

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas



Una Institución Adventista

Modelos de programación lineal y teoría de inventario para la gestión de quiebre de stock: Una revisión sistemática de la literatura

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería de Sistemas

Autor:

Luis David Alcántara Castro

Asesor:

Mg. Nemias Saboya Rios

Lima, Diciembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Nemias Saboya Rios, de la Facultad de Ingeniería y arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Modelos de programación lineal y teoría de inventario para la gestión de quiebre de stock: una revisión sistemática de la literatura**” constituye la memoria que presenta el (la) estudiante **Luis David Alcántara Castro** para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería de Sistemas, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 22 días del mes de diciembre del año 2020



Mg. Nemias Saboya Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....21.....día(s) del mes de.....diciembre.....del año 2020.... siendo las.....12:00.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Dra. Erika Inés Acuña Salinas....., el (la) secretario(a): Ing. Alex Robert Villegas Cervera y los demás miembros:..... Dr. Guillermo Mamani Apazay el (la) asesor(a): Mg. Nemias Saboya Rios.... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Modelos de programación lineal y teoría de inventario para la gestión de quiebre de stock: Una revisión sistemática de la literatura".....de los (las) egresados (as):
a)..... Luis David Alcantara Castro

.....b).....
..... conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en
..... Ingeniería de Sistemas.....
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando ...al... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por ...el... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Luis David Alcantara Castro

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ...al... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Dra. Erika Inés Acuña
Salinas



Secretario
Ing. Alex Robert
Villegas Cervera

Asesor
Mg. Nemias Saboya
Rios

Miembro

Miembro
Dr. Guillermo Mamani
Apaza

Candidato/a (a)
Luis David Alcantara
Castro

Candidato/a (b)

INDICE

1	Introducción	3
2	Revisión de la literatura	5
2.1	Quiebre de stock.....	5
2.2	Programación lineal.....	6
2.3	Teoría de inventarios	9
3	Método de revisión de la literatura	18
3.1	Necesidad de la revisión sistemática	18
3.2	Preguntas para la revisión sistemática	19
3.3	Definición de cadena de búsqueda	19
4	Estrategia PICO	20
4.1	Criterios de inclusión y exclusión	21
4.2	Fuente de Datos.....	21
4.3	Criterios de calidad.....	22
4.4	Extracción de datos	23
5	Resultados	24
5.1	Resultados de la búsqueda	24
5.2	Resultados de filtro aplicados	25
5.3	Evaluación de la calidad de los estudios:	26
5.4	Extracción de datos relevantes.....	26
5.5	Análisis bibliométrico	27
6	Conclusiones	31
7	Referencias	31

Modelos de programación lineal y teoría de inventario para la gestión de quiebre de stock: Una revisión sistemática de la literatura

Linear programming Models and Inventory Theory for stock break management: A Systematic Review of the Literature

Alcántara Castro Luis David¹[+51994124376]
luisalcantara@upeu.edu.pe

¹ Peruvian Union University, Carretera Central Km 19.5 Lima, PERU

Resumen. El presente artículo de investigación tiene como objetivo principal realizar una revisión sistemática de la literatura en la cual daremos a conocer los modelos de programación lineal y teoría de inventarios que pueden ser utilizados para la gestión de quiebres de stock, también se mostrará cuáles son las causas fundamentales que provocan un quiebre de stock en los almacenes de las organizaciones, asimismo para la elaboración del presente trabajo de investigación hicimos uso de la metodología RSL en donde optamos por realizar las distintas etapas en donde definimos el objetivo de la investigación, las preguntas de investigación y bibliométricas, la cadena de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión, los criterios de calidad y por último procedimos a la extracción de los datos los cuales nos dieron como desenlace la adquisición de artículos óptimos para la elaboración de la investigación, finalmente asumimos que la implementación de la programación lineal y la teoría de inventarios en las organizaciones mejora de manera exponencial la gestión de los almacenes.

Palabras claves: Programación lineal, Teoría de inventarios, Quiebre de Stock, Método simplex, Método Gráfico, EOQ, LEP.

Abstract. The main objective of this research article is to carry out a systematic review of the literature in which we will present the linear programming models and inventory theory that can be used for the management of stock breaks, we will also show what are the fundamental causes that provoke a stock break in the warehouses of organizations, also for the development of this research work we used the RSL methodology where we chose to perform the various stages where we defined the objective of research, the research and bibliometric questions, the search chain, the inclusion and exclusion criteria, the quality criteria and finally we proceeded to extract the data which gave us as an outcome the acquisition of optimal items for the elaboration of the research, finally we assumed that the implementation of linear programming and inventory theory in the organizations improves exponentially the management of the warehouses.

Keywords: Linear Programming. Inventory Theory, Stock of Out, Simplex Method, Graphic Method, EOQ, LEP

1 Introducción

La industria en general depende mucho de una innovación constante, si hablamos específicamente de los países menos desarrollados y enfocados al negocio farmacéutico, ellos son los que consiguen tener una mayor participación en el sector mencionado, teniendo en cuenta que no solo como importadores o compradores sino como creadores de nuevos fármacos, de acuerdo a lo señalado por el Banco Mundial el Perú es un país en crecimiento económico constante, el cual posee una de las economías que ha experimentado mayor crecimiento al largo de esta década[1].

Actualmente se cuentan con 26 droguerías multinacionales laborando en el estado peruano[2], según la resolución suprema N° 301-2011-RE determina que una droguería es un establecimiento farmacéutico dedicado a la importación, exportación, comercialización, almacenamiento, control de calidad y/o distribución de productos farmacéuticos, dispositivos médicos o productos sanitarios[2], en consecuencia exige que la empresa esté a la vanguardia de las últimas tecnologías, ya que la falta de actualización pueden delimitar si esta surge o desaparece, uno de los bienes más importantes en una empresa son sus datos, los cuales pueden utilizarse de manera inteligente para lograr una mejora potencial en la atracción de nuevos clientes, lograr abarcar mayor cantidad del mercado lo que incide en eliminar por completo la pérdidas económicas y clientes potenciales.

El problema que se encuentran en los almacenes de forma más constante es quedarse sin stock de productos o también llamado “Quiebre de Stock”, esto ocasiona pérdidas en ventas a las empresas teniendo en cuenta que, al no contar con los productos requeridos por los clientes, estos buscan una alternativa en otra empresa, que si tenga el producto que necesita en las cantidades requeridas[3]. Para evitar que el quiebre de stock suceda se puede optar por implementar dentro del control de inventarios algún modelo que ayude a poder minimizar el riesgo que el inventario de un almacén se quede sin productos para efectuar una venta y de esta forma no caer en el quiebre de stock. Dentro de los modelos para evitar el quiebre de stock se encuentran: La teoría de inventarios y la programación lineal.

El principal objetivo de esta revisión sistemática es encontrar las múltiples técnicas y modelos de programación lineal y teoría de inventarios. Asimismo, la presente revisión, permitirá comparar los modelos a elegir y cuándo utilizar uno de ellos o si es posible combinarlos y que trabajen en sintonía a fin de evitar el quiebre de stock. Al culminar se sabrá cuáles son los métodos para poder evitar el stock of out.

La distribución de este artículo está realizada de la siguiente forma: La sección II presenta el marco conceptual; la sección III busca describir la revisión sistemática de la literatura; la sección IV presenta los resultados obtenidos de la revisión y culminando, la sección V describe las conclusiones obtenidas.

2 Revisión de la literatura

2.1 Quiebre de stock

Se define como quiebre de stock u out of [4] no encontrar un producto en la sala de ventas habitual, en el sitio usual, en la forma, variedad y tamaño deseado[5]

Dentro de las industrias, las de consumo masivo y la industria del Retail son lo que se encuentran llevando la delantera en la profesionalización de la logística y buenas prácticas a nivel mundial[6] han estudiado en profundidad los quiebres de stock y gracias a extrapolar su análisis y conclusiones a otros sectores productivos podemos entender el problema de fondo, al mismo tiempo identificar sus causas y posibles soluciones[7].

Según Taosheng Wang, las causas de los productos que faltan en un quiebre de stock y las áreas responsables de estos se agrupan de la siguiente manera:

- La sala de ventas.
- Centro de distribución de la cadena (si existe).
- La oficina de gestión de compras.
- La gestión del proveedor.

Las causas posibles para los artículos faltantes son:

- Mercadería en la bodega de la sala.
- El local no realizó el ajuste de inventario correspondiente.
- El local no realizó el pedido.
- Predicción insuficiente de la demanda de productos.
- El centro de distribución no despachó a la sala.
- El centro de distribución no realizó el pedido a su proveedor.
- El proveedor no realizó la entrega en cantidad y tiempo.
- Producto decodificado temporalmente.[8]

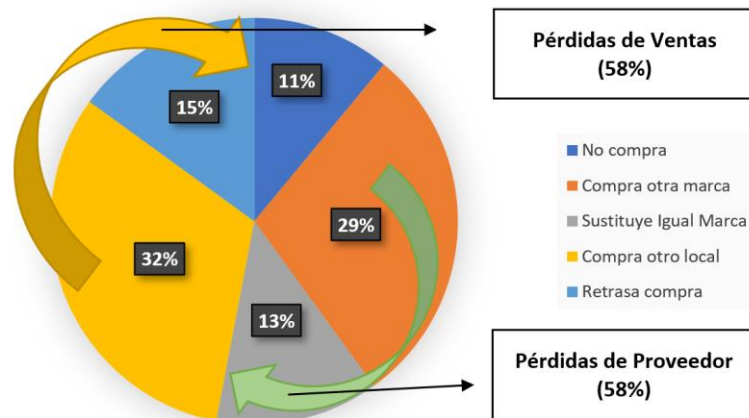


Ilustración 1 Categorización de las pérdidas analizadas

2.2 Programación lineal

La programación lineal es una rama de la programación matemática que tiene como objetivo una función lineal expresada mediante ecuación o inecuaciones lineales es utilizada en la toma de decisiones y son clasificadas en los modelos determinísticos y modelos probabilísticos, el método más utilizado de la programación es el método simplex y el método gráfico[9].

Unos ejemplos de aplicaciones en donde se aplicó la programación lineal vendrían a ser la optimización de combinaciones de cifras comerciales en una red lineal, la solución de problemas en transportes, dar soporte para la toma de decisiones en un tiempo real para obras hidráulicas, aprovechar de forma óptima todos los recursos que pueda proveer una hidrográfica.

Para el uso de la programación lineal se hace uso de números reales mayores o iguales a cero, en caso que se necesite utilizar un valor resultante el procedimiento de resolución se denomina programación entera, los pasos para resolver un problema de programación lineal son los siguientes:

- Primer paso se escogen las incógnitas.
- Segundo paso, se escribe la función del objetivo en función de los datos del problema planteado.
- El tercer paso es plasmar las restricciones en forma de sistema de inecuaciones.
- El cuarto paso es investigar y encontrar el conjunto de posibles soluciones factibles, haciendo una representación gráfica de todas las restricciones.
- El paso cinco es genera el cálculo de las coordenadas del total de vértices factibles de la solución.
- Por último, se calcula el valor de la función objetivo en cada uno de los vértices y presenta el valor máximo y mínimo.

2.2.1 Métodos para la resolución de problemas de programación lineal

- **Modelo de transporte:**

En el modelo de transporte se muestra una red de caminos, en este caso tenemos varios puntos en los cuales se producirá algo y en otros que se van a demandar. Cuando hablamos de los costos de transporte lo que se quiere es elegir el camino en el cual el coste sea el mínimo y se debe elegir el centro de producción a atender y por consiguiente entenderemos cada demanda[10].

- **Modelo de asignación:**

El modelo de asignación utiliza el algoritmo húngaro, para este tipo de modelo se necesita primero definir una variable, llamada variable dual que será representada por a_{ij} y el funcionamiento es el siguiente[10].

SI $a_{ij} = 1$ Entonces el señor i ocupa el puesto j .

SI $a_{ij} = 0$ Entonces el señor i ocupa el puesto j .

Lleva como nombre variable dual por que únicamente puede tomar dos valores

- **Modelo de ordenación de tareas:**

El modelo de ordenación de tareas estudia los tiempos de demora que depende si se realiza una tarea después de otra, mayormente este modelo se utiliza para reducir costos[10].

$$\text{Min } \sum a_{ij} * t_{ij}$$

- **Modelo de mochila:**

Para poder entender el método de la mochila pondremos un ejemplo, en este caso una señora está en un supermercado y lleva un cochecito con una capacidad N, y se sabe que cada objeto pesa P_i , de cada N productos que la señora va a llevar una cantidad pequeña de cada uno de los productos escogidos, ¿cómo llenamos el coche de la señora, al fin que el peso sea el mínimo[10].

Solución:

$$\text{F. O. : Min } \sum n_i * P_i$$

Siendo " n_i " el numero de objetos del tipo i que llevará:

$$\begin{aligned} \text{S. a. : } n_i &\leq N_i \\ \sum n_i &\leq N \end{aligned}$$

Siendo que N_i es el número total de productos con el cual se dispone.

- **Método simplex:**

El método Simplex es un método interactivo utilizado para determinar, numéricamente, la solución óptima de un modelo de Programación Lineal, es considerado como un método analítico de solución de problemas capaz de resolver modelos muy complejos, la importancia del método simplex en la programación lineal se debe a que requiere todas las funciones matemáticas, el método simplex fue un método sugerido para la solución de problemas de programación lineal[11]. Según Mansilla[11], el método Simplex comprende los siguientes pasos:

- Paso 1: Encontrar una solución básica factible.
- Paso 2: Comprueba si la solución actual es óptima. Si es así, detente. Si no, ve al paso 3.
- Paso 3: Determinar la variable no básica que debe entrar en la base.
- Paso 4: Determinar la variable básica que debe salir de la base.
- Paso 5: Actualizar el sistema para determinar la nueva solución básica factible, y volver al paso 2.

	x^T c^T	
$x_0 \ C_0$	A	B
	$C^T - C_0^T A$	$-C_0^T B$

Ilustración 2 Método Simplex para minimización

Dónde:

- CT es el vector lineal de los costos correspondientes.
- X es el vector desconocido de la columna (incluyendo las variables de brecha, exceso y artificiales).
- A es la matriz de coeficientes de las ecuaciones de restricción.
- B es el vector de la columna de los valores a la derecha de las ecuaciones que representan las restricciones.
- Xo es el vector de la columna de la brecha y las variables artificiales; Co es el vector de la columna del costo asociado a las variables en Xo.

- **Método gráfico:**

Este es un método que tiene como primer procedimiento la elaboración de un gráfico que tenga como objetivo mostrar las posibles soluciones (X1 y X2), El gráfico contendrá los valores X1 en el eje horizontal y X2 en el eje vertical[10].

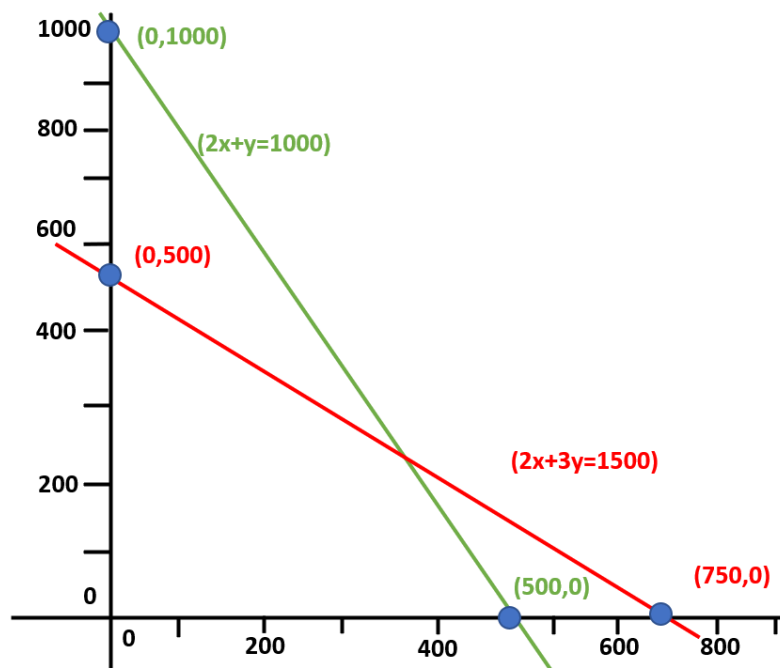


Ilustración 3 Método gráfico

En el gráfico presentado podemos visualizar el eje X1 y el eje X2 y podemos visualizar cada desigualdad del sistema de restricciones.

- **Método de las dos fases:**

El método de las dos fases es aplicado cuando existen restricciones de modo que el tipo es mayor o igual, la manera de tratar las restricciones para convertir las desigualdades en igualdades en el siguiente caso[9].

$$\Sigma a_{ij} * X_j \geq b_i$$

Lo pondremos transformar en

$$\Sigma a_{ij} * X_j - Y_k = b_i$$

donde Y_k será una nueva variable denominada variable de holgura.

Donde Y_k es la nueva variable denominada variable de holgura, si introdujéramos dicha operación en la tabla de simplex, nos daría lugar a una base inicial no factible, por lo que, para poder resolver el problema, tendremos que aplicar una técnica de manera diferente[9].

Esta técnica cuenta con dos fases, lo que se hace es realizar un tratamiento para el futuro uso del método simplex con el objetivo de crear una base inicial factible[9].

- **Método de cambio de variable:**

En ciertas ocasiones se encuentra con un problema en el cual se muestran variables y puede ser conveniente someter estas variables a un cambio de variables para poder acomodarlo y aplicar el método simplex, es decir solo se busca que la ecuación no contenga una restricción de positividad[10].

2.3 Teoría de inventarios

Nace a raíz de la necesidad de planificar y tomar control de todo el flujo y volumen de productos de una organización, incluyendo a los proveedores de materia prima, hasta llegar a la entrega a los consumidores finales[12]

Según Taylor[13] pueden clasificar los inventarios en 5 tipos:

- Inventario de materias primas: Lo conforma todo lo relacionado a materia prima que está a la espera de su transformación para llegar a ser un producto terminado.
- Inventario de productos semiterminados: Es el inventario conformado por productos o artículos que han pasado por un pequeño proceso de manufactura para luego incorporarse a un producto mayor y de esta forma formar un producto terminado, otra forma en la cual se conoce es como inventario de componentes.
- Inventario de empaquetado: Se compone por los productos y artículos utilizados para preservar y o empaquetar los productos terminados para su posterior venta, asimismo
- Inventario de consumibles: Están dentro de este inventario los artículos que no se usan en el producto terminado, pero son necesarios en la cadena de fabricación del mismo.
- Inventario de Productos terminados: Conformado por todos los productos/artículos completos, que están listos para la venta al consumidor final.

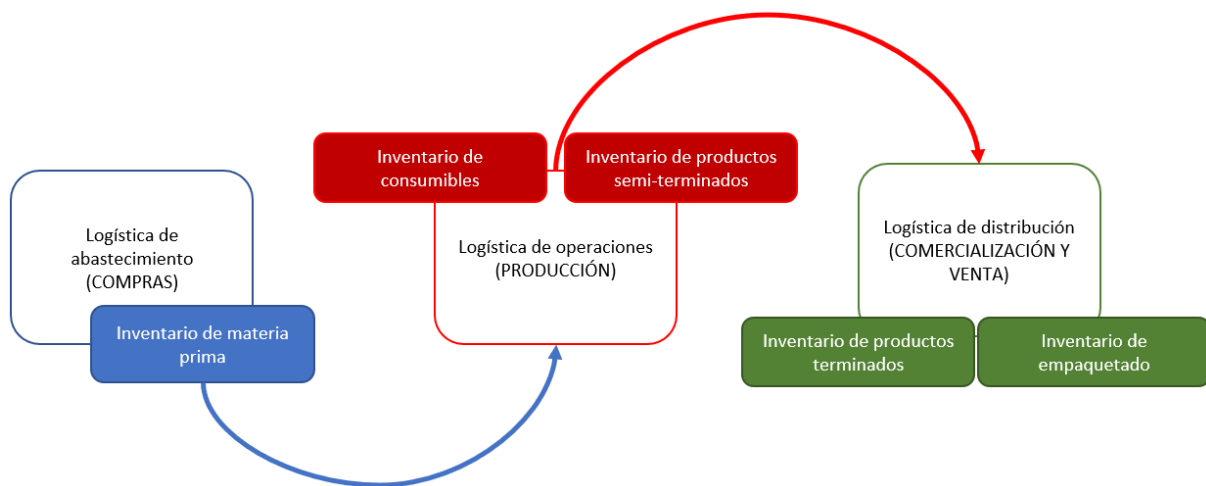


Ilustración 4 Cadena logística con sus respectivos Inventarios.

2.3.1 Métodos para evaluar inventarios

Existen muchos métodos, pero entre los que están más presentes tenemos:

- Método PEPS o FIFO: Está basado en el esquema que consiste, el primer producto en ingresar es el primer producto en salir, este método está más adaptado a las necesidades reales del mercado gracias a emplear una valoración que se basa en los costos más recientes[14].
- Método UEPS o LIFO: A diferencia con el método FIFO, este método dispone que el último producto en ingresar es el primero producto en salir. La ventaja que proporciona es que en el momento que ocurra un alza general en los precios, este inventario mantendrá su valor de forma estable[14].
- Método del costo promedio aritmético: El resultado de este método será dado por la media aritmética del valor unitario de los artículos[14].
- Método del promedio ponderado o armónico: Se logra calcular promediando el ponderado el costo de los precios con las unidades que han sido adquiridas, procediendo luego a dividir el total de los importes entre el total de unidades[14].
- Método del saldo o costo promedio móvil: Este método busca calcular el valor que tiene la mercancía, con respecto a las variaciones que se producen por las salidas y entradas, el resultado es obtener promedios sucesivos[14].
- Método del Costo Básico: Consta de atribuir valores estáticos a las existencias mínimas, tiene mucha similitud con el método LIFO, difieren en que el método de costo básico solo se aplica a la cantidad del inventario mínimo[14].

2.3.2 Modelos de inventarios

Nacen con la finalidad de ayudar a determinar la frecuencia y cantidad con la cual se debe de reabastecer el inventario, de forma que se pueda llegar a minimizar costos o sumas de costos por una unidad de tiempo determinada[15]

Según la demanda, que la entendemos como el consumo en un tiempo determinado o potencial de consumo, los modelos se dividen en:

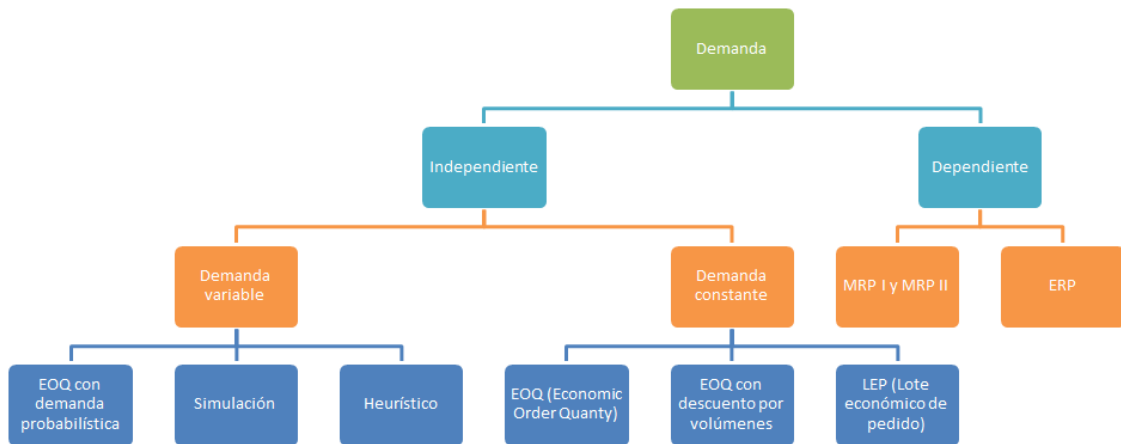


Ilustración 5 Modelos de inventarios según la demanda

2.3.3 Modelo EOQ (Economic Order Quantity) sin faltante.

Es un modelo de inventario determinístico que presenta las siguientes características[15]:

- La demanda es conocida por ende es constante.
- No se admiten faltantes.
- El inventario tiene un costo.
- Los pedidos tienen un costo.
- Los costos no varían en el tiempo, son constantes.
- En cuanto a la reposición de productos/artículos es instantánea, significa que no existen periodos de tiempo en el cual el pedido se demora, siempre llega completo y se reabastece de forma inmediata cuando llega a cero.

En la siguiente gráfica se muestra la cantidad del inventario requerido con respecto al periodo de tiempo para el modelo EOQ sin faltante:

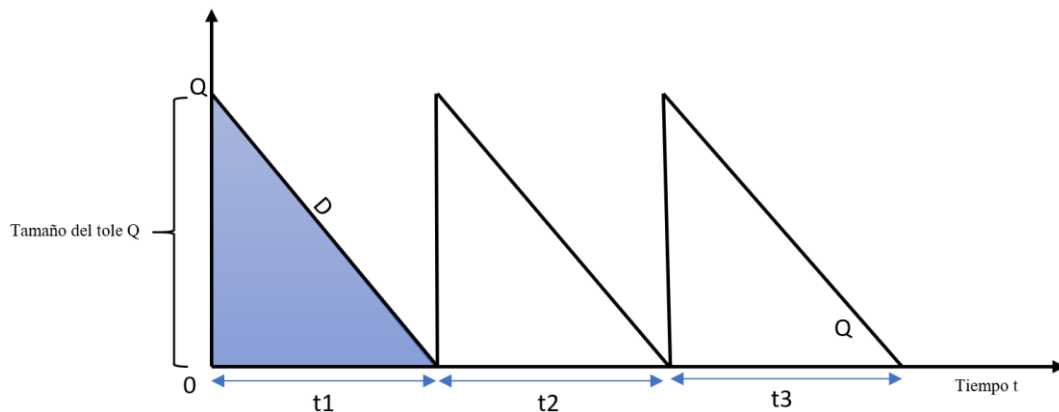


Ilustración 6 Cantidad de inventario con respecto al tiempo para modelo EOQ sin faltante

Gracias a la información que nos proporciona la gráfica determinamos que la ecuación del costo por periodo es:

$$C(Q) = C_u \cdot Q + C_p + C_m \left(\frac{t_i \cdot Q}{2} \right) \quad (1)$$

Donde:

C(q) = Costo en un periodo en función de la cantidad Q

C_u = Costo de adquisición

C_p = Costo de pedido

Cmi = Costo de mantener inventario

T1 = Tiempo en periodo 1

Sin olvidarnos que el número de periodos N y el tiempo t se ligan a la demanda D y a la cantidad de inventario Q:

$$N = \left(\frac{D}{Q}\right) \quad (2)$$

$$t = \left(\frac{Q}{D}\right) \quad (3)$$

Todo lo anteriormente mencionado permitirá analizar cómo se comportan los costos asumidos por la actividad llevada en extensos periodos. Gracias al modelo EOQ, en el cual Cantidad es la única variable independiente, se puede determinar un Costo total al multiplicar la Función de pedido por N. De esta forma para un caso específico se obtiene que el Costo total anual por pedidos CTA(Q)[15] es:

$$\begin{aligned} CTA(Q) &= \left[C_u \cdot Q + C_p + C_{m1} \left(\frac{t \cdot Q}{2}\right) \right] \cdot N \\ CTA(Q) &= C_u \cdot Q \cdot \left[\frac{D}{Q}\right] + C_p \cdot \left[\frac{D}{Q}\right] + C_{m1} \left(\frac{t \cdot Q}{2}\right) \cdot \left[\frac{D}{Q}\right] \\ CTA(Q) &= C_u \cdot D + C_p \cdot \left[\frac{D}{Q}\right] + C_{m1} \left(\frac{t \cdot D}{2}\right) \\ CTA(Q) &= C_u \cdot D + C_p \cdot \frac{D}{Q} + \frac{1}{2} C_{m1} \cdot Q \quad (4) \end{aligned}$$

La relevancia de estos tipos de modelos matemáticos no se quedan en ayudar a determinar el costo total de la actividad, sino también en tratar de encontrar la solución más óptima que pueda satisfacer las expectativas del sector producción[16][16][16][16]. Por ello se debe optimizar la función para la minimización de costos y con esto obtener beneficios mucho mayores. Logramos esto al derivar la función CTA(Q) con respecto a las cantidades Q, y luego al igualar a cero despejando la función para de esta manera tener como resultado la cantidad óptima de artículos que se deben tener en el inventario[17]

$$\begin{aligned} \frac{dCTA(Q)}{dQ} &= -C_p \cdot \frac{D}{Q^2} + \frac{1}{2} C_{m1} = 0 \\ C_p \cdot \frac{D}{Q^2} &= \frac{1}{2} C_{m1} \end{aligned}$$

Al despejar Q:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_{m1}}}$$

En la cual Q representa la cantidad óptima de productos y esta Q depende de C_p y C_{MI} . Debemos tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Al elegir una cantidad menor a la cantidad óptima, se aprecia que los costos de mantenimiento de inventario son menores a los costos que generan los pedidos, esto se traduce en:

$$C_p > C_{MI}$$

- Cuando es elegida la cantidad óptima, los costos de pedido e inventario se igualan.

$$C_p = C_{MI}$$

- Y al elegir una cantidad mayor a la óptima, los costos de los inventarios son mayores a los costos generados por los pedidos

$$C_p < C_{MI}$$

2.3.4 Modelo EOQ (Economic Order Quantity) con faltante.

Tiene los mismos supuestos que el modelo EOQ sin faltante, siendo que en este caso si se admiten faltantes. Se usa en el caso que no se puede abastecer por completo la demanda requerida en un periodo de tiempo específico, y se pide a los consumidores una extensión en el plazo hasta volver a dar abasto el inventario, se debe actuar bajo el modelo EOQ con faltantes si solo si el cliente acepta la prórroga del tiempo que se ha pedido.

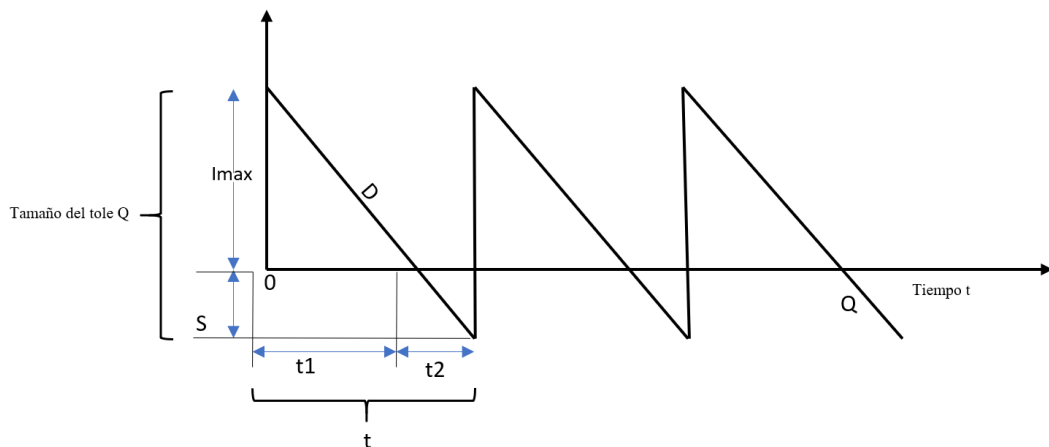


Ilustración 7 Cantidad de inventario con respecto al tiempo para modelo EOQ con faltante

La ecuación que obtenemos para determinar el costo por periodo es:

$$C(QS) = CuQ + C_p + t_1 \frac{Imax}{2} C_{mi} + \frac{t_2 S}{2} C_f$$

Cuando efectuamos la ecuación por semejanza de triángulos se hace posible hallar los valores de t_1 y t_2 que es igual:

$$t_1 = \frac{Q - S}{D}$$

$$t_2 = \frac{S}{D}$$

$$Imáx = Q - S$$

En donde tenemos que:

$C(Q, S)$ = Sin costo en un periodo en función de la cantidad Q y faltante S
 C_u = Costo de adquisición
 C_p = Costo pedido
 C_{MI} = Costo de mantener inventario
 C_f = Costo debido al faltante
 S = Faltante
 t_1 = Tiempo en el que se acaba el inventario
 t_2 = tiempo de retraso
 $Imáx$ = Inventario máximo

Reemplazando en la función de costos de un pedido obtenemos:

$$C(Q, S) = C_u \cdot Q + C_p \frac{1}{2} \left(\frac{Q-S}{D} \right) (Q-S) \cdot C_{MI} + \frac{DS^2}{2} C_f$$

$$C(Q, S) = C_u \cdot Q + C_p + \frac{(Q-S)^2}{2D} \cdot C_{MI} + \frac{DS^2}{2} C_f \quad (5)$$

Luego se multiplica la expresión por N determinamos el Costo total en un periodo de tiempo prolongado por ejemplo en un periodo anual:

$$C(Q, S) = C_u \cdot D + \frac{D}{Q} C_p + \frac{(Q-S)^2}{2Q} \cdot C_{MI} + \frac{S^2}{2Q} C_f \quad (6)$$

Seguidamente para poder encontrar las cantidades de S y Q óptimas (que generen los costos mínimos para cada una), derivamos parcialmente cada variable independiente e igualamos a cero:

$$\frac{\partial C(Q, S)}{\partial S} = -\frac{(Q-S)}{Q} \cdot C_{MI} + \frac{S}{Q} C_f = 0$$

$$\frac{\partial C(Q, S)}{\partial C} = -\frac{C_p \cdot D}{Q^2} + \frac{(Q-S)}{Q} \cdot C_{MI} - \frac{(Q-S)^2}{2Q^2} \cdot C_{MI} - \frac{S^2}{2Q^2} C_f = 0$$

Desarrollamos (2) con $(2Q^2)$ usándolo como mínimo común denominador, tanto como Q y (Q-S) de (1) nos queda:

$$-2C_p D + 2Q(Q-S)^2 C_{MI} - S^2 C_f = 0$$

$$Q = \frac{S \cdot C_f + C_{MI} \cdot S}{C_{MI}}$$

$$Q - S = \frac{C_f \cdot S}{C_{MI}}$$

Reemplazamos Q y (Q-S) en (3) y de esa forma despejamos la que será S óptima, que se da por:

$$S^* = \sqrt{\frac{2C_p \cdot D}{C_f}} \cdot \sqrt{\frac{C_{MI}}{C_f + C_{MI}}}$$

Al reemplazar S* que acabamos de hallar calculamos Q óptima, que se da por:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_p \cdot D}{C_f}} \cdot \sqrt{\frac{C_f + C_{MI}}{C_f}}$$

2.3.5 Modelo LEP (Lote económico de producción) sin faltante.

Este modelo se diferencia de los anteriores mostrados en que no pide los productos ya que estos son producidos por la propia entidad, se caracteriza por:[15]

- Tener una demanda constante, conocida.
- No se admiten faltantes.
- El mantener un inventario tiene un costo.
- Producir tiene un costo.
- Existen los costos por operaciones.
- Como la demanda los costos son constantes.
- La tasa de demanda es menor a la tasa de producción.

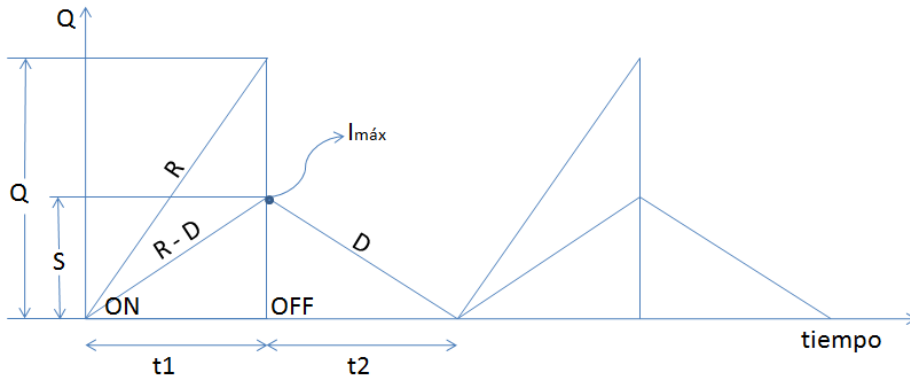


Ilustración 8 Cantidad de inventario con respecto al tiempo para modelo LEP sin faltante

En donde:

R = Tasa de producción
D = Tasa de demanda
Q = R * t1

En este modelo todo gira en torno a los niveles de producción por ende se estará hablando de costos por orden de producción (Cop), siendo este el que repercute al ordenar fabricar una cantidad de artículos en vez del costo de pedido en los anteriores modelos [17]. Por ello el Costo total de un periodo se da por:

$$C(Q) = Cu \cdot Q + Cop + \frac{(t1 + t2) \cdot I_{m\acute{a}x}}{2} \cdot C_{MI}$$

Como debemos considerar que todo está en función de Q deducimos de nuestro anterior gráfico que:

$$I_{m\acute{a}x} = t1(R - D) = \frac{Q}{R}(R - D) = Q \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

$$I_{m\acute{a}x} = Q \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

Donde:

$C_{(Q)}$ = Costo en un periodo en función de la cantidad Q
Cu = Costo de producir
Cop = Costo de operación
Cmi = Costo de mantener inventario
t1 = Tiempo en el se produce
t2 = Tiempo que transcurre desde el Imax hasta 0
Imax = Inventario máximo
R = Tasa de producción
d = Tasa de demanda

Reemplazamos en la función de Costo total de periodo:

$$C(Q) = Cu \cdot Q + Cop + \frac{1}{2} \left(\frac{Q}{D} \right) \left[\left(1 - \frac{Q}{D} \right) \cdot Q \right] C_{MI} \quad (6)$$

Seguidamente pasamos a calcular la función de Costo total en un periodo prolongado, podemos tomar como ejemplo un periodo anual y obtendremos:

$$CTA(Q) = Cu \cdot D + Cop \left(\frac{D}{Q} \right) + \frac{1}{2} \left[\left(1 - \frac{D}{R} \right) \cdot Q \right] C_{MI} \quad (7)$$

Luego determinamos la cantidad óptima denominada Q^* partiendo de CTA, para ello debemos derivar, seguidamente igualamos a cero y por último despejamos:

$$\frac{dCTA(Q)}{dQ} = -Cop \left(- \right) + - \left[\left(1 - \frac{D}{R} \right) \right] C_{MI} = 0$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_{op}D}{C_{MI} \left(1 - \frac{D}{R} \right)}}$$

2.3.6 Modelo LEP (Lote económico de producción) con faltante.

Este modelo se usa cuando los clientes aceptan una prórroga de entrega pedida por la empresa cuando esta tiene que reabastecer su stock para poder cumplir con los pedidos[15], se caracteriza por:

- Tener una demanda constante, conocida.
- No se admiten faltantes.
- El mantener un inventario tiene un costo.
- Producir tiene un costo.
- Existen los costos por operaciones.
- Como la demanda los costos son constantes.
- La tasa de demanda es menor a la tasa de producción.

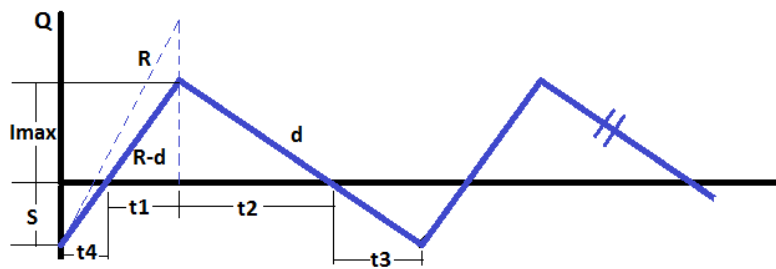


Ilustración 9 Cantidad de inventario con respecto al tiempo para modelo LEP con faltante.

Donde:

R = Tasa de producción.

d = Tasa de demanda.

Gracias a nuestro gráfico determinamos que la ecuación del costo de un periodo es:

$$C_{(QS)} = CuQ + Cop + Cmi \frac{(t1 + t2)Imax}{2} Cf + \frac{Cf(t3 + t4)}{2} S$$

Teniendo que:

$C_{(QS)}$ = Costo en un periodo en función de la cantidad Q
 C_u = Costo de producir
 C_{op} = Costo de operación
 C_{mi} = Costo de mantener inventario
 t_1 = Tiempo en el que se produce después de nivelarse los productos pendientes
 t_2 = Tiempo que transcurre desde el $I_{máx}$ hasta 0
 $t_1 + t_2$ = Tiempo en agotar existencias
 t_3 = Tiempo en que empiezan a acumularse pedidos pendientes o faltantes
 $I_{máx}$ = Inventario máximo
 R = Tasa de producción
 d = Tasa de demanda

Así mismo deducimos que:

$$\begin{aligned}
 I_{max} &= t_1 (R - d) \\
 I_{max} &= dt_2 \\
 S &= dt_3 \\
 S &= t_4(R - d)
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$\begin{aligned}
 I_{max} + S &= (t_2 + t_3)d \\
 I_{max} + S &= (t_1 + t_4)(R - d) \\
 I_{max} &= \frac{Q}{R}(R - d) - S \\
 I_{max} &= Q \left(1 - \frac{d}{R}\right) - S
 \end{aligned}$$

Gracias a las expresiones previas, planteamos que:

$$\begin{aligned}
 t_1 + t_2 &= \frac{I_{max}}{R - d} + \frac{I_{max}}{d} \\
 t_1 + t_2 &= \left[Q \left(1 - \frac{d}{R}\right)\right] \left(\frac{1}{R - d} + \frac{1}{d}\right) \\
 t_3 + t_4 &= S \left(\frac{1}{R - d} + \frac{1}{d}\right)
 \end{aligned}$$

Habiendo llegado hasta aquí podemos decir que tenemos todo para poder realizar el planteamiento de la ecuación del costo total:

$$C_{(QS)} = C_u Q + C_{op} + \frac{C_{mi}}{2} \left[Q \left(1 - \frac{d}{R}\right) - S\right]^2 \left(\frac{1}{R - d} + \frac{1}{d}\right) + \frac{C_f S^2}{2} \left(\frac{1}{R - d} + \frac{1}{d}\right)$$

$$CTA_{(QS)} = C_u d + C_{op} \frac{d}{Q} + \frac{C_{mi}}{2Q} \left[Q \left(1 - \frac{d}{R}\right) - S\right]^2 \frac{1}{1 - d/R} + \frac{C_f S^2}{2Q} \frac{1}{1 - d/R}$$

Nos ayudamos de un artificio que es hacer que $A = 1 - d/R$ para poder realizar el procedimiento de hallar los óptimos. Con esto calculamos:

$$\frac{\partial CTA}{\partial Q} = 0 = -C_{op} \frac{d}{Q^2} + \frac{C_{mi} A}{2} - \frac{C_{mi} S^2}{2Q^2 A} - \frac{C_f S^2}{2Q^2 A}$$

$$\frac{\partial CTA}{\partial S} = 0 = -C_{mi} + \frac{C_{mi}S}{AQ} + \frac{C_f S}{AQ}$$

Obteniendo al final los faltantes y cantidad óptimos, que son los siguientes:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_{op}D}{C_{mi}(1 - d/R)}} \sqrt{\frac{C_{mi} + C_f}{C_f}}$$

$$S^* = \sqrt{\frac{2C_{op}D}{C_f}} \sqrt{1 - \frac{d}{R}} \sqrt{\frac{C_{mi}}{C_{mi} + C_f}}$$

3 Método de revisión de la literatura

3.1 Necesidad de la revisión sistemática

Cuando tocamos el tema de la necesidad de la revisión de la literatura hablamos acerca de hacer un resumen del tema a tratar, el objetivo de esta es brindar a los lectores un fácil acceso a la investigación, proporcionar un punto de vista a partir de los investigadores por consiguiente asegurar que los investigadores no dupliquen el trabajo que ya se ha desarrollado.

En esta revisión sistemática de la literatura se muestra que el presente artículo surge de las interrogantes y poder identificar cómo los Modelos predictivos de programación lineal y teoría de inventario para predicción de quiebre de stock pueden ofrecer ventajas y desventajas hacia una organización.

CAMPO	VALOR
Objetivo de estudio	Teoría de inventarios y Programación lineal para mejora de predicción de quiebre de stock.
Propósito	Sistematizar y describir
Foco	Aplicaciones, modelos predictivos
Involucrados	Gestión de inventarios, modelos de pronóstico, jefatura de almacén, gerencia, área de comercial.

3.2 Preguntas para la revisión sistemática

Para poder definir el objetivo de estudio se debe limitar a las preguntas de investigación, esto determina el punto de partida de lo que se quiere estudiar.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN:
¿Qué modelos predictivos de gestión de inventarios existen?
¿Cuáles son las características de estos modelos predictivos en la gestión de inventario?
¿Cuáles son las ventajas que ofrece la implementación de la teoría de inventarios?

Se muestra en el siguiente cuadro las preguntas bibliométricas para lograr obtener la mejor visibilidad sobre la tendencia que existe en nuestro tema de investigación, las preguntas se detallan en la siguiente tabla.

PREGUNTAS BIBLIOMÉTRICAS:
¿Cuáles son las revistas de investigación que hablan sobre estos temas en los últimos 5 años?
¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios relacionados a los modelos predictivos de programación lineal y teoría de inventarios?
¿Qué cantidad de publicaciones que hablan sobre modelos predictivos de teoría de inventarios y programación lineal se han podido encontrar?
¿Qué motores de búsqueda se utiliza para la creación del trabajo de investigación?

3.3 Definición de cadena de búsqueda

La forma elegida para el desarrollo de la cadena de búsqueda es la estrategia PICO, esta estrategia nos brinda un proceso interactivo el cual se muestra la investigación, tendremos en cuenta los artículos de interés, utilizando los siguientes criterios.

Se realizó una búsqueda en las bases de datos utilizando un filtro de búsqueda para seleccionar los temas más relevantes sobre el tema que se desea tratar.

3.3.1 Población:

Entidad: Constructos para realizar la revisión bibliográfica.

Término principal 1: Modelos predictivos.

Términos Alternos: Análisis predictivo.

Justificante: Se desea conocer los modelos predictivos que existen y se usan en la actualidad para dar soluciones de abastecimiento.

Término principal 2: Programación lineal.

Términos alternos: Técnicas, métodos, modelos.

Justificante: Realizar búsquedas que contengan la frase Programación lineal.

Término principal 3: Teoría de inventarios.

Términos alternos: Técnicas, métodos, modelos.

Justificante: Realizar búsquedas que contengan la frase Teoría de inventarios.

3.3.2 **Intervención:**

Entidad aplicada a los modelos predictivos para predicción de quiebre de stock.

Término principal: Predicción de quiebre de stock.

Términos alternos: Pronóstico de quiebre de stock, proyección de quiebre de stock.

Justificante: Se selecciona estos elementos para conocer de cerca los tipos de pronósticos de quiebre de stock que existen.

Término principal 2: Modelos determinísticos.

Términos alternos: Métodos determinísticos.

Justificante: Se selecciona este término por ser elemento de intervención.

Término principal 3: Modelos probabilísticos.

Términos alternos: Métodos probabilísticos.

Justificante: Se selecciona este término por ser elemento de intervención.

Término principal 4: Método simplex.

Términos alternos: Método gráfico, método de la M, método de dos fases.

Justificante: Se selecciona este término por ser elemento de intervención.

3.3.3 **Resultado:**

Entidad: Propuestas y experiencias de la aplicación de modelos predictivos de programación lineal y teoría de inventarios para la predicción de quiebre de stock.

Término principal: Experiencias.

Términos alternos: propuestas, aplicaciones.

4 **Estrategia PICO**

CONCEPTO	TÉRMINOS EN INGLÉS
Población	(mode* or analyst*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and Theo*) and (tech* or meth* or mode*)
Intervención	(stock* and break*) or (mode* or meth* and determine* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)
Comparación	no aplica
Resultado	(aplica* or experi* or propos*)
Contexto	no aplica

4.1.1 Criterios de inclusión y exclusión

Al culminar la elaboración de las búsquedas en las diferentes fuentes de base de datos, tenemos que someterlos a una ardua evaluación para poder delimitar cuales son los estudios que nos favorecen, los criterios de exclusión se muestran en la siguiente tabla, donde se muestra lo que necesariamente debe de tener los estudios encontrados, en caso contrario el estudio no cuenta con ninguno de los parámetros delimitados será excluido el objetivo de los criterios de inclusión y exclusión es lograr tener una evaluación correcta de la información que se está incluyendo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	
C.I.1	Solo se considerarán todos aquellos artículos provenientes de las librerías indexadas (Google Scholar, iExplore IEEE, ACM, Science Direct, Springer, Taylor and Francis Online)
C.I.2	Los artículos deben provenir del Área de ingeniería de software
C.I.3	Solo se aceptarán artículos que contengan programación lineal, teoría de inventarios y quiebre de stock.
C.I.4	Solo se considerarán artículos que se encuentren dentro del rango de temporalidad, con algunas excepciones (2005-2020).
C.I.5	Se aceptarán artículos provenientes de revistas científicas, conferencias, páginas web.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	
C.E.1	Los artículos que son duplicadores serán excluidos.
C.E.2	Serán rechazados los artículos que cuenten con contenido similar, adoptando sólo los artículos que cuenten con información completa.
C.E.3	Serán excluidos los estudios secundarios, estudios terciarios y resúmenes
C.E.4	Serán excluidos los artículos que no sean encontrados en las plataformas designadas
C.E.5	Serán excluidos los artículos cuyo título no tenga relación con el objetivo del estudio

Se consideró solo los artículos que estén dentro de los 15 años designados en la tabla de criterios de inclusión, el objetivo de utilizar artículos con fechas dentro de los años 2005 hasta el año 2020 es utilizar estudios con información actualizada, para poder implementar la programación lineal.

4.2 Fuente de Datos

Las bases de datos digitales que fueron contemplados por la relevancia e importancia que tienen sus publicaciones en artículos fueron las siguientes:

- Google Scholar (<https://scholar.google.com/>)
- SciELO (<https://scielo.org/>)
- IEEE Xplore (<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>)

- Taylor and Francis Online (<https://www.tandfonline.com/>)
- EBSCO (<https://www.ebsco.com/public-libraries>)

4.3 Criterios de calidad

Siguiendo con el método de búsqueda, realizamos un esquema de evaluación de calidad de todos los artículos que fueron seleccionados para investigar de una manera profunda y lograr evaluar si cumplen el control de calidad o no, se ha establecido una lista de reglas que se debe seguir con el objetivo de evaluar si cumple con las expectativas planteadas, teniendo en cuenta las siguientes criterios, Si cumple (S) = 1, Cumple parcialmente (P) = 0.5 y No cumple (N) = 0 [2], en la siguiente tabla se muestra todos los criterios de evaluación manejados.

Nro.	Criterio de evaluación de calidad
C-1	¿Ha sido documentado correctamente el método seleccionado para llevar a cabo la investigación?
	S: Si fue documentado apropiadamente el método seleccionado.
	P: Fue documentado parcialmente el método seleccionado.
	N: No fue documentada con el método seleccionado.
C-2	¿El trabajo contiene amenazas a la validez?
	S: El trabajo de investigación aborda amenazas totalmente
	P: El trabajo de investigación aborda amenazas parcialmente
	N: El trabajo de investigación no detalla ninguna amenaza
C-3	¿El trabajo muestra las limitaciones de manera clara en la documentación?
	S: Se documento de una manera clara todas las limitaciones
	P: Se documento de una manera parcial las limitaciones
	N: No se logró documentar de ninguna manera las limitaciones
C-4	¿Los aportes del estudio de las comunidades científicas, académicas o de las industrias fueron descritos?
	S: Fueron mencionados de una manera clara los aportes de estudio
	P: Fueron mencionados parcialmente los aportes del estudio
	N: No fueron mencionados los aportes del estudio
	¿Se lograron responder las interrogantes de investigación con los resultados aportados por el estudio?

C-5	S: Fueron respondidas las preguntas de investigación con los resultados adquiridos
	P: Fueron respondidas algunas preguntas de investigación con los resultados obtenidos
	N: No se logró responder ninguna pregunta de investigación
C-6	¿Con las conclusiones identificadas se respondieron los objetivos de la investigación?
	S: La conclusión llega a responder los objetivos y logran cumplir un desarrollo previo de los resultados
	P: La conclusión logra responder de una manera no muy clara los objetivos y tiene un desarrollo previo en los resultados
	N: La conclusión llega a responder de una manera no tan asertiva los objetivos

4.4 Extracción de datos

Continuando con el apartado de extracción de datos, se elaboró un formulario para poder lograr resolver las preguntas planteadas, en el siguiente formulario se detalla el criterio, detalle y la relevancia de la información encontrada.

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador		
Fuente		
Título		
Autores		
Publicación		
Años de Publicación		
Tipo de publicación		
Tipo de análisis comparativo		
Objetivos del análisis		
Elementos comparados		
Criterios de comparación utilizados		
Dominios de aplicación		

5 Resultados

En la siguiente sección llegaremos a ver todos los resultados obtenidos en detalle de acuerdo a los pasos definidos.

5.1 Resultados de la búsqueda

Estos son los procedimientos definidos.

Base de Datos	Términos	Fecha 2005 - 2020	Total
Cadena de Búsqueda			
EBSCO HOST	Términos en inglés	(mode* or analys*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and theo*) and (tech* or meth* or mode*) and (stoc* and break*) or (mode* or meth* and determin* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)	11
Google Scholar	Términos en inglés	(mode* or analys*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and theo*) and (tech* or meth* or mode*) and (stoc* and break*) or (mode* or meth* and determin* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)	6
IEEE EXPLORE	Términos en inglés	(mode* or analys*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and theo*) and (tech* or meth* or mode*) and (stoc* and break*) or (mode* or meth* and determin* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)	11
SCIENCE DIRECT	Términos en inglés	(mode* or analys*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and theo*) and (tech* or meth* or mode*) and (stoc* and break*) or (mode* or meth* and determin* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)	8
TAYLOR AND FRANCIS	Términos en inglés	(mode* or analys*) and (predictive) and (program* and linear or invent* and theo*) and (tech* or meth* or mode*) and (stoc* and break*) or (mode* or meth* and determin* or probab*) or (meth* and simpl* or graph* or m* phase*)	28

5.2 Resultados de filtro aplicados

La totalidad de las bases de datos utilizadas en el presente trabajo lograron mostrar los resultados de acuerdo a los filtros ingresados, el total pasó por ciertos pasos para poder solo seleccionar los que fueron aceptados de una manera más profunda, los pasos que se utilizaron son los siguientes.

- **Paso 1:**
En el primer paso se consideraron filtrar solo los artículos que cumplan con los filtros que impusimos en nuestros criterios de inclusión y exclusión, se omitieron los artículos de los años 2005 hacia abajo.
- **Paso 2:**
En el segundo paso se hizo la lectura respectiva a los resúmenes de los artículos encontrados con el objetivo de encontrar solo artículos que comprendan un mayor aporte a nuestro tema, de la misma manera excluimos los artículos con lo anteriormente definido en nuestros criterios de búsqueda.
- **Paso 3:**
En el tercer paso se realiza un nuevo análisis de los artículos excluidos y se realiza una nueva revisión manteniendo como criterios de filtrado los criterios que ya fueron definidos.
- **Paso 4:**
En el último paso se realiza la adquisición de los artículos encontrados en las bases de datos, ya analizados y también ya habiéndolos pasado por los criterios planteados.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de todos los pasos planteados y utilizando los criterios ya planteados.

Base de Datos	Artículos Descubiertos	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
EBSCO HOST	93291	40219	9602	185	12
TAYLOR AND FRANCIS	132756	47922	12438	382	29
IEEE EXPLORE	84823	21347	4331	87	11
SCIENCE DIRECT	192019	12444	2786	23	9
Google Scholar	70233	20465	1294	15	7
Total	573122	142397	30451	692	68

5.3 Evaluación de la calidad de los estudios:

El total de los artículos que pasaron por los filtros fueron 17 artículos, se utilizó la lista de criterios de calidad que planteamos en la sección pasada que muestra nuestras preguntas de calidad con unos puntajes determinados.

ID	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	TOTAL
1	1	0	1	0.5	1	0.5	4
2	1	0	1	1	0.5	0.5	4
3	1	0	1	1	0	0.5	3.5
4	1	0	1	1	0	0.5	3.5
5	1	0	1	1	1	0.5	4.5
6	1	0	1	0.5	1	0.5	4
7	1	0	1	0.5	1	0.5	4
8	1	0	1	1	1	0.5	4.5
9	1	0	1	0.5	1	0.5	4
10	1	0	1	0.5	1	0.5	4
11	1	0	1	0.5	1	0.5	4
12	1	0	1	0.5	0	0.5	3
13	1	0	1	1	0.5	0.5	4
14	1	0	1	1	0.5	0.5	4
15	1	0	1	1	0.5	0.5	4
16	1	0	1	1	0.5	0.5	4
17	1	1	0	1	0.5	1	4.5

5.4 Extracción de datos relevantes

En el siguiente apartado utilizamos lo definido en las secciones anteriores para la sección de los datos, los artículos, los artículos que fueron seleccionados son los artículos que pasaron los filtros o criterios proporcionados por nosotros, todos los artículos seleccionados fueron leídos y analizados a detenimiento, en la siguiente tabla se muestra un ejemplo de la información más relevante extraída de uno de los artículos que fue seleccionado.

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	
Fuente	Springer	

Título	Handbook of EOQ Inventory Problems Stochastic and Deterministic Models and Applications	
Autores	Torres F, Ballesteros F, Villa M.	
Publicación	International Series in Operations Research & Management Science Volume 197	
Años de Publicación	2014	
Tipo de publicación		
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on models of EOQ	
Objetivos del análisis	Show the different models of EOQ Inventory problems	
Elementos comparados	EOQ models with supply disruptions, utility of EOQ in supply chain design and operation	
Criterios de comparación utilizados	NI	
Dominios de aplicación	ECONOMIC ORDER QUANTITY	

5.5 Análisis bibliométrico

5.5.1 Preguntas bibliométricas

- **¿Cuáles son las revistas de investigación que hablan sobre estos temas en los últimos 5 años?**

A continuación, mencionaremos las revistas de investigación que hablan sobre los temas: quiebre de stock, programación lineal y teoría de inventarios en los últimos 5 años.

- European Journal of Finance.
- International Journal of Control.
- Journal of Information and Optimization Sciences.
- International Journal of Occupational Safety and Ergonomics.
- Formación universitaria.
- Proceedings - 2017 International Conference on Computational Intelligence and Networks CINE 2017.
- Proceedings - 13th International Conference on Computational Intelligence and Security CIS 2017.
- Cogent Business and Management.
- Revista Retos.
- IEEE Transactions on Information Theory.
- Información Tecnológica.
- Journal of International Consumer Marketing.
- U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica.
- Journal of Interdisciplinary Mathematics.
- CPT: Pharmacometrics and Systems Pharmaology.
- International Journal of Production Research.
- Revista Espacios.
- International Journal of Logistics Research and Applications.

- International Journal of Management Science and Engineering Management.
 - Revista de Administração Mackenzie, Springer eBooks.
 - The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment.
- **¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios relacionados a los modelos predictivos de programación lineal y teoría de inventarios?**

Se ha encontrado estudios relacionados a modelos predictivos de programación lineal y teoría de inventarios en las siguientes publicaciones:

- A linear programming approach for designing multilevel PWM waveforms.
- Soft linear programming: An application of soft vector spaces.
- Parking Space Optimization Using Simplex Method Linear Programming.
- Linear programming models for portfolio optimization using a benchmark.
- Evaluation and Selection of Providers Procedure Based on the Hierarchical Analysis Process and a Mixed Integer/Linear Programming.
- Translational systems pharmacology-based predictive assessment of drug-induced cardiomyopathy.
- Hazard analysis using a Bayesian network and linear programming.
- Un Sistema de Apoyo para la Enseñanza del Método Simplex y su Implementación en Computadora.
- El Método Simplex en la Optimización Multicriterio.
- Programação linear: método de otimização simplex e software OTIMIZA Linear Programming : Simplex Method and software OTIMIZA.
- Determinación de un punto de inicio en algoritmos de punto interior en la solución de problemas de programación lineal.
- Two-stage sampling, prediction and adaptive regression via correlation screening.
- Selecting key performance indicators for production with a linear programming approach.
- Fuzzy inventory model for deteriorating items with price dependent demand.
- Stock diffusion theory: A dynamic model for inventory control.
- Inventory management: An overview, Canadian publications, practical applications and suggestions for future research.
- A linear programming approach for linear multi-level programming problems.
- A mixed integer linear programming model for set-up reduction superstructures.
- Response to ‘theory of constraints and linear programming: A re-examination’.
- Production outsourcing: A linear programming model for the theory-of-constraints.
- Quality improvement of chemical-mechanical wafer planarization process in semiconductor manufacturing using a combined generalized linear modelling - non-linear programming approach.
- Discussion: Theory of constraints and linear programming: A re-examination.
- A linear programming model for tolerance assignment in a tolerance chart.
- An exact quadratic state estimation algorithm using linear programming.
- Theory of constraints and linear programming: A comparison.
- Value function approximation via linear programming for FMS scheduling.
- Master production scheduling: A multiple-objective linear programming approach.
- Linear Programming in Teaching History.
- Handbook of EOQ Inventory Problems.
- Inventory Control. [electronic resource].
- A review of current inventory theory and its applications.
- A review of “Inventories: Theories and Applications.”
- Integration on corporate inventory under continuous demand.
- An inventory-theory-based interval-parameter two-stage stochastic programming model for water resources management.

- Inventory theory and the Beer Game.
 - An inventory model for deteriorating items with partial backlogging using linear demand in fuzzy environment.
 - International Journal of Systems Science Control theory concepts in production and inventory control.
 - Control theory applications to the production-inventory problem: A review.
 - An inventory model for deteriorating items under inflation and permissible delay in payments by genetic algorithm.
 - Multi-echelon multi-company inventory planning with limited information exchange.
 - A Review Of Inventory Control Theory.
 - Bridging the gap between mathematical inventory theory and the construction of a workable model—a case study.
 - Aplicación De La Programación Lineal a La Agronomía.
- **¿Qué cantidad de publicaciones hablan sobre modelos predictivos de teoría de inventarios y programación lineal se han podido encontrar?**

Se encontró en la primera búsqueda preliminar la cantidad de 573122 artículos, luego de la aplicación del primer filtro el número bajó a 142397 artículos.
 Aplicado el segundo filtro se obtuvieron 30451 artículos.
 Con el tercer filtro aplicado los artículos encontrados son 692.
 Al aplicar el cuarto y último filtro se pudo obtener 68 artículos.

- **¿Qué motores de búsqueda se utiliza para la creación del trabajo de investigación?**

Como podemos visualizar en el siguiente gráfico, las bases de datos en las que nos introdujimos a realizar la búsqueda de los artículos fueron, TAYLOR AND FRANCIS, EBSCOHOST, GOOGLE SCHOLAR, SCIENCE DIRECT y IEEE XPLOR, teniendo en cuenta que el motor de búsqueda que más artículos brindó al trabajo de investigación y que también pasaron por el criterio de calidad es TAYLOR AND FRANCIS, la siguiente base de datos que nos brindó mayor cantidad de artículos es EBSCO HOST y de ahí le siguen IEEE EXPLORE, SCIENCE DIRECT y por último GOOGLE SHCHOLAR.

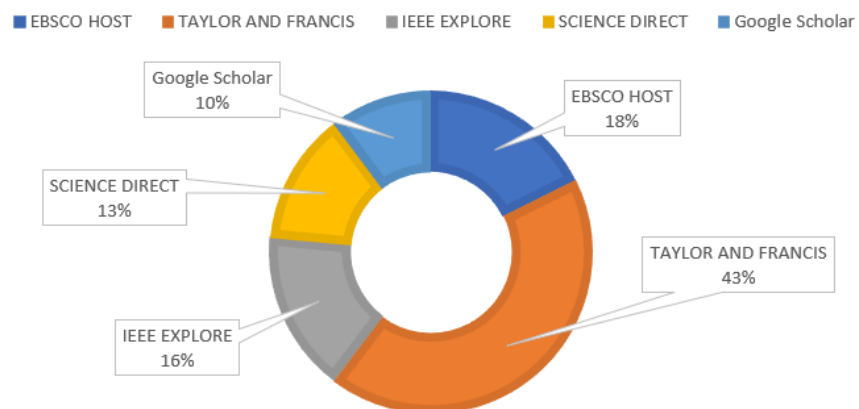


Ilustración 10 Porcentaje de artículos encontrados por bases de datos

5.5.2 Preguntas de investigación

- **¿Qué modelos predictivos de gestión de inventarios existen?**

En la actualidad existen muchos modelos de gestión de inventarios, pero en la presente investigación mencionaremos cuatro, los cuales son:

- Modelo LEP (Lote económico de producción) sin faltante
- Modelo LEP (Lote económico de producción) con faltante.
- Modelo EOQ (Economic Order Quantity) sin faltante
- Modelo EOQ (Economic Order Quantity) con faltante

- **¿Cuáles son las características de estos modelos predictivos en la gestión de inventario?**

Las características de cada modelo son diferentes por el mismo hecho de que cada uno de ellos tiene un objetivo diferente con respecto a su uso, a continuación, pasara a mencionada cuales son las características de cada modelo en función de su objetivo.

- **Modelo EOQ (Economic Order Quantity) sin faltante:**

Es un modelo de inventario determinístico el cual cuenta con las siguientes características:

- La demanda es conocida, por ende, es constante.
- No se admiten faltantes.
- El inventario tiene un costo.
- Los pedidos tienen un costo.
- Los costos no varían en el tiempo son constantes.

- **Modelo EOQ (Economic Order Quantity) con faltante:**

Tiene los mismos supuestos que el modelo EOQ sin faltante, siendo que en este caso si se admiten faltantes. Se usa en el caso que no se puede abastecer por completo la demanda requerida en un periodo de tiempo específico, y se pide a los consumidores una extensión en el plazo hasta volver a dar abasto el inventario se debe actuar bajo el modelo EOQ con faltantes si solo si el cliente acepta la prórroga del tiempo que se ha pedido.

- **Modelo LEP (Lote económico de producción) sin faltante:**

Este modelo se diferencia de los anteriores mostrados en que no pide los productos ya que estos son producidos por la propia entidad, se caracteriza por:

- Tener una demanda constante, conocida.
- No se admiten faltantes.
- El mantener un inventario tiene un costo.
- Producir tiene un costo.
- Existen los costos por operaciones.
- Como la demanda los costos son constantes.
- La tasa de demanda es menor a la tasa de producción.

- **Modelo LEP (Lote económico de producción) con faltante:**
Este modelo se usa cuando los clientes aceptan una prórroga de entrega pedida por la empresa cuando esta tiene que reabastecer su stock para poder cumplir con los pedidos, se caracteriza por:
 - Tener una demanda constante, conocida.
 - No se admiten faltantes.
 - El mantener un inventario tiene un costo.
 - Producir tiene un costo.
 - Existen los costos por operaciones.
 - Como la demanda los costos son constantes.
 - La tasa de demanda es menor a la tasa de producción.

- **¿Cuáles son las ventajas que ofrece la implementación de la teoría de inventarios?**
 - Las ventajas de la implementación de la teoría de inventarios es que gracias a ella se puede reducir costos al momento de realizar pedidos de materias primas ya que al comprar por cantidades grandes el costo suele ser menor al costo que normalmente se obtiene por la adquisición de cantidades menores, asimismo esto logra reducir faltantes al momento de proceder a la fabricación ya que no habrá problemas con la materia prima y lo que dará como resultado el aumento de producción lo cual beneficiara a la compañía por que contara con mayor stock en el inventario para atender a nuevo clientes.

6 Conclusiones

Luego de realizar una ardua investigación y de haber pasado por cada etapa de la metodología RSL filtrando 30451 artículos con los criterios de inclusión, exclusión y de calidad, se optó por el uso de 17 artículos los cuales fueron utilizados para la elaboración de la presente investigación.

También se llegó a la conclusión que la programación lineal, la teoría de inventarios brindan una solución para la toma de decisiones en las industrias puesto que el uso de estos métodos propone un almacenamiento de sus recursos, productos mas ordenada con el fin de evitar pérdidas.

Finalmente, los datos encontrados pueden ser implementados por cualquier organización que desee hacer uso de la programación lineal y de la teoría de inventarios para optimizar la toma de decisiones y para prevenir el quiebre de stock, lo cual les dará como resultado una mejor gestión de sus almacenes.

7 Referencias

- [1] I. Type, F. Revelo, N. Cristina, V. Ruiz, and M. Antonio, "Características de las droguerías multinacionales y la decisión de modo de entrada al Perú," 2020.
- [2] D.S. 014-2011-SA del 27 de Julio, "Reglamento de Establecimientos Farmacéuticos," *Diario Oficial "El Peruano."* p. 67, 2011.
- [3] E. Ruiz, D. Ferreño, M. Cuartas, A. López, V. Arroyo, and F. Gutiérrez-Solana, "Machine learning algorithms for the prediction of the strength of steel rods: an example of data-driven manufacturing in steelmaking," *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–15, 2020.
- [4] I. C. Marketing and U. Kucuk, "Reducing the Out-of-Stock Costs in a Developing Retailing Sector Reducing the Out-of-Stock Costs in a Developing Retailing Sector," no. August 2004, pp. 37–41, 2016.
- [5] M. Waqar, H. Dawood, M. B. Shahnawaz, M. A. Ghazanfar, and P. Guo, "Prediction of Stock Market by Principal Component Analysis," *Proc. - 13th Int. Conf. Comput. Intell. Secur. CIS 2017*,

- vol. 2018-Janua, pp. 599–602, 2018.
- [6] J. Aastrup and H. Kotzab, “Forty years of Out-of-Stock research - and shelves are still empty,” *Int. Rev. Retail. Distrib. Consum. Res.*, vol. 20, no. 1, pp. 147–164, 2010.
 - [7] A. Gupta, D. K. Chaudhary, and T. Choudhury, “Stock Prediction Using Functional Link Artificial Neural Network (FLANN),” *Proc. - 2017 Int. Conf. Comput. Intell. Networks, CINE 2017*, pp. 10–16, 2018.
 - [8] T. Wang and C. Liu, “Research on inventory optimization model of spare parts under zero-out-of-stock constraint,” *Proc. - 2010 Int. Conf. Optoelectron. Image Process. ICOIP 2010*, vol. 2, pp. 251–254, 2010.
 - [9] S. Park, H. Song, and S. Lee, “Linear programming models for portfolio optimization using a benchmark,” *Eur. J. Financ.*, vol. 25, no. 5, pp. 435–457, 2019.
 - [10] SONIA I. CABRERA RODRÍGUEZ, “Aplicación De La Programación Lineal a La Agronomía,” *Univ. Cart. Fac. Ing.*, p. 51, 2012.
 - [11] M. B. Mansilha, F. A. Farret, and D. H. Kullmann, “Programação linear: método de otimização simplex e software OTIMIZA Linear Programming : Simplex Method and software OTIMIZA,” *Rev. Espac. Vol. 38 (Nº 60). Pág. 4*, 2017.
 - [12] S. C. Aggarwal, “A review of current inventory theory and its applications,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 12, no. 4, pp. 443–482, 1974.
 - [13] P. Taylor, H. R. Parsaei, T. L. Ward, W. Karkowski, and E. S. P. B. V, “The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment A Review of: ‘ JUSTIFICATION METHODS FOR COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEMS ,’” no. April 2013, pp. 1–3, 2007.
 - [14] S. Axsater, “International Journal of Systems Science Control theory concepts in production and inventory control,” no. January 2013, pp. 37–41, 2007.
 - [15] F. Torres, F. Ballesteros, and M. Villa, *Handbook of EOQ Inventory Problems*, vol. 197. 2014.
 - [16] S. Ding, “Integration on corporate inventory under continuous demand,” *J. Interdiscip. Math.*, vol. 21, no. 4, pp. 917–928, 2018.
 - [17] S. Axsäter, *Inventory Control. [electronic resource]*. 2015.