



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EN INDUSTRIAS
PRODUCTIVAS**

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A

Rodrigo Solórzano Chávez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: MUÑOZ HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL**

VOCAL: **Profesor: VALLES TERRAZAS ARTURO RUBÉN**

SECRETARIO: **Profesor: RANGEL RODRÍGUEZ FRANCISCO**

1er. SUPLENTE: **Profesor: VALDIVIESO MARTINEZ RAÚL**

2ndo SUPLENTE: **Profesor: FRAGOSO OSORIO DAVID**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSTARIA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA:

LUIS MIGUEL MUÑOZ HERNÁNDEZ

SUSTENTANTE:

RODRIGO SOLÓRZANO CHÁVEZ

Contenido

Introducción	4
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
1. Sección 1. Particularidades de los modelos de Gestión de Inventarios.....	6
1.1. Componentes de un modelo de inventario.	6
1.2. Costos involucrados en los modelos de inventario.	6
1.3. Clasificación del inventario. Modelo ABC.	7
1.4. Conteo cíclico.....	9
2. Sección 2. Modelos de Inventario Independientes de la Demanda.	10
2.1. Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)	10
2.1.1. Punto de reorden.....	14
2.2. Modelo de la cantidad económica a producir	17
2.3. Modelo de descuento por cantidad.....	21
3. Sección 3. Modelos de Inventario Dependientes de la Demanda.	27
3.1. Programa de producción maestro	27
3.2. Listas estructuradas de materiales (<i>BOM; Bill of Material</i>).....	30
3.3. Tiempos de entrega de los componentes	32
3.4. Sistemas MRP	34
3.5. Ejemplo aplicativo de un Sistema MRP.....	37
3.6. Método JIT	46
4. Conclusión.....	49
5. Bibliografía	50

Introducción

Dentro de las necesidades de las organizaciones, una de las que más concierne es el manejo de los inventarios, ya que el manejo de los inventarios representa una fuerte inversión financiera y una gran parte de los activos de la compañía. Dentro de un inventario se pueden contener materias primas, las cuales son la entrada principal a un proceso de transformación química, por otro lado, el inventario del producto terminado nos brinda una visión general de las necesidades y/o demanda de nuestro consumidor final. El conservar un inventario para su venta o futura utilización debe ser una práctica regulada y común dentro de las organizaciones, esto, para salvaguardar la integridad de la inversión que implica el inventario, para esto, existen ciertos modelos que se pueden implementar y que con una descripción matemática fundamentada, constituyen una base para la toma de decisiones sobre estos.

Debido a la importancia que representa el mantener un inventario sano, se debe considerar el impacto de las decisiones de la compañía sobre el inventario, así como una buena administración de las operaciones dentro de la producción de los bienes.

El objetivo o tema principal de este trabajo de investigación se enfocará en evaluar y ejemplificar diferentes modelos de inventarios, los cuales ofrezcan soluciones a distintas problemáticas que se presentan tales como el oportuno reabastecimiento del inventario, establecer cuando es la mejor opción para la producción del bien, entre otras.

Objetivo General

Realizar un análisis y estudio detallado de los diferentes modelos de inventario dentro de la cadena de suministro para las diferentes industrias de producción.

Objetivos Específicos

Conocer e identificar en la bibliografía los diferentes modelos de la gestión y control de inventarios que existen en la actualidad.

Realizar un análisis de los métodos encontrados en la bibliografía.

1. Sección 1. Particularidades de los modelos de Gestión de Inventarios.

1.1. Componentes de un modelo de inventario.

Para implementar de manera efectiva un modelo de inventario, se debe conocer los componentes que afectan en el buen o mal desempeño de este. En este apartado, se describirán dichos componentes.

- I. Costos. El inventario posee de manera intrínseca un costo, este se puede ver reflejado en el mantenimiento, así como el costo por ordenar, entre otros.
- II. Demanda. Este punto es una proyección de lo que se tiene pensado vender en un futuro en un lapso determinado. Es común que la demanda sea mayor que la cantidad producida, en este caso tenemos una falta de suministro la cual puede tener repercusiones económicas como de confianza con el consumidor.
- III. Tiempo. Con tiempo se refiere al tiempo de anticipación que transcurre entre el momento en que se coloca una orden de compra y/o producción y el momento en el que se recibe la compra o se inicia la producción.

1.2. Costos involucrados en los modelos de inventario.

Los costos de inventario son los gastos en los que la organización debe incurrir para asegurar y cubrir el almacenamiento y el mantenimiento del inventario durante un determinado periodo de tiempo. A continuación, se enlistan algunos de ellos:

- Costos de mantenimiento: Son fundamentales en la gestión de los materiales en la organización, la importancia de estos recae en la agrupación del costo del dinero invertido, costo de arrendamiento o almacenamiento, costos de personal operativo, así como los servicios (luz, aire acondicionado, calefacción, etc.).
- Costos por ordenamiento: También conocidos costes de preparación, estos se producen al momento de lanzar una orden de producción o una orden de compra. Se puede decir que estos costos se pueden dividir en dos partes:

- Coste por ordenar, este puede ser un costo fijo, usualmente se incluyen las tarifas de la realización de la orden y costos administrativos, los cuales están relacionados a actividades como la facturación, contabilidad o comunicación.
- Costos de logística: Relacionados directamente con actividades productivas tales como el transporte y la recepción del material, estos, a comparación de los costos por ordenar, son costos variables, ya que el volumen de material que se recibe no siempre es el mismo.
- Costos de riesgo: Estos costos cubren el riesgo de la merma del inventario, dicha discrepancia puede suceder al momento del almacenamiento o transporte de este, y puede descubrirse al momento de hacer un conteo cíclico.

1.3. Clasificación del inventario. Modelo ABC.

El método de clasificación ABC es un sistema que segmenta y organiza los productos de un almacén con base en su importancia, valor económico, beneficios aportados, entre otros. Con este método se pretende priorizar las mercancías que se encuentran dentro del almacén.

El origen del modelo ABC proviene de la regla 80/20, o principio de Pareto, aplicando esta regla a la realidad de un inventario, el 20% de los productos del inventario es el que generaría el 80% de los movimientos o ingresos de la empresa.

El método de clasificación ABC utiliza el principio de Pareto ya que ayuda a la organización y a segregar los productos de un almacén en tres diferentes categorías (A, B y C), con base en su importancia según el criterio elegido, siendo la categoría A, la que representa la mayor relevancia.

A continuación, se describirán las categorías del modelo ABC:

- **Productos categoría A**

De acuerdo con el modelo ABC, los productos categoría A son los más relevantes para la organización. Apoyándonos en la regla Pareto, estos productos representan únicamente el 20% del inventario, sin embargo, son la mayor fuente de rotación de un almacén, a su vez, representan alrededor del 80% de los ingresos de la empresa, dicho esto, es demasiado importante mantenerlos monitoreados ya que un error o ruptura del inventario de estos productos puede representar grandes pérdidas para la empresa.

Es importante mencionar que, al ser la categoría más importante, la ubicación de este parte del almacén debe ser de fácil acceso y cerca de zonas de surtido, para facilitar su movimiento y traslado a la siguiente parte del proceso.

- **Productos categoría B**

Las referencias de producto categorizadas como B en la clasificación ABC son las que tienen una importancia y rotación moderada para la empresa. Generalmente suponen en torno al 30% del total de productos del almacén, y por norma, no suelen generar más del 20% de los ingresos de la empresa.

Al ser una categoría intermedia entre la A y la C se debe revisar periódicamente su estatus, valorando la posibilidad de que se convierta en una referencia de categoría A o C en el futuro.

El control de stock de esta categoría de productos también debe realizarse periódicamente, pero en menor frecuencia que los de categoría A que absorberán el grueso de la carga de trabajo en almacén.

Su localización en la bodega será en los lugares más accesibles y directos disponibles una vez hayamos organizado y reservado las mejores ubicaciones para las referencias A. Generalmente, los productos de categoría B se almacenan en niveles intermedios en los que el acceso es rápido, pero no siempre directo a todas las unidades de carga.

- **Productos categoría C**

Según el principio de Pareto que sigue el modelo ABC, las referencias de la categoría C serán las más numerosas, pero también las que menos ingresos aportan a la empresa. Pueden suponer más del 50% de las referencias de productos, pero en términos de ingresos no alcanzar ni el 5% del total.

Su rotación en el almacén será muy baja, al ser referencias menos demandadas y por lo tanto son productos en los que se debe intentar reducir al máximo los recursos destinados a ellos.

El control de inventarios puede ser esporádico y con métodos simples, lo suficiente para evitar problemas de obsolescencia o caducidad, y su ubicación en el almacén será la de los puntos alejados de la zona de expedición, y en los niveles superiores o con peor accesibilidad.

Con las referencias de categoría C se debe realizar una valoración para estudiar si merece la pena destinar recursos de la empresa a su almacenaje y stock, ya que puede darse la situación de que los costes derivados de su almacenaje sean superiores a la rentabilidad obtenida con su comercialización.

1.4. Conteo cíclico.

Aunque el personal operativo del almacén haya realizado un conteo del inventario a la hora de la recepción de la materia prima o a la hora de recibir el producto terminado, los registros deben verificarse mediante el **conteo cíclico**. Los registros del inventario deben verificarse con la comprobación del ciclo, dicho conteo se hace con base a la clasificación ABC. Con los procedimientos de conteo cíclico, se cuentan los artículos, se verifican los registros, y se documentan las imprecisiones de manera periódica. Se rastrea la causa de las imprecisiones y se toman las acciones correctivas apropiadas para asegurar la integridad del sistema de inventario. Los artículos A se cuentan con frecuencia, quizá una vez al mes; los artículos B se cuentan con menos frecuencia, tal vez cada trimestre; y los artículos C se cuentan probablemente una vez cada seis meses.

2. Sección 2. Modelos de Inventario Independientes de la Demanda.

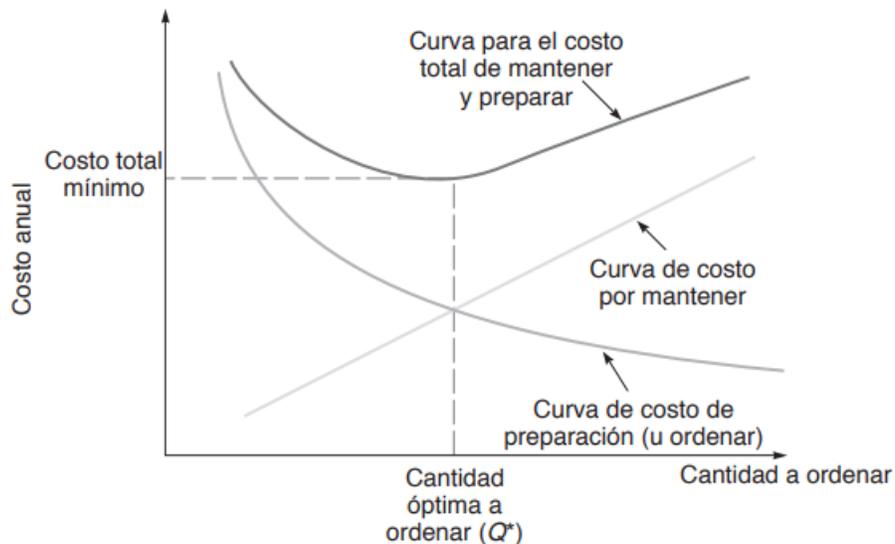
Dentro de esta sección se expondrán los diferentes tipos de modelo inventario, es importante mencionar que dichos modelos suponen que la demanda de un producto es independiente o dependiente de la demanda de otros productos. En esta sección se tratarán los modelos que son independientes de la demanda.

2.1. Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

El modelo EOQ (Economic Order Quantity) es una técnica de gestión de inventarios ampliamente utilizada que ayuda a las empresas a determinar la cantidad óptima de inventario que deben ordenar en cualquier momento dado. El objetivo del modelo EOQ es minimizar los costos de mantener inventario y los costos de realizar pedidos, al mismo tiempo e se asegura de que haya suficiente inventario disponible para satisfacer la demanda del cliente.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de los modelos de inventario es minimizar los costos totales. De manera general, el costo de ordenar y el costo de mantener suelen ser variables, por otro lado, el costo de inventario es constante, de esta forma, si se minimiza la suma de los costos de preparar y mantener, también se reducirá el costo total.

1



¹ Tomado de: "Principios de Administración de Operaciones", Heizer J., Render B., 7ª edición, Pearson. 2009

Imagen 1 “Costo total como función de la cantidad a ordenar (EOQ)”

Como se puede observar en la gráfica anterior, una reducción de los costos de mantener o preparar reducirá la curva de costo total. Una reducción en la curva del costo de preparación también reduce la cantidad óptima a ordenar (tamaño del lote), a su vez, se puede observar que la cantidad óptima a ordenar aparece en el punto donde la curva del costo por ordenar se cruza con la curva del costo de mantener el inventario. En el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar ocurrirá en el punto en donde el costo total de preparación es igual al costo de mantenimiento, a partir de este enunciado nace la demostración de la ecuación del modelo EOQ.

Para obtener la ecuación que define al modelo EOQ, se tomará la definición del costo anual de preparación:

Costo anual de preparación

$$= \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Numero de unidades en cada orden}} * \text{Costo de ordenar}$$

$$\text{Costo anual de preparación} = \frac{D}{Q}S$$

De igual manera se necesita la expresión del costo anual de mantener, la cual es la siguiente:

*Costo anual de mantener = Nivel de inventario promedio * Costo de ordenar*

$$\text{Costo anual de mantener} = \frac{Q}{2}H$$

Igualando ambas expresiones se obtiene lo siguiente:

$$\frac{D}{Q}S = \frac{Q}{2}H$$

Despejando se obtiene la ecuación del modelo EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde:

Q = Número de unidades por orden.

Q^* = Numero óptimo de unidades a ordenar EOQ.

D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario.

S = Costo de ordenamiento o preparación de cada orden, en otras palabras, es el costo asociado con realizar un pedido (por ejemplo, costo de procesar órdenes de compra, transporte, etc.).

H = Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año, es el costo asociado con mantener una unidad de inventario (por ejemplo, almacenamiento, seguro, depreciación, etc.).

El modelo EOQ asume que la demanda de un producto es constante y que el costo de pedido y el costo de mantener el inventario son conocidos y fijos. El modelo busca determinar la cantidad de pedido que minimiza el costo total de mantener el inventario y realizar los pedidos.

Una vez que se calcula el EOQ, se puede utilizar para determinar la cantidad óptima de pedido y el número óptimo de pedidos que se deben realizar en un año determinado. Esto ayuda a minimizar tanto los costos de mantenimiento como los costos de pedido.

Es importante tener en cuenta que el modelo EOQ asume ciertas condiciones que pueden no ser siempre ciertas en la práctica. Por ejemplo, asume que la demanda es constante, lo que puede no ser cierto en industrias con patrones de demanda estacionales o fluctuantes. Además, el modelo asume que el costo de pedido y el costo de mantenimiento son fijos, lo que puede no ser cierto si los costos varían en función de la cantidad solicitada o la duración del tiempo que se mantiene el inventario. A pesar de estas limitaciones, el modelo EOQ sigue siendo una herramienta útil para la gestión de inventarios y se utiliza ampliamente en muchas industrias.

A continuación, se mostrará un ejemplo de cálculo para obtener la cantidad económica a ordenar. Se tiene el ejemplo de una compañía que tiene una demanda anual (D) de 5,000 unidades, y el costo de ordenar (S) es de \$25 USD, el costo de mantenimiento (H) de este material es de \$2 USD por unidad por año. Con estos datos es posible realizar el cálculo para obtener el número óptimo de unidades a ordenar. A continuación, se desglosará el procedimiento para la obtención del EOQ para este material:

Datos:

D = 5,000 unidades

S = 25 USD

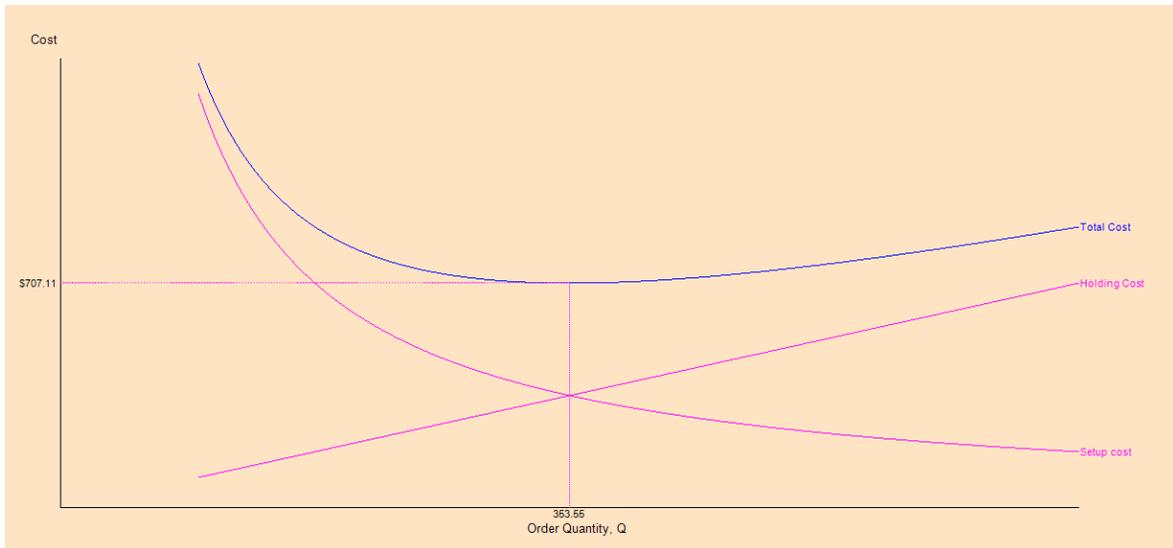
H = 2 USD

Tomando la ecuación del EOQ, podemos sustituir los datos proporcionados por el problema:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(25)}{(2)}} = 353.55 \text{ unidades}$$

Con el modelo de EOQ se obtiene la cantidad óptima a ordenar, la cual es de 354 unidades, haciendo un análisis del resultado se concluye que al realizar órdenes de 354 unidades los costos de ordenamiento y de almacenamiento/mantenimiento se igualan, de esta manera se encuentra el costo más bajo, haciendo más efectivo el proceso de la gestión de inventarios. La representación gráfica de este resultado se muestra a continuación:



Gráfica 1 "Resultado modelo EOQ"

En la anterior gráfica se muestra que al ordenar las 354 unidades se obtiene el costo óptimo tanto para el ordenamiento como para el mantenimiento. Haciendo el supuesto de pedir menos unidades haría que se incrementara el costo de ordenamiento, por el contrario, si se aumenta el número de unidades se ve un incremento en el costo de mantenimiento/almacenamiento.

2.1.1. Punto de reorden

El punto de reorden es un término utilizado en el ámbito de la gestión de inventarios y se refiere al nivel de inventario en el que se debe realizar un pedido de reposición de mercancía. Es decir, es el punto en el que se espera que se agote una cantidad determinada de inventario y se necesita realizar un nuevo pedido para evitar una escasez de existencias.

La fórmula para calcular el punto de reorden es la siguiente:

Punto de reorden (ROP) = Demanda diaria promedio x Tiempo de entrega de nueva orden en días.

$$ROP = d \times L$$

Demanda diaria promedio: Es la cantidad de productos que se venden en promedio por día. Para calcularlo se puede tomar la cantidad vendida en un período determinado y dividirla por la cantidad de días en ese período.

Tiempo de entrega: es el tiempo que transcurre desde que se realiza el pedido hasta que se recibe la mercancía. Incluye el tiempo de producción, transporte, etc.

El objetivo del punto de reorden es garantizar que la empresa tenga suficiente inventario disponible para satisfacer la demanda del cliente mientras se minimiza el costo de inventario. Al establecer un punto de reorden adecuado, se evita tener exceso de inventario que puede aumentar los costos de almacenamiento y manejo de inventario, así como tener una escasez de existencias que puede resultar en pérdida de ventas y clientes insatisfechos.

Es importante mencionar que la ecuación del ROP supone que la demanda durante el tiempo de entrega y el tiempo de entrega son constantes, en caso de que no sean constantes, es necesario agregar a la ecuación el *inventario de seguridad*, el cual se puede definir como la cantidad adicional de inventario que se mantiene por encima del punto de reorden para evitar una escasez de existencias. Se basa en la incertidumbre sobre la demanda y el tiempo de entrega.

Para ejemplificar este método se apoyará en el software *POM*, de esta manera se hará la programación para obtener el punto de reorden. Se tomarán los datos del ejemplo del modelo EOQ y también se añadirán nuevos datos para realizar el cálculo.

Datos:

$D = 5,000$ unidades

$S = 25$ USD

$H = 2$ USD

Días por año días laborables dentro del año natural 300

Inventario de seguridad: 250 unidades

Tiempo de entrega (Lead Time): 14 días

Datos de programación en el sistema POM:

Parameter	Value
Demand rate(D)	5000
Setup/ordering cost(S)	25
Holding/carrying cost(H)	2
Unit cost	0
Days per year or ...	300
...Daily demand rate(d)	0
Lead time (in days)	14
Safety stock	250

A continuación, se muestran los resultados del cálculo del punto de reorden.

The screenshot shows a window titled "POM for Windows - [Data] Results" with a sub-header "(untitled) Solution". It displays a table with two columns: "Parameter" and "Value". The table is divided into two sections by a vertical line. The left section lists input parameters, and the right section lists calculated results. A red box highlights the "Reorder point" result at the bottom right of the table.

Parameter	Value	Parameter	Value
Demand rate(D)	5000	Optimal order quantity (Q*)	353.55
Setup/ordering cost(S)	25	Maximum Inventory Level (Imax)	353.55
Holding/carrying cost(H)	2	Average inventory	176.78
Unit cost	0	Orders per period (N)	14.14
Days per year (D/d)	300	Annual Setup cost	353.55
Daily demand rate	16.67	Annual Holding cost	353.55
Lead time (in days)	14	Total Inventory (Holding + Setup) Cost	500
Safety stock	250	Unit costs (PD)	0
		Total Cost (including units)	1207.11
		Reorder point	483.33 units

Dentro de los resultados generados por el sistema POM se resalta el punto de reorden, el cual es de 483 unidades. Dicho resultado nos muestra que al tener 483 unidades dentro del inventario será necesario colocar una orden de requisición de material, con la finalidad de evitar escasez del material y satisfacer la demanda que exige el mercado. El sistema POM, además muestra una serie de datos bastante útiles, tales como el número de órdenes a colocar por año, para este ejemplo se obtuvo un total de 14 órdenes.

2.2. Modelo de la cantidad económica a producir

En los modelos vistos anteriormente, se supone que la orden se recibe completa al mismo tiempo, sin embargo, existen ciertos casos en los que las organizaciones reciben el inventario durante el curso de algún periodo. Debido a esto, es necesario un modelo distinto, en donde no sea necesario el supuesto de “entrega inmediata y/o instantánea”. El modelo de la cantidad económica a producir es aplicable en dos casos, el primero, cuando el inventario transita de manera continua, el segundo, cuando las unidades se producen y se venden de manera simultánea.

Dicho esto, el modelo de la cantidad económica a producir es una herramienta utilizada para determinar la cantidad óptima de un producto que una empresa debe producir para minimizar los costos de inventario y producción, también, es útil cuando el inventario se acumula de manera continua en el tiempo. Este modelo se basa en la idea de que existe un punto de equilibrio entre el costo de mantener inventarios y el costo de hacer pedidos frecuentes.

El modelo se compone de varios elementos clave, como el costo de producción por unidad, el costo de mantener inventarios, el costo de hacer pedidos y la demanda anual. Utilizando esta información, se puede calcular la cantidad económica a producir, que es la cantidad óptima que minimiza los costos totales de inventario y producción.

Para calcular la cantidad económica a producir, primero se debe determinar el costo de producción por unidad. Este costo incluye el costo de los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de producción. Una vez que se ha determinado el costo de producción por unidad, se puede calcular el costo de mantener inventarios y el costo de hacer pedidos.

La expresión matemática para obtener la cantidad económica a producir es la siguiente:

$$Q_P = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (\frac{d}{p})]}}$$

Donde:

Q_p = Cantidad económica a producir.

D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario.

H = Costo de mantener inventario por unidad por año

p = Tasa de producción diaria.

d = Tasa de demanda diaria.

Cabe recalcar que el costo de mantener inventarios se refiere al costo de almacenar productos en el inventario de la empresa. Este costo incluye el costo de espacio de almacenamiento, la depreciación del inventario y los costos asociados con el manejo y la administración del inventario. Por otro lado, el costo de hacer pedidos se refiere al costo de realizar un pedido de producción. Este costo incluye el costo de procesamiento del pedido, la compra de materiales y el costo de mano de obra para producir los productos.

Una vez que se han determinado los costos de producción por unidad, el costo de mantener inventarios y el costo de hacer pedidos, se puede utilizar la fórmula para calcular la cantidad económica a producir. Esta fórmula se compone de varios elementos, como la demanda anual, el costo de mantener inventarios, el costo de hacer pedidos y el costo de producción por unidad.

En conclusión, el modelo de la cantidad económica a producir es una herramienta importante para cualquier empresa que busque maximizar la eficiencia y minimizar los costos en su proceso de producción. Al utilizar este modelo, las empresas pueden determinar la cantidad óptima de un producto que deben producir para satisfacer la demanda del mercado sin incurrir en costos excesivos de inventario y producción.

Para ejemplificar este método se apoyará en el software *POM*, de esta manera se hará la programación para obtener la cantidad económica a producir. Se tomarán los datos del ejemplo del modelo EOQ y también se añadirán nuevos datos para realizar el cálculo.

$D = 5,000$ unidades

$S = 25$ USD

$H = 2$ USD

$p = 10$ unidades

$d = 5$ unidades

Datos de programación en el sistema POM:

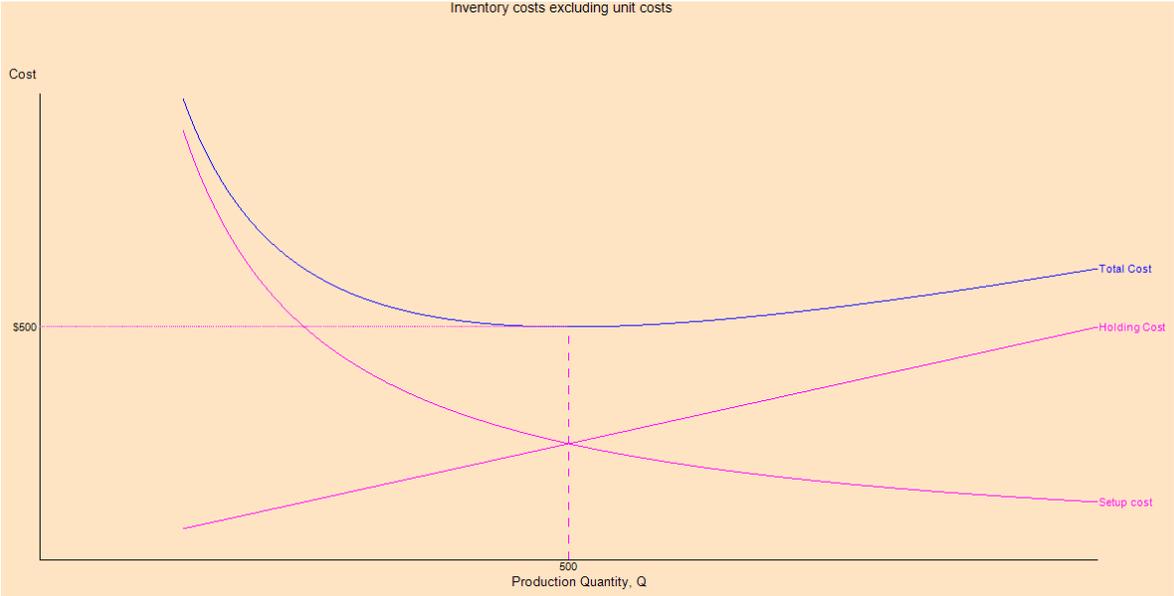
Parameter	Value
Demand rate(D)	5000
Setup/ordering cost(S)	25
Holding/carrying cost(H)	2
Daily production rate(p)	10
Enter Days per year or	0
Enter Daily demand rate(d)	5
Unit cost	0

A continuación, se muestran los resultados del cálculo de la cantidad económica a producir

Parameter	Value		Parameter	Value
Demand rate(D)	5000		Optimal production quantity (Q*)	500
Setup/ordering cost(S)	25		Maximum Inventory Level (Imax)	250
Holding/carrying cost(H)	2		Average inventory	125
Daily production rate(p)	10		Production runs per period (year)	10
Days per year (D/d)	1000		Annual Setup cost	250
Daily demand rate	5		Annual Holding cost	250
Unit cost	0		Total Inventory (Holding + Setup) Cost	500
			Unit costs (PD)	0
			Total Cost (including units)	500

Los resultados obtenidos nos indican que la cantidad óptima a producir es de 500 unidades, ya que en este punto, los costos de ordenamiento y los costos de almacenamiento se igualan, una variación en la cantidad económica a producir podría causar el incremento de algún costo, por ejemplo, si se producen más de 500 unidades se vería incrementado el costo de almacenamiento y/o de mantenimiento, por el contrario, si se producen menos de 500 unidades se vería un incremento en el costo de ordenamiento.

Este comportamiento se puede ver reflejado en la siguiente gráfica:



Gráfica 2 “Resultado modelo POQ (Production Order Quantity)”

2.3. Modelo de descuento por cantidad.

Los modelos de descuentos por cantidad son una técnica utilizada en la fijación de precios para incentivar a los clientes a realizar compras en grandes cantidades. Esta técnica se basa en ofrecer descuentos graduales en el precio unitario de un producto a medida que aumenta la cantidad comprada.

Este modelo, al igual que los examinados con anterior comparte el mismo objetivo, el cual es minimizar el costo total. Dentro de este modelo se deben tener ciertas consideraciones en mente, ya que, se tendrán que hacer ordenes más grandes de lo normal para poder obtener una cantidad considerable de descuento. Entre más se incremente la cantidad del descuento, se tendrá una mayor cantidad de descuento del artículo, sin embargo, los costos de almacenamiento/mantenimiento del artículo se incrementarán, ya que las ordenes son mucho más grandes. En general, en el modelo de descuento por cantidad lo que se debe tener siempre en consideración es obtener un costo de producto más bajo, sacrificando el costo de mantenimiento. De tal manera, la ecuación que define el costo total anual del inventario es la siguiente:

Costo total = Costo de preparación + Costo de mantener + Costo del producto

De manera matemática se expresa de la siguiente manera:

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

Donde:

Q = Cantidad a ordenar

D = Demanda anual

S = Costo por ordenar

P = Precio por unidad

H = Costo de mantener por unidad por año

A continuación, se realizará un ejemplo para determinar la cantidad óptima a ordenar que minimice el costo total del inventario. Se utilizará el sistema POM para la resolución de este ejemplo.

Lo que se busca con este método es encontrar la cantidad óptima a ordenar (Q^*) para cada descuento, esta Q^* minimizará el costo total del inventario.

El sistema POM utiliza la siguiente ecuación para calcular la cantidad óptima a ordenar Q^*

$$Q_P = \sqrt{\frac{2DS}{IP}}$$

Donde:

D = Demanda anual

S = Costo por ordenar

P = Precio por unidad

I = Costo de mantener, expresado como un porcentaje del precio unitario (P)

Para el ejemplo tenemos los siguientes datos. Una compañía tiene una demanda anual de 5,000 unidades (D), el costo de ordenamiento es de 25 USD por orden (S), y costo de almacenamiento es del 20% del precio unitario.

Para ordenes de entre 1 y 99 unidades, el precio por unidad otorgado por el proveedor es de \$10 USD, para ordenes entre 100 y 999 el precio por unidad es de \$8 USD, finalmente, para ordenes de más de 1000 unidades el precio otorgado es de \$7.5 USD.

Cantidad para el descuento	Precio de descuento (P)
0 a 99	10
100 a 999	8
>1000	7.5

A continuación, se introduce la información proporcionada en el sistema POM:

Parameter	Value		
Demand rate(D)	5000	xxxxxxx	xxxxxxx
Setup/ordering cost(S)	25	xxxxxxx	xxxxxxx
Holding/carrying cost(H)	20%	xxxxxxx	xxxxxxx
Price Ranges	LOWER	UPPER	PRICE
1	1	99	10
2	100	999	8
3	1000	999999	7.5

Con los datos introducidos el sistema muestra la siguiente solución:

The screenshot shows two windows from the POM for Windows software. The top window, titled '(untitled) Solution', displays a summary of parameters and results. The bottom window, titled '(untitled) Details', provides a breakdown of costs for each price range.

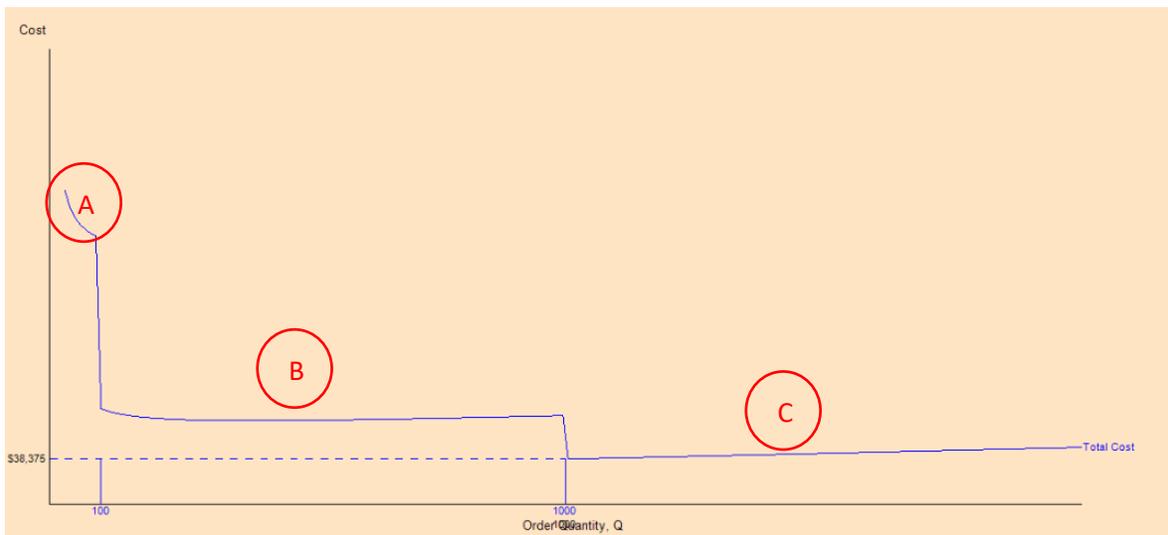
Parameter	Value			Parameter	Value
Demand rate(D)	5000	xxxxxxx	xxxxxxx	Optimal order quantity (Q*)	1000
Setup/ordering cost(S)	25	xxxxxxx	xxxxxxx	Maximum Inventory Level (L...)	1000
Holding/carrying cost(H)@20%		xxxxxxx	xxxxxxx	Average inventory	500
				Orders per period (N)	5
	From	To	Price	Annual Setup cost	125
1	1	99	10	Annual Holding cost	750
2	100	999	8		
3	1000	999999	7.5	Unit costs (PD)	37500
				Total Cost (including units)	38375

Range	Q* (Square root formula)	Order Quantity	Total Setup Cost	Total Holding Cost	Total Inventory Cost	Total Unit Cost	Total Cost
1 to 99	353.55	NA	NA	NA	NA	NA	NA
100 to 999	395.28	395.28	316.23	316.23	632.4556	40316.23	40948.68
1000 to 999999	408.25	1000	125	750	875	37625	38500

Analizando los resultados obtenidos para el primer rango, el cual es de 1 a 99 unidades la Q^* calculada para este rango es mayor del permitido, es de decir $Q^* > 99$ unidades, por lo tanto, este rango se debe descartar ya que se elevan de manera considerable los costos totales de inventario, tal como lo indica la gráfica 3. Para el rango 2, se obtiene que la cantidad optima a ordenar es de 395 piezas, con un costo total de 40,316 USD, sin embargo, el rango que representa un menor costo es el rango de más de 1000. El resultado del sistema POM arroja que la cantidad optima a ordenar (Q^*) es de 408 unidades, sin embargo, esta Q^* está por

debajo del límite permisible, el cual es $Q > 1,000$, por lo tanto, la cantidad a ordenar debe ajustarse al límite más bajo, el cual es de 1,000 unidades. Con este número de piezas a ordenar se obtiene un costo total de \$38,375 USD, el cual resulta ser el más bajo y alcanzable de los 3 rangos.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la curva del costo total, dentro de esta se observan 3 quiebres de precio. El quiebre A muestra la curva del costo total para el rango 1 a 99 unidades. El quiebre B muestra la curva de costo total para el rango de 100 a 999 unidades y el quiebre C muestra la curva del costo total para más de 1,000 unidades. Esta grafica nos ayuda a comprender y a confirmar que para más de 1,000 unidades el costo total anual de inventario resulta menor, siendo la opción viable dentro de los 3 descuentos.



Gráfica 3 “Resultado del modelo de descuento por cantidad”

2.4. Modelos probabilísticos e Inventarios de Seguridad.

Al momento, los modelos de inventario que se han analizado hacen una suposición muy importante, tal es que la demanda de cierto producto es constante y conocida, dentro de los siguientes modelos de inventario, asumiremos que la demanda del producto no se conoce, sin embargo, se puede estimar mediante una distribución de probabilidad.

Una creciente preocupación dentro de la planeación es el mantener un nivel sano y adecuado del inventario, ya que este se relaciona directamente con el nivel de servicio y cumplimiento, un método eficiente para reducir los faltantes consiste en mantener un inventario con unidades adicionales, mejor conocido como “*Inventario de Seguridad*”.

De tal manera, el punto de reorden se puede re-expresar de la siguiente manera:

$$ROP = d \times L + ss$$

Donde:

d = Demanda diaria

L = Tiempo de entrega de nueva orden en días.

ss = Inventario de Seguridad.

Profundizando, el inventario de seguridad se refiere a la cantidad de existencias de un producto que una empresa mantiene en reserva para cumplir con la demanda del cliente en caso de que ocurra una interrupción inesperada en el suministro o una demanda inesperada. El inventario de seguridad ayuda a garantizar que la empresa tenga suficientes existencias para cumplir con la demanda del cliente y reducir el riesgo de pérdida de ventas debido a la falta de existencias.

Para determinar el nivel adecuado de inventario de seguridad, la empresa debe considerar factores como la tasa de rotación de inventario, la variabilidad de la demanda y los tiempos de entrega del proveedor. Un inventario de seguridad demasiado bajo puede poner en riesgo la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda del cliente, mientras que un inventario de seguridad demasiado alto puede llevar a la empresa a incurrir en costos adicionales de almacenamiento y reducir la rentabilidad.

El análisis del inventario de seguridad implica monitorear regularmente los niveles de existencias, identificar patrones de demanda y ajustar los niveles de inventario de seguridad en consecuencia. Las herramientas de gestión de inventario, como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y los sistemas de gestión de inventario (IMS), pueden ayudar a la empresa a mantener un inventario de seguridad adecuado y a administrar los niveles de inventario de manera efectiva.

El inventario de seguridad es un aspecto crítico de la gestión de inventario y puede ayudar a las empresas a mantener un equilibrio adecuado entre la satisfacción del cliente y la rentabilidad. Un análisis regular del inventario de seguridad puede ayudar a la empresa a ajustar sus niveles de inventario de manera efectiva y a garantizar la capacidad de satisfacer la demanda del cliente en todo momento.

3. Sección 3. Modelos de Inventario Dependientes de la Demanda.

A diferencia de la sección anterior, dentro de este apartado se expondrán los diferentes tipos de modelo inventario que suponen una relación dependiente a la demanda, esto quiere decir que la demanda de un artículo que relaciona directamente con la demanda de otro, en otras palabras, la demanda es dependiente cuando se puede obtener la relación que existe entre dos artículos.

Los modelos de demanda dependiente son mejores para fabricantes y distribuidores, de igual manera, este tipo de modelos se emplean en ambientes productivos, y es conocido como *Planeación de Requerimientos de Materiales* o **MRP** (Material Requirements Planning).

Al igual que cualquier otro modelo, existen ciertos requerimientos para poder aplicarlo y sacar el mejor provecho de este, tales son los siguientes:

1. Es necesario conocer el programa de producción maestro, en esencia, este programa nos indica qué debe producirse y en qué momento.
2. La lista de estructurada de materiales necesarios para producir
3. El inventario disponible
4. Órdenes de compra
5. Tiempos de entrega

3.1. Programa de producción maestro

El plan o programa maestro de producción igualmente conocido como MPS por sus siglas en inglés (*Master Production Schedule*) consiste en una estricta planeación a nivel operativo, es decir, se trata de un plan detallado que define la cantidad de productos terminados que se producirán en un lapso de tiempo definido. De igual manera, establece el volumen final de cada producto que se va a elaborar cada semana dentro del periodo establecido. En la cadena de suministro, el área de planeación junto con producción son los responsables de revisar los pronósticos de mercado, lotes ya producidos y confirmar con el departamento de almacén los niveles de inventario, de tal manera, se puede recabar toda la información necesaria para desarrollar los planes maestros de producción.

Es importante recalcar la importancia del *MPS* ya que este nos demuestra qué es lo que se requiere para satisfacer la demanda y cumplir, a su vez con el plan de producción. Para poder elaborar un programa maestro de producción, siempre se comienza por conocer los niveles de inventario, la capacidad de producción de la organización y los requerimientos o la demanda de los clientes (ya sea conocida o pronosticada).

El primer paso que debemos contemplar es reunir toda la información necesaria, si se basa en un sistema de *Lean Manufacturing* se deben contemplar los siguientes datos:

- Capacidad de producción
- Costo de producción
- Costo de inventario
- Inventario inicial
- Pronósticos de demanda
- Tamaño de lote
- Plazo de entrega de proveedor

Una vez teniendo dicha información, se necesita identificar el tipo de producción que se maneja dentro de la organización, ya que, según el sistema de producción empleado se estimará el tiempo que demora el proceso de manufactura. Principalmente, existen tres sistemas:

- Fabricación bajo pedido (*Make to Order o MTO*). Se emplea para la fabricación de un producto en específico.
- Trabajo para almacenar (*Make to Stock o MTS*). Consiste en producir los artículos de acuerdo con la demanda esperada, es decir, la cantidad y el tipo de artículos que se producirán se determina de acuerdo con la gestión del inventario, a su vez, el inventario que se desea tener del artículo se determina teniendo en cuenta el pronóstico de venta.
- Armado bajo pedido (*Assemble to Order o ATO*). En este sistema la empresa realiza la producción de un artículo cuando cliente hace un pedido.

Finalmente, se requiere conocer y establecer los horizontes o barreras de tiempo de la producción, de igual manera, estas se pueden dividir en tres, las cuales se enlistan a continuación:

1. Barrera de tiempo de demanda: Esta barrera delimita los tiempos en el que el MPS **no** podrá modificar, ya que, cualquier cambio en el programa de producción de ese periodo supone pérdidas económicas y retrasos en los plazos de entrega.
2. Barrera del tiempo de planificación: Este es el horizonte de tiempo en que se puede planificar a largo plazo, de igual manera sirve para aceptar futuros pedidos. Dentro de este horizonte se pueden realizar modificaciones al MPS, ya que aún no se hacen requerimientos de materiales y la producción puede sufrir ajustes.
3. Barrera flexible: Dentro de este periodo se pueden realizar modificaciones oportunas al MPS, ya que los requerimientos de material aún no se encuentran cerrados.

A continuación, se mostrará un ejemplo de un programa de producción maestro de una empresa de giro farmacéutico, como datos tenemos que el programa contempla un lapso de tres meses (12 semanas), siendo estos: febrero marzo y abril.

Meses	Febrero				Marzo				Abril			
Plan agregado de Producción	2000				1500				3000			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Programa maestro de producción												
Producto A	300		200			200		100	400		200	
Producto B		100		250	500	200				600		200
Producto C			400				200	100			500	500
Producto D		500		250			100	100		300		300

Tabla 1 “Plan maestro de producción”

De acuerdo con el plan maestro de producción mostrado en la Tabla 1, en el mes de febrero se tiene programado producir un total de 2,000 piezas, distribuidas entre los productos A, B, C y D, de igual manera, se aplica la misma secuencia para los meses o semanas posteriores.

Es importante mencionar que el programa de producción maestro indica lo que se debe producir, no debe confundirse con un pronóstico de la demanda, ya que previo al programa debe hacerse la planeación de producción, basada en la demanda y en diversos factores externos.

3.2. Listas estructuradas de materiales (*BOM; Bill of Material*)

La mayoría de las ocasiones se vuelve complicado cuales son los componentes de un producto, aunque parezca trivial, al momento de la producción o en la práctica se torna complicado, es por lo que una lista de materiales es una solución que se utiliza dentro de la industria. La lista estructura de materiales o *BOM* (Bill of Material) por sus siglas en inglés, es un listado en el cual se agregan las cantidades de los componentes y materiales requeridos para realizar un producto. En otras palabras, la lista estructurada de materiales es un listado de componentes, su descripción, y la cantidad requerida de cada uno para hacer una unidad de un producto. Entre los beneficios de usar una lista de materiales es que, sin dicha lista se pueden correr una serie de riesgos, tales como retrasos por falta de inventario, materiales desperdiciados y resultados inconsistentes a lo largo de la producción. A su vez las BOM son esenciales para calcular el costo exacto de los entregables, si se mantienen los materiales y los costos actualizados en la BOM se simplificará bastante realizar el cálculo del costo final del producto terminado. Es pertinente mencionar que existen diferentes tipos de listas de material, ya que cada una de ellas es específica o especial para cada proyecto. A continuación, se enlistarán los diferentes tipos de BOM que existen.

- BOM de varios niveles: Esta lista de materiales se incluyen varios niveles de jerarquía, teniendo en el nivel superior el producto terminado, siguiendo con los materiales y componentes individuales. De esta manera, es más sencillo visualizar las conexiones que existen entre sus partes y componentes.
- BOM Modular: Dentro de esta lista se enumeran los materiales, documentos de trabajo y diagramas de ingeniería que se necesitan para completar un subconjunto.
- BOM Configurable (CBOM): Dentro del sector de los productos que son altamente configurables una BOM Configurable ayuda a detallar los componentes que son necesarios para diseñar y fabricar un producto según los requisitos específicos del cliente.

- **BOM de Ingeniería:** La EBOM o lista de ingeniería contiene los elementos, partes, y conjuntos y subconjuntos necesarios para crear el producto terminado. Una EBOM rigurosa y exacta es de mucha ayuda para el lanzamiento de un nuevo producto, ya que garantiza que los materiales y que las piezas estén disponibles para cuando se esté fabricando el producto.
- **BOM de Fabricación:** En la MBOM se detallan todas las piezas y conjuntos necesarios para fabricar un producto completo. La información del MBOM se usa para calcular cuándo se deben comprar los materiales y cuándo debe empezar el orden de fabricación. Cabe recalcar que una MBOM debe detallar cada entregable, incluidos los elementos que se utilizan en el proceso de ensamblaje, así como los materiales de empaque.
- **BOM para Equipos:** En este BOM se enlistan las piezas de repuesto que se necesitan para finalizar un proyecto. Dicha BOM ayuda al área de mantenimiento a identificar, ubicar y reemplazar de manera rápida y eficaz una pieza. También permite a las organizaciones mejorar la confiabilidad, ya que se garantiza que la pieza adecuada esté disponible en el momento apropiado.

A continuación, se anexará un ejemplo de una Lista de Materiales:

Lista de Materiales (BOM)					
Descripción del proyecto:					
Realizado por:			Fecha:		
Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)	Comentarios

Tabla 2 “Ejemplo de una Lista Estructurada de Materiales (BOM)”

De manera general, un BOM funciona como un inventario con los artículos esenciales para la fabricación o producción de un artículo, aunado, la lista de materiales es un proceso clave que ayuda a reducir los costos en las operaciones dentro del almacén.

3.3. Tiempos de entrega de los componentes

Después de que los planeadores de la demanda tienen conocimiento y certeza de la fecha en la que los productos son requeridos deben encargarse de una tarea, la cual es primordial para la cadena de suministro, esta es determinar el **tiempo de entrega**, en empresas de tipo productivo, este término hace referencia a la suma de tiempos desde el ordenamiento, espera del material por parte del proveedor, el acondicionamiento y finalmente la producción de este.

Los tiempos de entrega son cruciales ya que en gran medida determinan la forma en la que opera la cadena de suministro, y la mayoría de sus elementos financieros. Es importante mencionar que tiempos de entrega más altos tienen una serie de impactos, por ejemplo, el tiempo del ciclo de inventario se incrementa y esto desencadena en que también se transformen los tiempos de compra y, por ende, también la recepción de los insumos.

A continuación, se mostrará a manera de ejemplo los componentes para la fabricación del Producto “A”, así como sus tiempos de entrega. Se desplegarán dos maneras de mostrar dichos tiempos de entrega.

Componente	Tiempo de Entrega [Semanas]
A	1
B	2
C	4
D	3
E	2

F	2
G	2

Tabla 3 “Ejemplo de los Tiempos de Entrega”

Dentro de esta primera tabla se puede observar que para producir una unidad del Producto “A” se necesitan de 7 componentes (A, B, C, D, E, F y G) con distintos tiempos de entrega,

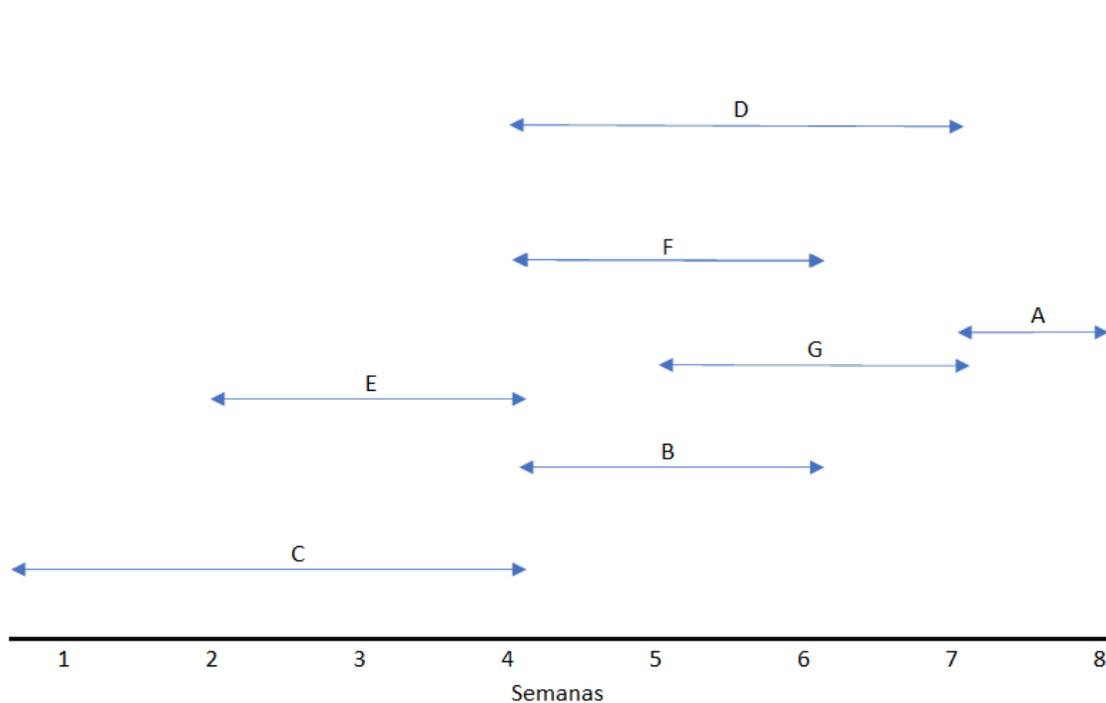


Imagen 2 “Ejemplo de los Tiempos de Entrega”

En la Imagen 2 se puede observar una estructura de producto escalonada, en dicha estructura se muestra de manera horizontal la Tabla 3, donde el artículo A debe estar terminado para la semana 8. En este ejemplo se tiene como premisa que la conclusión de cada componente es independiente al otro.

3.4. Sistemas MRP

Un sistema MRP (Planificación de Requerimientos de Material) está diseñado específicamente para planificar la producción, se encarga de identificar los materiales necesarios, estimar cantidades, determinar cuándo se necesitarán los materiales para cumplir con el plan maestro de producción y de gestionar los plazos de entrega, todo con el objetivo de satisfacer la demanda y mejorar la productividad de la compañía.

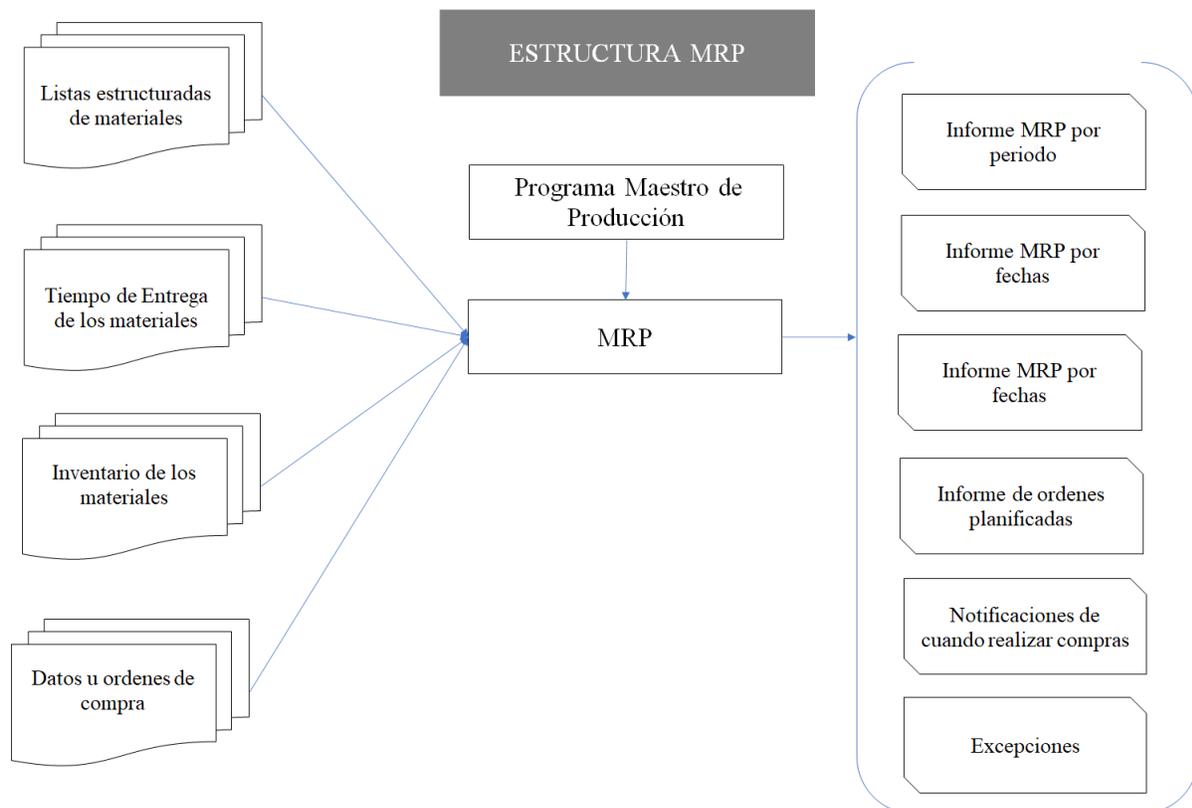
Implementar un sistema MRP dentro de la organización puede contribuir con una serie de beneficios, ya que sin la planificación de requerimientos de materiales se vuelve muy complicado gestionar de forma eficaz el inventario para tener la cantidad adecuada de los artículos adecuados en el momento correcto. Por el otro lado, tener un exceso de inventario resulta en costos elevados, pero no tener suficiente inventario puede caer en un desabasto, lo cual puede recaer en una ruptura en la producción, envíos a destiempo, y lo más importante, un mal servicio al cliente. Es por lo que un sistema MRP brinda un abanico de soluciones, las cuales impactan directamente en la eficiencia y en la productividad de una compañía.

Dentro de los beneficios o ventajas de los sistemas MRP es que se puede garantizar el cumplimiento de ciertos objetivos fundamentales que la mayoría de las empresas poseen, tales como:

- Se tiene un mejor control del inventario, de tal forma, se pueden prevenir gastos y el desperdicio de recursos.
- Se obtiene una reducción en los riesgos intrínsecos del inventario y de la cadena de suministro.
- Se planifica con una mayor eficacia el proceso de producción y se mejora el mismo.
- Se asignan de mejor manera los recursos para la producción.
- Se pueden planificar y simular procesos productivos, de tal forma que se convierte en una herramienta muy poderosa de predicción.

La gran mayoría de los sistemas MRP son computarizados, dentro de este trabajo se utilizará el software *POM-QM* el cual es un programa para la gestión de producción/operaciones,

métodos cuantitativos, ciencia de la gestión e investigación de operaciones, este software nos servirá para ejemplificar y demostrar cómo es que opera dicho sistema. De manera general, los ingredientes que necesita un sistema de planeación de requerimientos de materiales son los siguientes: un programa de producción maestro, una lista estructurada de materiales,



registros de compras e inventarios y los tiempos de entrega para cada artículo necesario para producir una unidad de producto. A continuación, se mostrará de manera general la estructura de un MRP, ya que de esta manera se podrá tener un mayor entendimiento de su funcionamiento, así como de las entradas y salidas de información.

Imagen 3 “Estructura de un sistema MRP”

Una vez con todos los requerimientos listos, lo siguiente es elaborar un plan de requerimientos brutos de materiales, esta combina el programa de producción maestro con el programa escalonado, en esencia indica cual es la demanda total de un artículo, al igual que cuando se debe levantar una orden de compra a los proveedores, con el objetivo particular de

satisfacer la demanda del producto terminado en una fecha estipulada. Retomando los datos utilizados previamente para el Producto A, tales como el tiempo de entrega, así como de los componentes necesarios para su producción, se elaborará un plan de requerimientos brutos de materiales, con la intención de ejemplificar su utilidad.

Componente	Requerimiento/Liberación de Orden	Semanas								Tiempo de entrega [semanas]
		1	2	3	4	5	6	7	8	
A	Requerimiento de Orden								100	1
	Liberación de Orden						100			
B	Requerimiento de Orden						200			2
	Liberación de Orden				200					
C	Requerimiento de Orden				150					4
	Liberación de Orden	150								
D	Requerimiento de Orden							100		3
	Liberación de Orden				100					
E	Requerimiento de Orden				100					2
	Liberación de Orden		100							
F	Requerimiento de Orden						150			2
	Liberación de Orden				150					
G	Requerimiento de Orden							100		2
	Liberación de Orden					100				

Tabla 4 “Ejemplo de Plan de Requerimientos Brutos de Materiales”

Dentro de la Tabla 4 se muestran los requerimientos brutos de materiales para el Producto A, dichos requerimientos se pueden interpretar de la siguiente manera. Si se requieren 100 unidades del componente G para la semana 7, la producción de este componente deberá de comenzar en la semana 5. Por otro lado, en la semana 4 se requerirán 150 unidades del componente C, así como 100 unidades del componente E, dichos componentes tienen tiempos de entrega de 4 y 2 semanas, esto quiere decir que la producción del componente C deberá empezar en la semana 1, en consecuencia, la producción del componente E deberá empezar en la semana 2. En resumen, el plan de requerimientos brutos de materiales presentado anteriormente indica de manera clara y detallada cuando es que se debe pedir e iniciar la producción de cada componente para cumplir con la producción del Producto A.

3.5. Ejemplo aplicativo de un Sistema MRP

Una vez que ya se tiene conocimiento y comprensión de los conceptos necesarios para ejecutar un sistema MRP, se puede realizar un ejemplo aplicado en la industria productiva.

La finalidad de este ejemplo es preparar un plan de requerimientos de materiales con ayuda del software POM a partir de la información presentada a continuación.

El caso de análisis es el siguiente: La empresa “XYZ Services Ltd”, la cual se dedica a la fabricación de electrodomésticos acaba de recibir un pedido importante de 2,000 microondas para entregarse en 10 semanas. Los componentes necesarios para la producción de un microondas pueden clasificarse de la siguiente manera: Cada microondas consta del ensamble de un alojamiento, una parrilla, un ensamble de un ventilador y la unidad eléctrica. El ensamble del alojamiento consta de un marco, un soporte y un mango. El ensamble del ventilador consta de un eje y cinco aspas. La unidad eléctrica consta de una resistencia, un motor de plato y un transformador de alto voltaje.

Componente	Tiempo de entrega (Semanas)	Inventario Disponible (Unidades)	Tamaño de Lote	Recepción de Unidades / Semana en que se recibe
Microondas	1	150	-	-
Alojamiento	2	100	125	-
Marco	1	25	200	100 / 1
Soporte	1	-	500	-
Mango	1	300	100	-
Parrilla	2	100	150	35 / 1
Ensamble del Microondas	3	200	-	-
Eje	1	10	-	-
Aspas (5)	1	-	100	50 / 2
Unidad eléctrica	2	-	-	-
Resistencia	3	20	500	-
Motor de plato	1	30	100	-
Transformador de alto voltaje	1	100	-	-

Tabla 5 “Datos para el ejemplo de ejecución de un sistema MRP”

Dentro de la Tabla 5 podemos encontrar los datos necesarios para la alimentar el sistema MRP, tales como los componentes, sus tiempos de entrega, su disponibilidad en el inventario actual, así como el tamaño de lote, así como la recepción de nuevos insumos a lo largo del tiempo.

Una vez analizada dicha información el primer paso será abrir el software POM y seleccionar la opción Material Requirements Planning, tal como se muestra a continuación.

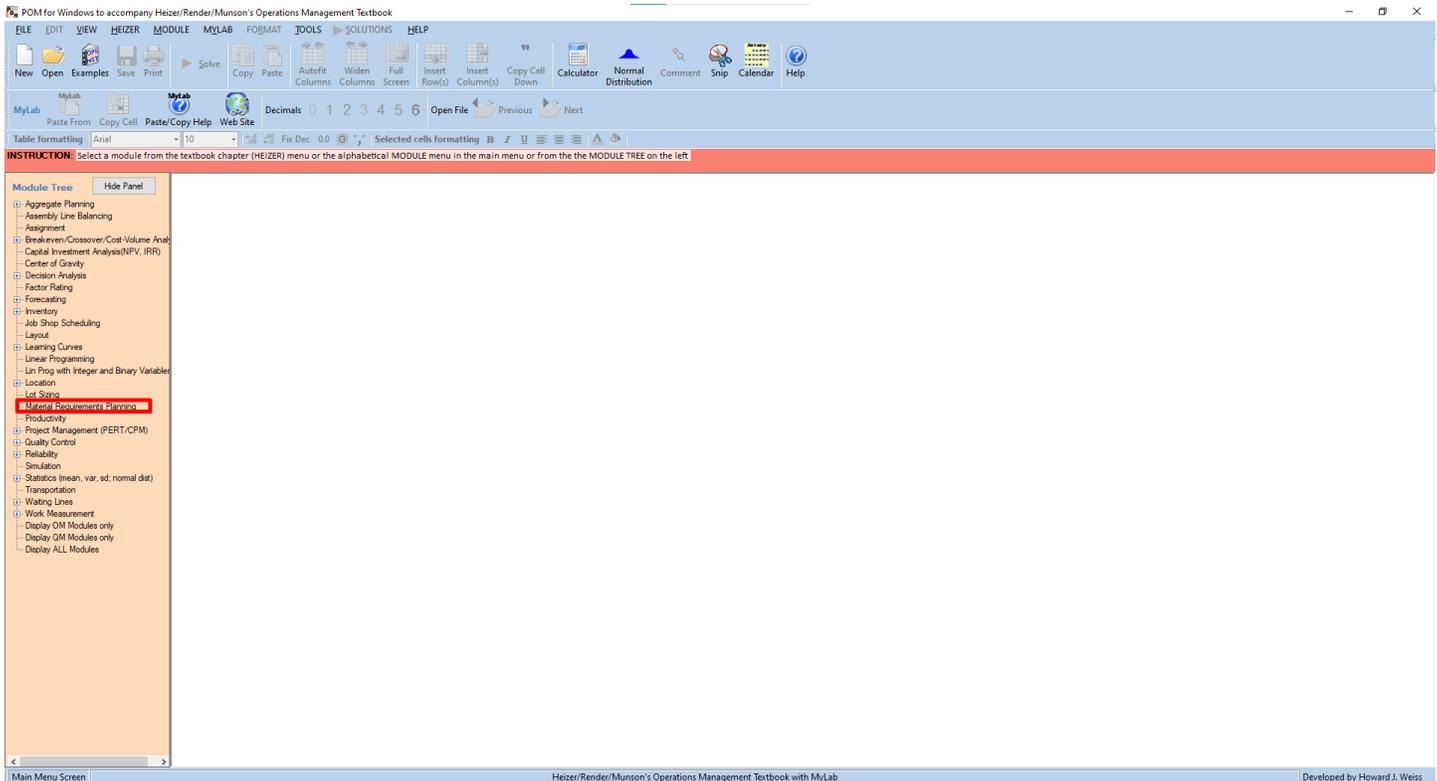


Imagen 4 “Estructura de un sistema MRP”

De manera inmediata se presenta el siguiente cuadro de dialogo. Dentro del apartado de “Number of BOM lines” el usuario del sistema MRP debe colocar el número de listas estructuradas de materiales necesarias, incluyendo el producto final, el cual es el microondas. Para este ejemplo, se necesitan un total de 13 BOM Lines. A su vez, también se debe especificar el periodo para el cual es necesaria la entrega de las 2,000 piezas, para este caso, el requerimiento se necesita para la semana 10, tal como se muestra a continuación.

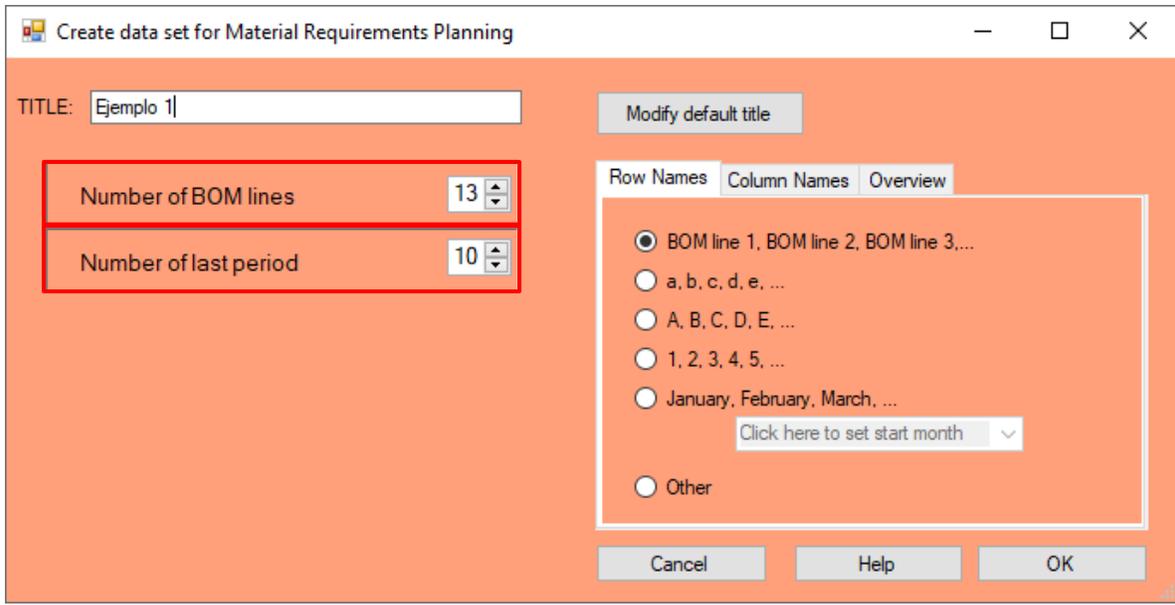


Imagen 5 “Data Set para el MRP”

Una vez completado el cuadro de dialogo anterior se presenta la plantilla para ingresar los datos necesarios para la resolución del problema, donde a continuación se explicará qué debe colocarse en cada una de las columnas.

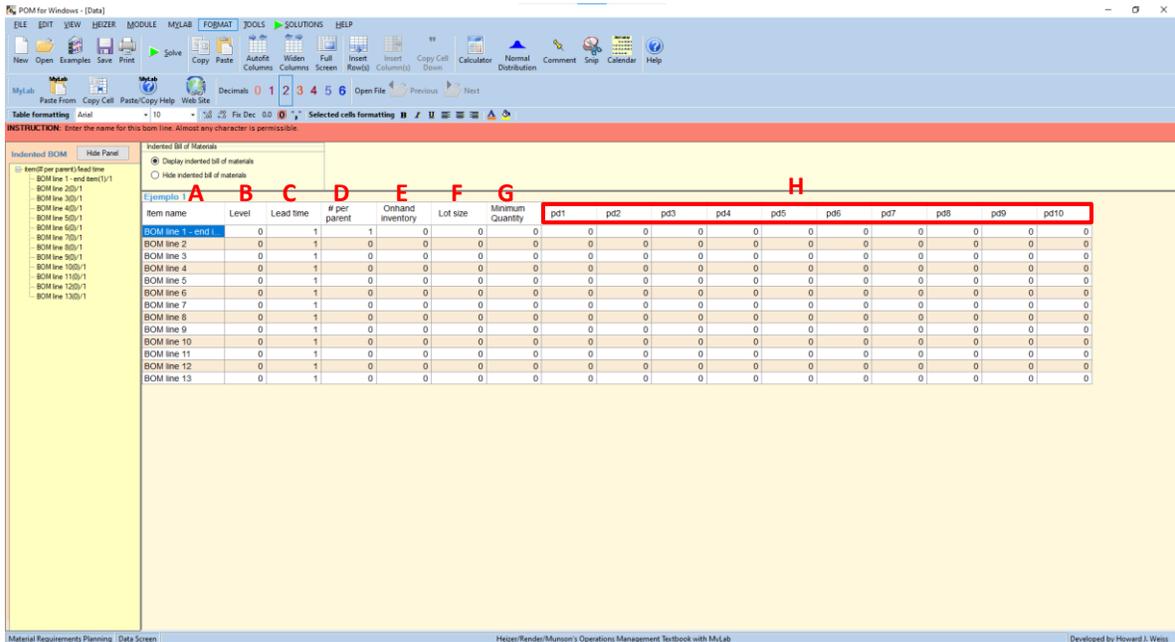


Imagen 6 “Plantilla del MRP”

- La columna A “*Item Name*” debe colocarse el nombre del componente del producto.
- La columna B “*Level*” debe contener el nivel del componente. Por convención, en una lista estructurada de materiales, el nivel superior es el nivel 0, es decir el producto final, que en este caso es el microondas. Los artículos ubicados arriba de otros se les denomina “*padres*”, en este ejemplo tienen el nivel 1, por otro lado, los artículos que se encuentran ubicados debajo de otros se denominan “*hijos*”, en este ejemplo tienen el nivel 2.
- La columna C “*Lead Time*” debe completarse con los tiempos de entrega proporcionados en la Tabla 5.
- La columna D “*Number per Parent*” nos indica el número de “*hijos*” por cada componente “*padre*”. Este dato lo podemos encontrar en la Tabla 5 en la columna “Componente”, únicamente los elementos que tengan algún número entre paréntesis son los que deben contemplarse, en este ejemplo, solo se tienen las aspas con 5 “*hijos*” por “*padre*”.
- La columna E “*Onhand Inventory*” debe contener el inventario actual de cada componente, el cual se proporcionó en la Tabla 5.
- La columna F “*Lot Size*” debe contener el tamaño de lote de cada componente, el cual se proporcionó en la Tabla 5.
- La columna G “*Minimum Quantity*” debe contener la cantidad mínima a ordenar, por ejemplo, si para posicionar una orden de compra con algún proveedor y la cantidad mínima a ordenar acordada por ambas partes es de 500 unidades, el pedido será de estas 500 unidades, aunque para este momento de la producción únicamente se necesiten 100. Para este ejemplo no se tienen datos de la cantidad mínima a ordenar.
- Dentro de la sección H se debe colocar tanto las recepciones programadas como los requerimientos. En este ejemplo, se tienen 3 recepciones programadas, dos recepciones en la semana 1 y una recepción en la semana 2. Por último, se tiene el requerimiento de 2,000 unidades de microondas para la semana 10.

Dentro de la imagen 7 podemos encontrar la plantilla del MRP llena con los datos necesarios para su resolución, tal como se describió al inicio de esta página. Una vez con los datos colocados y revisados en la plantilla, podemos encontrar el plan de requerimientos de materiales óptimo para este ejemplo.

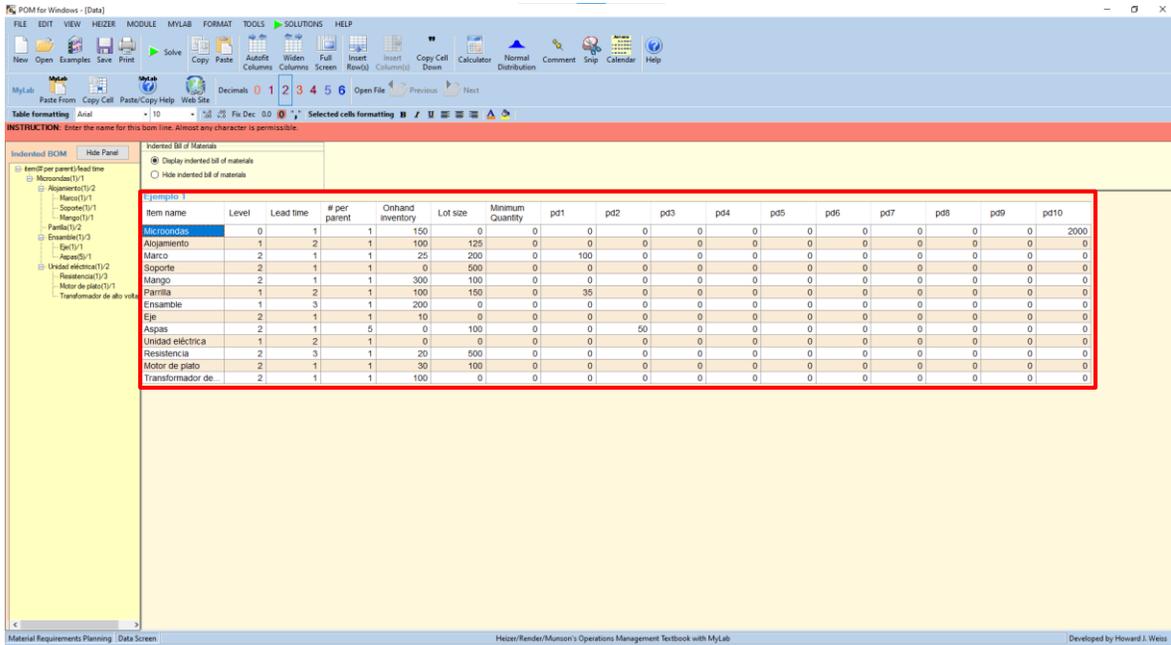


Imagen 7 “Plantilla del MRP con datos para resolución”

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con el software POM:

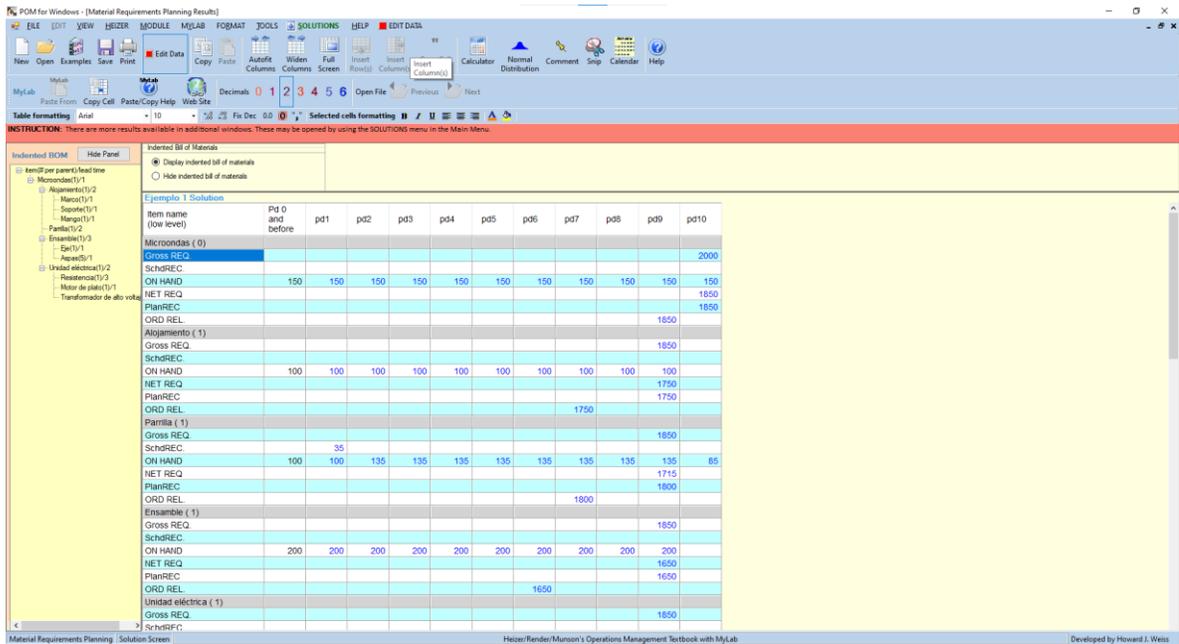


Imagen 8 “Resolución MRP parte 1”

POM for Windows - [Material Requirements Planning Results]

INSTRUCTION: There are more results available in additional windows. These may be opened by using the SOLUTIONS menu in the Main Menu.

Indented Bill of Materials

Item# per parent's lead time

Macoonca(1/1)

Aljament(1/2)

Marcó(1/1)

Support(1/1)

Mango(1/1)

Fanalla(1/2)

Ensamble(1/3)

Eje(1/1)

Resistencia(1/2)

Resistencia(1/3)

Motor de plato(1/1)

Transformador de alto voltaje

Ejemplo 1 Solution

Item name (low level)	Pd 0 and before	pd1	pd2	pd3	pd4	pd5	pd6	pd7	pd8	pd9	pd10
Unidad eléctrica (1)											
Gross REQ.											1850
SchdREC.											
ON HAND											
NET REQ.											1850
PlanREC.											1850
ORD REL.								1850			
Marcó (2)											
Gross REQ.									1750		
SchdREC.											
ON HAND		25	25	125	125	125	125	125	125	175	175
NET REQ.											1625
PlanREC.											1800
ORD REL.								1800			
Support (2)											
Gross REQ.										1750	
SchdREC.											
ON HAND										250	250
NET REQ.										1750	
PlanREC.										2000	
ORD REL.								2000			
Mango (2)											
Gross REQ.										1750	
SchdREC.											
ON HAND		300	300	300	300	300	300	300	300	50	50
NET REQ.											1450
PlanREC.											1500
ORD REL.										1500	
Eje (2)											
Gross REQ.											1650

Material Requirements Planning - Save File Dialog Screen

Heizer/Render/Munson's Operations Management Textbook with MyLab

Developed by Howard J. Weiss

Imagen 9 "Resolución MRP parte 2"

POM for Windows - [Material Requirements Planning Results]

INSTRUCTION: There are more results available in additional windows. These may be opened by using the SOLUTIONS menu in the Main Menu.

Indented Bill of Materials

Item# per parent's lead time

Macoonca(1/1)

Aljament(1/2)

Marcó(1/1)

Support(1/1)

Mango(1/1)

Fanalla(1/2)

Ensamble(1/3)

Eje(1/1)

Resistencia(1/2)

Resistencia(1/3)

Motor de plato(1/1)

Transformador de alto voltaje

Ejemplo 1 Solution

Item name (low level)	Pd 0 and before	pd1	pd2	pd3	pd4	pd5	pd6	pd7	pd8	pd9	pd10
Eje (2)											
Gross REQ.											1650
SchdREC.											
ON HAND		10	10	10	10	10	10	10			
NET REQ.											1640
PlanREC.											1640
ORD REL.								1640			
Aspas (2)											
Gross REQ.											8250
SchdREC.											
ON HAND			50		50	50	50				
NET REQ.											8200
PlanREC.											8200
ORD REL.								8200			
Resistencia (2)											
Gross REQ.											1850
SchdREC.											
ON HAND		20	20	20	20	20	20	20	20	170	170
NET REQ.											1830
PlanREC.											2000
ORD REL.								2000			
Motor de plato (2)											
Gross REQ.											1850
SchdREC.											
ON HAND		30	30	30	30	30	30	30	30	80	80
NET REQ.											1820
PlanREC.											1900
ORD REL.											1900
Transformador de alto voltaje											
Gross REQ.											1850

Material Requirements Planning - Solution Screen

Heizer/Render/Munson's Operations Management Textbook with MyLab

Developed by Howard J. Weiss

Imagen 10 "Resolución MRP parte 3"

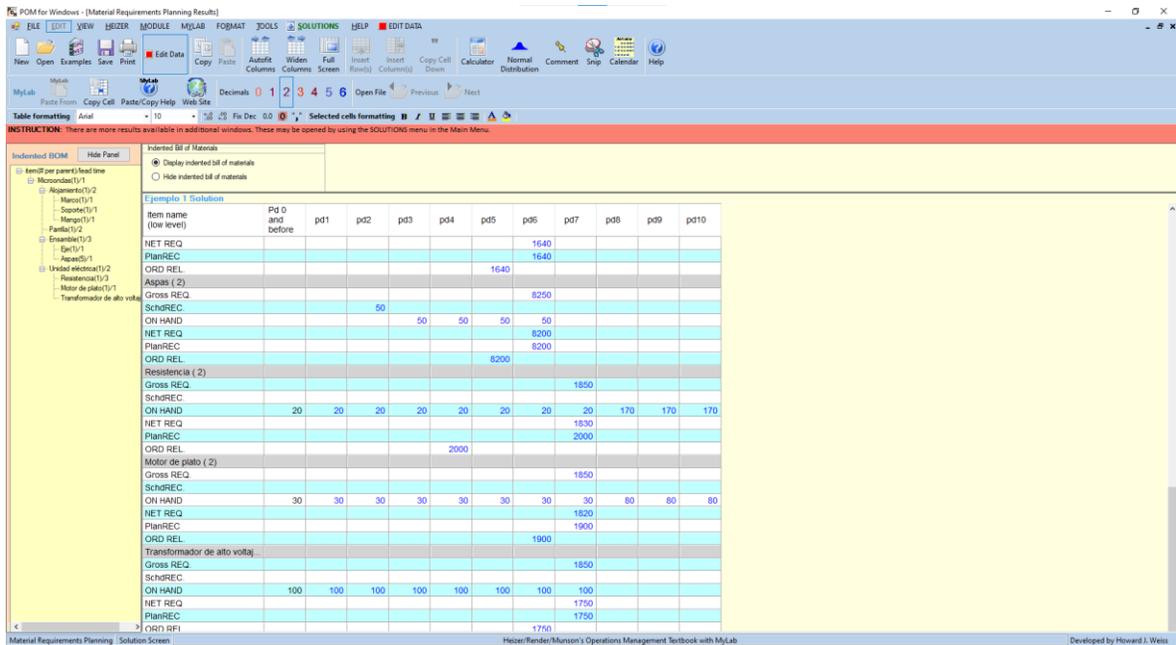


Imagen 11 “Resolución MRP parte 4”

Una vez obtenidos los resultados correspondientes para cada componente es importante analizar de manera detallada la información que nos presenta el sistema MRP. Tomando como punto de partida el componente principal, es decir, el microondas podemos realizar el siguiente análisis:

Item name (low level)	Pd 0 and before	pd1	pd2	pd3	pd4	pd5	pd6	pd7	pd8	pd9	pd10
Microondas (0)											
Gross REQ.											2000
SchdREC.											
ON HAND	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
NET REQ											1850
PlanREC											1850
ORD REL.										1850	

Imagen 12 “Resultados para el componente principal (Microondas)”

En la fila de “Gross REQ” o requerimiento neto, se indica el requerimiento total del componente, y en qué semana se necesita tal requerimiento. Tal como lo dice el ejemplo, la empresa “XYZ Services Ltd, recibió un requerimiento de 2,000 microondas, con un lapso de entrega en 10 semanas.

Continuando con los resultados, se encuentra el “SchdREC”, la cual nos indica las recepciones programadas del componente, como se nos indica en los datos del ejemplo, no se tiene una recepción de microondas, ya que este es el artículo producir por la empresa. Por otro lado, la fila “ON HAND” nos indica el inventario que se tiene semana a semana, como dato inicial, se tenían 150 microondas en almacén, y así se mantuvo el inventario hasta la semana 9. En la fila de “NET REQ” se encuentra el requerimiento neto del artículo, en este caso se necesitan de 1850 microondas, ya que los 150 restantes, se encuentran ya en el almacén. En la fila “PlanREC” se encuentra la recepción programada, es decir, cuando se recibirá el requerimiento neto, en este caso, se recibirán 1,850 microondas en la semana 10. Por último, tenemos la fila “ORD REL” en la cual se indica la cantidad programada a producir en el periodo correspondiente. En este caso en concreto, el tiempo de producción/entrega del microondas es de una semana, tal como se indica en los datos proporcionado, dicho esto, se necesita comenzar la producción de estos 1850 microondas en la semana 9 para poder cumplir con el requerimiento programado en la semana 10.

Para complementar el análisis de los resultados del sistema MRP, se analizará el componente “Marco”,

Marco (2)											
Gross REQ.								1750			
SchdREC.		100									
ON HAND	25	25	125	125	125	125	125	125	175	175	175
NET REQ								1625			
PlanREC								1800			
ORD REL.							1800				

Imagen 13 “Resultados para el componente Marco”

Los resultados que nos muestra el sistema POM para este componente son los siguientes, en la imagen 13 se puede observar que en inventario se contaban con 25 piezas, sin embargo, se cuenta con una recepción programada en la semana 1 de 100 piezas, de tal manera que en la semana 2 ya se ve reflejado en el inventario, con un total de 125 piezas. Una de las funciones con las que nos ayuda el sistema POM es a calcular el requerimiento bruto del material, en este caso se requieren de 1750 piezas. Ya que el tamaño de lote es de 200 unidades, el pedido o producción que se tiene que realizar es de 1,800 unidades en la semana 6 con un tiempo de

entrega de una semana, es decir, tendríamos el requerimiento completo en la semana 7. Por último, como se mandaron a producir 1,800 unidades del artículo y se tenían 125 unidades en inventario, únicamente se utilizarán 1,625 piezas, quedando en el inventario 175 unidades a partir de la semana 8.

Los resultados presentados en las imágenes 8,9 10 y 11 son los requerimientos de planeación de material, o en su defecto, el MRP, sin embargo, el sistema *POM*, ofrece otra vista de los resultados, en donde se muestran únicamente los Plan de Requerimientos Brutos de Materiales, este plan se profundizó en la sección 3.4. Dicha vista se muestra a continuación:

Item name (low level)	Pd 0 and before	pd1	pd2	pd3	pd4	pd5	pd6	pd7	pd8	pd9	pd10
Microondas (0)											2000
Gross REQ										1850	
ORD REL										1850	
Alfombreros (1)										1850	
Gross REQ										1850	
ORD REL								1750			
Pantales (1)										1850	
Gross REQ										1850	
ORD REL								1900			
Ensamble (1)										1850	
Gross REQ										1850	
ORD REL							1650				
Unidad eléctrica (1)										1850	
Gross REQ										1850	
ORD REL								1850			
Muebles (2)										1750	
Gross REQ										1750	
ORD REL							1800				
Soportes (2)										1750	
Gross REQ										1750	
ORD REL								2000			
Mangos (2)										1750	
Gross REQ										1750	
ORD REL								1500			
Eje (2)										1650	
Gross REQ										1650	
ORD REL							1640				
Aspas (2)										8250	
Gross REQ										8250	
ORD REL								8200			
Resistencia (2)											

Imagen 14 “Gross Requirement Plan Parte 1”

Material Requirements Planning - Solution Screen

Item name (low level)	Pd 0 and before	pd1	pd2	pd3	pd4	pd5	pd6	pd7	pd8	pd9	pd10
Gross REQ								1800		1850	
ORD REL											
Unidad eléctrica (1)							1650			1850	
Gross REQ								1850			
ORD REL											
Marco (2)								1750			
Gross REQ								1800			
ORD REL											
Soporte (2)								1750			
Gross REQ								2000			
ORD REL											
Mango (2)								1500			
Gross REQ								1650			
ORD REL											
FR (2)							1640				
Gross REQ								8250			
ORD REL								8200			
Resistencia (2)										1850	
Gross REQ											
ORD REL											
Motor de plato (2)					2000						
Gross REQ										1850	
ORD REL										1900	
Transformador de alto v.											1850
Gross REQ											

Imagen 15 “Gross Requirement Plan Parte 2”

Dentro del ejemplo desarrollado en esta sección se observó de manera práctica que un sistema MRP brinda la planificación de la producción, se encarga de identificar los materiales necesarios, estimar cantidades, determinar cuándo se necesitarán los materiales para cumplir con el plan maestro de producción. Dicho esto, implementar un sistema MRP dentro del área de planeación de la producción resulta altamente eficiente y beneficio para distintas áreas de la compañía.

3.6. Método JIT

El método *Just in Time* o “Justo a Tiempo” nace con la intención de producir únicamente lo necesario en el momento adecuado, dicha metodología se ha transformado al punto de buscar maximizar la eficiencia y reducir los costos, esto a través de la eliminación de desperdicios en el proceso productivo. Este método hace alusión a que los materiales deben llegar exactamente en el momento en el que se necesitan, mediante esta metodología se logrará

aumentar el valor añadido a lo largo del proceso productivo, en consecuencia, se reducen las esperas, el sobre-inventario, y los movimientos innecesarios en la producción.

El origen de este método se remonta a Japón en los años 50, cuando Toyota empezó a utilizar un sistema de producción diseñado por ellos mismos, denominado “*Toyota Production System*”, que a su vez se fue perfeccionando hasta convertirse en lo que hoy en día se conoce como “*Just in Time*”. Este innovador método surgió con la simple idea de eliminar o restringir cualquier elemento o proceso que no aporte valor a la producción de un artículo. Con el paso del tiempo, el método JIT comenzó a aplicarse no solo en el proceso productivo, sino en los demás aspectos de la compañía, ya que a partir de la aparente mejora después de su implementación en áreas productivas. Una de las consecuencias de la implementación de esta metodología es que el proceso productivo pasó de ser un sistema de “Empuje”, en el que cada fase de la cadena de suministro acumula su producción hasta ser requerida por la siguiente fase, a un sistema de “Jale”, en donde cada fase solicita a la anterior la cantidad requerida, dando como resultado la producción únicamente de lo requerido.

Dentro de las principales ventajas del método “Justo a Tiempo” podemos encontrar una reducción significativa de los costos de almacenaje, así como una reducción en tiempos de carga y descarga, se simplifica bastante las fases dentro de la cadena de suministro, también, se puede reducir considerablemente el nivel de inventario, ya que solo se producirá la cantidad necesaria solicitada por la siguiente fase, por ende, se optimizará el tiempo de almacenamiento de los artículos. Por otro lado, la mala implementación de la metodología JIT puede conllevar a una serie de problemas, tales como retrasos o carencias de stock en alguna de las fases de producción, otro inconveniente puede ser que el costo por el cambio de proveedor, ya que, en caso de falla por parte del proveedor, se necesitará un cambio de este para incrementar la fiabilidad, la cual es clave en un sistema JIT. Por último, para que este método cumpla con su efectividad, tiene que ser implementado en la gran mayoría de la empresa, como se mencionó anteriormente, por tanto, se necesita un cambio estructural, el cual requerirá de una inversión considerable de capital.

Dentro de las áreas que contienen la mayor parte de los movimientos es el almacén, es por esto que debe ser una de las primeras áreas en las cuales se debe implementar este sistema.

Un primer paso sería cuestionarse el “*layout*” o el acomodo de los departamentos dentro de nuestro almacén. Se debe tener en un diseño que permita la reducción de los movimientos y/o recorridos que deben hacer el personal operativo, ya que de esta manera se simplificara el flujo de los materiales dentro de nuestro almacén. Otro de los procesos en la mira a modificar para implementar el sistema JIT es el almacenaje, ya que el grado máximo de eficiencia en este aspecto es la automatización del sistema de almacenaje, ya que se eliminan maniobras operativas y se lleva un control estricto del inventario. También es pertinente la optimización de los tiempos de los procesos de exportación, surtido y recepción de los materiales, dentro de este punto es ampliamente recomendado la implementación de sistemas de carga y descarga automática de la mercancía, facilitando y agilizando los tiempos de recepción.

De manera general, la filosofía JIT está basada en suprimir las fases que no aportan valor al proceso, se deben reducir las distancias y movimientos realizados, también es importante reducir los tiempos de preparación de los pedidos, así como simplificar el proceso de recepción y exportación de los artículos. En conclusión, el sistema “Justo a Tiempo” es una filosofía/metodología que puede ser implementada en cualquier empresa, aunque debe estudiarse meticulosamente el caso de cada compañía para que pueda ejecutarse de la manera adecuada y lograr los objetivos que esta metodología promete.

4. Conclusión

Dentro de este trabajo de investigación se realizó la investigación de algunos de los diferentes modelos de gestión y control de inventarios, una vez analizados dichos modelos se puede decir con certeza que, si se implementan de manera adecuada, ayudan de manera considerable a la reducción de los costos de almacenaje y control de inventario. Es importante mencionar que hay que tener en consideración las limitaciones y especificaciones de cada modelo, ya que como se mencionó dentro del trabajo de investigación, existen modelos que son dependientes de la demanda, por el contrario, también existen modelos independientes de la misma. Es importante destacar que también la implementación de cualquier modelo mencionado dentro de este trabajo requiere de una evaluación por parte de la compañía, esto es, para verificar que realmente sea viable su implementación y que ayude a cumplir con los objetivos planteados por la organización. El inventario representa una fuerte inversión dentro de las organizaciones, por tanto, dicha inversión debe cuidarse y vigilarse de la manera adecuada, uno de los errores más comunes dentro de las organizaciones es tener un inventario “*por si acaso*” en vez de tener un inventario con estructura “*justo en tiempo*”. Uno de los modelos más importantes que se revisó dentro de este trabajo fue la planeación de requerimientos de materiales, la cual es la forma más común y utilizada para la elaboración de los programas de producción y de inventarios (cuando la demanda es dependiente), cuando un sistema MRP se implementa de manera apropiada, estos sistemas contribuyen de manera importante a la reducción de los costos de inventario, como consecuencia, se incrementa el nivel de servicio al consumidor final, el cliente.

5. Bibliografía

1. *Inventarios, Manejo y Control*, Guerrero Salas Humberto, Ecoe Ediciones, 2011.
2. *Sistematización de procesos de Control de Inventarios*, Del Rocio Andrade Clavijo Veronica, Ed. Academia Española, 2015.
3. *Principios de Administración de Operaciones*, Heizer J., Render B., 7ª edición, Pearson. 2009.
4. *Fundamentos de Control y Gestión De Inventarios*, Vidal Holguín Carlos Julio, Programa Editorial, 1ª edición, 2010.