implementación de la propuesta se generará un mayor y mejor control, junto a las mejoras expuestas a continuación.

6.2.1. Implementación del sistema propuesto para el control de inventario (aspecto lógico de formularios de registro)

- Pronósticos de ventas más precisos debido a los datos actualizados, estos datos además se podrán tomar como parámetro para los pronósticos en las temporadas altas o bajas de ventas, evitando así el exceso o déficit de inventario.
- Menor riesgo de pérdida de clientes por falta de inventario en stock o pérdida de productos por mal estado por inventario en exceso.
- Mejor control respecto a niveles actuales de inventario
- Emisión de reportes actualizados de las cantidades de inventario existente.
- Facilidad para el control de la recepción y egresos del inventario.
- Mayor control y organización de las áreas de almacén.
- Existencia de un registro de los datos de proveedores en cuanto a precio y especificaciones de lotes.
- Mayor exactitud de los datos manejados por el sistema de control
- Constancia en la actualización de datos en el sistema de control

- Agilización en el flujo de los datos entre las áreas involucradas dentro de la empresa.
- Menor probabilidad de pérdida de datos debido a siniestros por la realización de copias de seguridad semanalmente.

6.2.2. Implementación del sistema propuesto para el control de inventario (manejo de inventario y sistema de control)

- Con los manuales de procedimientos e instructivos para el uso del sistema, se prevé una mayor facilidad para capacitación del personal respecto a su utilización.
- Con el manual de funciones de usuarios del sistema, se prevé un mayor conocimiento de las funciones a realizar por cada uno de ellos dentro del sistema, respecto a manejo de formularios e indicadores.
- Reducción del nivel de pérdida del inventario que conlleva a la reducción de los costos.
- Mayor ordenamiento de almacén mediante la codificación y clasificación.
- Mayor comprensión del personal en los procedimientos de manejo del inventario.
- Menor posibilidad a presentarse dualidad de funciones ya que estas han sido distribuidas y detallados específicamente los responsables.
- Las funciones son distribuidas y especificadas por usuarios, por lo que se reduce la posibilidad de presentarse repeticiones en funciones y un mejor ordenamiento
- Las operaciones dentro del sistema han sido distribuidas entre varios usuarios, por lo que se reduce la dependencia de uno solo y se tiene un mejor aprovechamiento de las capacidades del talento humano de la empresa.

CAPÍTULO VII

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se identifica que, en forma general, dentro de las empresas del sector de producción y venta de embutidos puede presentarse un exceso o déficit de inventario cuando no se aplique un plan de manejo y control de inventarios, incurriendo en un riesgo alto aproximado del 63% de presentarse esta situación.
- El plan de manejo y control de inventarios propuesto permite llevar un registro, estimación de requerimientos, seguimiento y control de los productos ofrecidos, así como de la materia prima e insumos necesarios para su producción, procurando permitir realizar decisiones sobre cuándo ordenar y cuándo, manteniendo los costos al mínimo. A su vez, presenta un componente que permite realizar el uso, seguimiento y mantenimiento del sistema lógico de la propuesta.
- El plan de manejo y control de inventarios propuesto contiene herramientas que responden a una formulación general que corresponde a la demanda de productos embutidos y maneja un modelo de inventario híbrido (push/pull) que se ajusta a la demanda de este sector. Una empresa perteneciente al mismo, puede aplicar esta propuesta como un complemento dentro del sistema de inventario que ya posee, ajustándolo según las especificaciones que desee (ya sea en parámetros de indicadores propuestos, en procedimientos de manejo y planificación que ya tenga estandarizados para sus propias condiciones de operación o en las funciones de los distintos usuarios que manejarán y administrarán las planillas de registro de información).

- Se operacionaliza el plan de manejo y control mediante herramientas de aplicación propuestas para cada operación que permita realizarse dentro del mismo, explicadas en los respectivos manuales de procedimientos, así como en los formularios necesarios para el registro de datos y sus instructivos de llenado correspondientes. A su vez, se emplean herramientas complementarias (software de uso libre), que permiten aplicar el aprendizaje automático dentro del pronóstico de demanda, buscando de esta forma proponer instrumentos que estimen parámetros óptimos y permitan realizar decisiones eficientes, ajustados a las características del sector de aplicación.
- Contrastando las situaciones teóricas de una empresa que no aplique un plan de manejo y control de inventarios y una que sí llegue a aplicar la propuesta, se tiene un flujo de información entre áreas, asegurando la comunicación continua entre sí y descentralizando el manejo de inventario sólo al área de almacén. Además, se tiene un incremento del nivel de confianza del manejo de inventarios si se aplica la propuesta, pudiendo llegar a reducir el riesgo establecido en el diagnóstico inicial.

  Además, la aplicación de software complementario orientado al aprendizaje automático en la estimación de la demanda futura, permite obtener pronósticos que emulen el comportamiento de la demanda real de manera “más fiel” en los picos y depresiones de demanda alta y baja, sobre todo durante planeaciones a corto y mediano plazo, y con menor error respecto a los métodos tradicionales sin ajuste (como regresión lineal, por ejemplo).

  A su vez, se identifica que, si se tiene un mejor ajuste de pronóstico y, por lo tanto, menor dispersión de datos, se puede obtener menores costos totales de inventario, en la misma proporción de la reducción de demanda estimada, evitándose situaciones de sobreproducción y la generación de costos adicionales de mantenimiento de inventario.

7.2. Recomendaciones

- Antes de aplicar el plan de manejo y control de inventarios propuesto, se recomienda identificar las principales características de la demanda dentro de la empresa como, por ejemplo, temporadas de alta demanda repetitivas, ya sea anual o mensualmente, que permita al responsable identificar fácilmente y rápidamente, dentro del formulario correspondiente, el pronóstico que mejor se ajuste a estas condiciones.
- En base a la determinación inicial anterior, se recomienda realizar una supervisión continua a los resultados generados dentro del sistema, especialmente durante la fase inicial de implementación de la propuesta, puesto que el empleo de los algoritmos de uso libre complementarios requiere una fase de “entrenamiento”, cuando se manejan pronósticos probabilísticos, por lo que la presencia de aleatoriedad dentro de la estimación puede llegar a generar variación dentro de estimaciones consecutivas con una misma base de datos, siendo necesario supervisar el nivel de error que presenta cada estimación y además, considerar fijar esa aleatoriedad cuando se requiera manejar estimaciones determinísticas o se desee repetitividad dentro de las estimaciones.