



Periodo Sabático

Febrero 2023 – enero 2024

REPORTE INTERMEDIO

Dictamen AS-1-068/2023

B.1. APUNTES PARA ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I Y MERCADOTECNIA

**En el Programa para Elaboración de Apuntes, Libros,
Objetivos Educativos y Reactivos de Evaluación.**

APUNTES DE LA MATERIA ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I

CLAVE INC-1001

INGENIERÍA INDUSTRIAL IIND-2010-227

Elaboró:

JUAN CARLOS GUTIÉRREZ CASTELLANOS.

JIQUILPAN, MICHOACÁN, AGOSTO DEL 2023.



Carretera Nacional s/n Km. 202 C.P. 59510 Jiquilpan, Michoacán. Tels. (353) 533 1126 y
(353) 533 3091 ext. 246 e-mail: dep_jiquilpan@tecnm.mx | www.jiquilpan.tecnm.mx



2023
AÑO DE
Francisco
VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

CONTRIBUCIÓN ACADÉMICA

Análisis de la contribución del tema a los objetivos educativos y perfil de egreso del programa educativo al cual contribuye a la asignatura.:

Esta asignatura es fundamental en la carrera de Ingeniería Industrial, debido a que aporta al perfil profesional las herramientas básicas para diseñar, mejorar e integrar sistemas productivos de bienes y servicios aplicando tecnologías para su optimización.

El enfoque de esta asignatura es teórico-práctico ya que el contenido se aplica a situaciones reales para analizar, diseñar y mejorar los sistemas de producción de bienes y servicios. De igual manera, se recomienda que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio, casos prácticos, visitas a empresas de manufactura y resolver problemas contextuales, donde implica el enfoque de investigación, de modo que aplique modelos y técnicas cuantitativas para tomar decisiones sobre situaciones reales y mejorar la productividad de los sistemas productivos de bienes y servicios.

La asignatura de Administración de Operaciones I, proporciona al estudiante los conceptos y herramientas esenciales para aplicarlas en los sistemas de producción de bienes y servicios.

Los retos que presenta la Globalización de los mercados, motiva a las empresas a utilizar herramientas que le permitan mejorar la productividad y la calidad de sus procesos o servicios y así poder tener un lugar en el mercado que le permita a la empresa incrementar su plantilla laboral, trayendo como consecuencia un desarrollo con bienestar para los trabajadores.

El cumplimiento de los objetivos de esta materia ayuda a Interpretar e implementar estrategias y métodos estadísticos en los procesos organizacionales para la mejora continua.

Para cursar Administración de las Operaciones I, es requisito que los estudiantes tengan conocimientos previos de los temas: Estadística Inferencial I, Estadística Inferencial II. Asimismo, se ubica en quinto semestre y es requisito para cursar la de Administración de Operaciones II y Formulación y Evaluación de Proyectos.

Esta asignatura contribuye al desarrollo del estudiante con un pensamiento sistémico, el manejo de técnicas de pronósticos, de planeación de la capacidad e inventarios para la toma de decisiones y optimizar los sistemas de producción de bienes y servicios.

CONTENIDO

CONTRIBUCIÓN ACADÉMICA	1
INTRODUCCIÓN.....	6
1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	7
1.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	7
1.1.1. DE BIENES.....	8
1.1.2. DE SERVICIOS.....	9
1.2. LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	11
1.2.1. LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.....	11
1.2.2. LA PRODUCCIÓN EN MASA.....	13
1.2.3 PRODUCCIÓN ESBELTA.....	13
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	20
1.3.1 PRODUCTOS ÚNICOS.....	20
1.3.2. POR LOTE.....	21
1.3.3 CONTINUA.....	22
1.4 SISTEMA DE FABRICACIÓN AVANZADO.....	24
1.5. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES.....	26
1.6 ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL ENTORNO GLOBAL.....	27
A) PRESENTACIONES EN POWER POINT	29
B) ESTUDIO DE CASO.	30
C) PROYECTO INTEGRADOR CON RELACIÓN DE COMPETENCIAS Y QUE INCLUYA RÚBRICA DE EVALUACIÓN	30
2. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....	32
2.1. IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.....	32
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS REQUISITOS.	32
2.3. MÉTODOS CUALITATIVOS.....	34
2.3.1 CONSULTE AL PERSONAL DE VENTAS.....	34
2.3.2 JURADO DE OPINIÓN EJECUTIVA.....	34
2.3.3 MÉTODO DELPHI.	34
2.3.4 ESTUDIOS DE MERCADO.....	34
2.3.5. ANALOGÍA DEL CICLO DE VIDA.	34
2.4. MÉTODOS CUANTITATIVOS.....	35
2.4.1. SERIES DE TIEMPO.....	35

2.4.1.1. ENFOQUE SIMPLE.....	35
2.4.1.2. PROMEDIOS MÓVILES.	36
2.4.1.3. SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL.	42
2.4.1.4. TENDENCIA LINEAL.	54
2.4.2. RELACIONES CAUSALES.	58
2.4.2.1. REGRESIÓN SIMPLE.	59
2.4.2.2. REGRESIÓN MÚLTIPLE.	61
2.5. PRONÓSTICOS EN EL SECTOR SERVICIOS.....	61
2.6. PRONÓSTICOS PARA EMPRESAS EN CREACIÓN.....	62
2.7. USO DE SOFTWARE EN PRONÓSTICOS.....	63
A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.	64
B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.	64
C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.	64
3. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.....	65
3.1 CONCEPTOS GENERALES.	65
3.1.1 DEFINICIÓN DE CAPACIDAD.....	65
3.1.2 CAPACIDAD EFECTIVA.....	65
3.1.3 CAPACIDAD DISEÑADA.	65
3.1.4 CAPACIDAD NOMINAL.....	65
3.2 CONSIDERACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD.	66
3.2.1 ECONOMÍAS DE ESCALA.	67
3.2.2 MANEJO DE LA DEMANDA.	67
3.3 PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.....	68
3.3.1 DISEÑO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.....	69
3.3.2 CÁLCULOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS.....	70
3.3.3 CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE INSTALACIONES.....	72
3.3.4 DISEÑOS DE LOS PROCESOS.	73
3.4 HERRAMIENTAS PARA LA PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.....	78
3.4.1 MODELOS DE LÍNEAS DE ESPERA.....	78
3.4.2 ÁRBOLES DE DECISIÓN.	96
3.4.3 SIMULACIÓN.....	100
A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.	106
B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.	106

C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.	106
4.- ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.	107
4.1 DEFINICIÓN Y TIPOS DE INVENTARIOS.	107
4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS INVENTARIOS.	108
4.3 ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIO.	109
4.3.1 TIPOS DE COSTOS.	109
4.3.2 CLASIFICACIÓN ABC.	110
4.4 MODELOS DE INVENTARIO DETERMINÍSTICOS.	112
4.4.1 MODELOS DE CANTIDAD OPTIMA DEL PEDIDO.	113
4.4.2 MODELO CON DESCUENTOS.	117
4.4.3 MODELO DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO.	120
4.4.4 MODELO CON FALTANTES.	123
4.5 MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS.	126
4.5.1 NIVEL DE SERVICIO E INVENTARIO DE SEGURIDAD.	126
4.5.2 MODELO DE CANTIDAD FIJA.	130
4.5.3 MODELO DE PERIODO FIJO.	134
4.6 USO DE SOFTWARE EN INVENTARIOS.	137
A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.	142
B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.	142
C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.	142
5. ADMINISTRACIÓN DE ALMACENES.	143
5.1 FUNCIONES Y MANEJO FÍSICO DE LOS INVENTARIOS, RECEPCIÓN, ORGANIZACIÓN, DESPACHO, MANTENIMIENTO DE LOS REGISTROS.	143
5.2 UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TIENDAS.	148
5.3 SELECCIÓN DE MOBILIARIO Y EQUIPO DE ALMACÉN.	149
5.4 SISTEMA INFORMÁTICO DE ADMINISTRACIÓN DE ALMACENES.	151
A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.	152
B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.	152
C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.	152
FUENTES DE INFORMACIÓN.	153
ANEXO 1. DOCUMENTOS FINALES.	158
1. INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA.	158
2. CARTA DE RECONOCIMIENTO DEL AUTOR DE LOS DERECHOS A FAVOR DEL TecNM.	161

3. REPORTE DE SOFTWARE ESPECIALIZADO.	162
--	-----

Nota: Este es el programa oficial de la asignatura de “Administración de las Operaciones I” con clave INC-1001, que edita el TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO por medio de la Secretaría Académica, de Investigación e Innovación y a través de la Dirección de Docencia e Innovación Educativa con ©TecNM mayo 2016.

INTRODUCCIÓN

La Materia de Administración de las Operaciones I que se imparte en la Licenciatura de Ingeniería Industrial, para el Plan de estudios 2010, es una de las materias que le ofrece al estudiante diferentes herramientas que le ayudarán a contribuir con soluciones para el incremento de la productividad

En el primer tema: “Sistemas de Producción”, se hace un recuento de la evolución de los sistemas de producción pasando por su clasificación y llegar a describir los sistemas de avanzados de manufactura. Se mencionan las empresas de servicios que también pueden aplicarse en ellas las herramientas de que se estudian para mejorar su atención a los clientes.

La obtención de Pronósticos es una herramienta que ayuda a los administradores en la planeación de la producción y a la oferta de servicios, razón por la cual se estudia en esta materia en su segundo tema.

Parte fundamental de las empresas de producción y servicios es tener la capacidad instalada necesaria para cumplir con la demanda de los clientes. En el tema tres del programa, se estudia la capacidad presente y se dan diferentes herramientas para mejorarla o incrementarla.

Los inventarios presentan retos que se deben solucionar para que la empresa sea competitiva ya que, si se cuenta con materias primas y productos terminados que superan la demanda, se tendrán activos los cuales reducen la liquidez, pero si sucede lo contrario, se tendrán clientes insatisfechos. Este es el objetivo del tema cuatro del programa: conocer y aplicar las herramientas que ayuden a tener los inventarios necesarios para cubrir la demanda.

Por último, en el tema cinco se analiza la administración de los almacenes ya que muchas empresas exitosas en el actual mundo globalizado, fundan su éxito en la instalación del número de almacenes necesarios para que el cliente cuente con la mercancía que necesita en el menor tiempo posible.

1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

1.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

Un sistema de producción es la manera como se lleva a cabo la entrada de las materias primas (que pueden ser materiales, información, etc.) así como el proceso dentro de la empresa para transformar los materiales y así obtener un producto terminado para la entrega de los mismos a los clientes o consumidores, teniendo en cuenta un control adecuado del mismo. (Cadenas Víctor, s/a).

Un sistema de producción es una serie de elementos organizados, relacionados e interactuantes, que incluyen máquinas, personas, materiales e incluso procedimientos y métodos de gestión. Todos estos componentes interrelacionados permiten que las materias primas y la información sobre los procesos que intervienen se transformen en productos o servicios terminados, lo que se traduce en calidad, costo y plazos. Los sistemas de producción son sistemas que proporcionan estructuras que agilizan la descripción, ejecución y planificación de los procesos industriales. Ver figura 1.1.

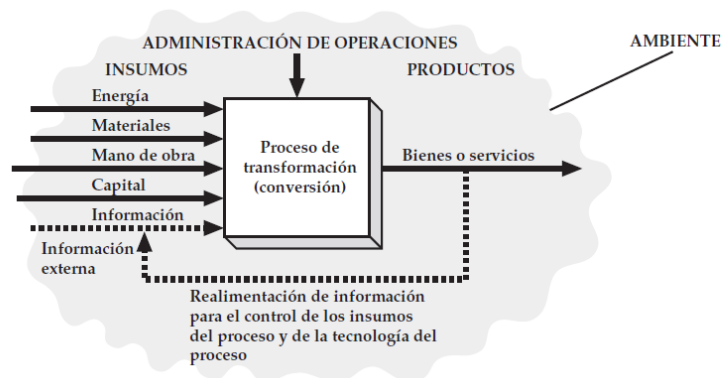


Figura tomada de: (Schroeder, 2011, p.13)

Figura 1.1. Una operación como un sistema productivo.

Un sistema en sí mismo se puede definir como un conjunto de partes interrelacionadas que existen para lograr un objetivo determinado. Cada parte del sistema puede ser un departamento, un organismo o un subsistema. De esta forma, una empresa puede ser vista como un sistema cuyos departamentos son subsistemas.

Los sistemas pueden ser abiertos o cerrados. Los sistemas cerrados (o mecánicos) funcionan de acuerdo con relaciones causales predeterminadas y mantienen intercambios predeterminados con el medio ambiente, donde ciertas entradas producen ciertas salidas. Por el contrario, los sistemas abiertos (u orgánicos) funcionan en relaciones causales desconocidas e inciertas, en estrecho intercambio con su entorno. En realidad, las empresas son sistemas completamente abiertos con sus respectivas dificultades. Las empresas

importan recursos a través de sus entradas, procesan y transforman esos recursos y exportan el resultado de ese procesamiento y transformación de regreso al ambiente a través de sus salidas. La relación entradas/salidas indica la eficiencia del sistema.

1.1.1. DE BIENES.

El sistema de producción de mercancías de una empresa es una actividad que hace que el proceso de producción sea más eficiente a través de la entrada de recursos y la salida de productos. Esta es una de las tareas más importantes para cualquier empresa que necesita ser rentable para tener éxito en el mercado.

Un sistema de producción sigue estos pasos:

1. Entrada de factores de producción: Por un lado, el sistema se inicia con la entrada y combinación de materias primas, mano de obra, energía, capital y know-how o conocimientos y habilidades necesarios para realizar el proceso.

2. Proceso de transformación: el proceso de transformar recursos o factores de producción en productos que satisfagan la demanda del mercado.

3. Salida de productos: Asimismo, el paso final en el sistema de producción ocurre cuando los bienes y servicios terminados abandonan el proceso de producción.

Finalmente, lo que se busca dentro de un sistema de producción es producir la mayor cantidad posible de bienes y servicios con el menor costo; esto se consigue combinando de la mejor forma posible las materias primas, la mano de obra, los equipos y la tecnología.

En efecto, la combinación más eficiente de estos factores depende del know how que aplica cada empresa, por ello el conjunto de conocimientos y habilidades que posee cada empresa puede ser su ventaja competitiva.

La característica principal de un sistema de producción de bienes es la de ser tangibles, es decir: se pueden ver y tocar. Desde el punto de vista de su producción, tienen las siguientes características:

Hay muy poco contacto con los clientes. Se generan independientemente de los clientes, y puede que nunca haya conexión entre quienes los producen y quienes los consumen.

Se pueden inventariar. Como son tangibles, pueden almacenarse y calcularse. Tienen valor para la organización desde el momento en que se crean.

Producto físico duradero. Se pueden producir con anticipación y esperar el momento en que los clientes los necesiten.

El tiempo de ejecución es más largo. Hay una demora más larga entre la necesidad percibida por el cliente del producto y el momento del consumo.

Intensiva en capital. Desde una perspectiva de inversión, la producción de bienes físicos requiere infraestructura productiva, es decir, maquinaria, insumos y posiblemente almacenamiento y transporte.

Calidad fácil de medir. Debido a que son tangibles, las pautas de revisión son suficientes para verificar su homogeneidad y si se ajustan a los patrones esperados.

Masa fácil de medir. Debido a que son tangibles, las pautas de revisión son suficientes para verificar su homogeneidad y si se ajustan a los patrones esperados.

La mayoría de las industrias y empresas desarrolladas desde la era industrial se basan en la producción de productos materiales, por lo que no es necesario elaborar el proceso de producción de materiales. No obstante, señalaremos sus elementos esenciales.

“Para fabricar un producto se necesita un “sistema de producción” y básicamente, la concurrencia ordenada de tres conjuntos de elementos: mano de obra, máquinas y materias primas, en interacciones perfectamente ordenadas, hasta llegar al producto terminado y luego ponerlo a disposición de los eventuales compradores mediante un sistema de distribución que puede o no incluir almacenaje previo y comercialización.” (Román, 2011).

1.1.2. DE SERVICIOS.

En el siglo pasado había una gran diferencia entre productos y servicios, pero ahora los servicios han cobrado más importancia en las economías de los países. Un artículo reciente sobre Gestión de operaciones, diseño y producción de servicios habla sobre la diferencia entre los dos, pero no es una distinción completa, ya que algunos productos llevan servicios y algunos servicios contienen productos.

La distinción entre producto y servicio se hace describiendo el producto como un objeto o cosa y el servicio como una actuación, y comparando la prestación de un servicio con el escenario de una obra, considerando a los trabajadores del servicio como actores y a los clientes como audiencia.

Un artículo reciente sobre Gestión de operaciones, diseño y producción de servicios analiza la diferencia, pero no toda, que analizan productos que alojan servicios y servicios que contienen productos. Los autores definen los servicios en términos de descripciones de las diferencias entre servicios y productos físicos.

Un sistema de producción de servicios es cualquier actividad diseñada para satisfacer una necesidad específica del cliente. Es esencialmente una cosa intangible que no puede ser

poseída por entidades. Su producción no necesariamente tiene que estar ligada a un producto físico.

Hay varias categorías de bienes y servicios, ya que pueden llamarse "puros" o interactivos. Así, se obtiene la siguiente clasificación de bienes y servicios:

- **Bienes puramente tangibles:** como el azúcar, el arroz o la miel, excluidos los servicios.
- **Bienes tangibles y algunos servicios:** computadoras y servicios de instalación y consultoría.
- **Servicios con carga determinada:** incluye transporte aéreo de almuerzo a bordo.
- **Servicios puros:** cuidado de niños, sesiones de formación, asesoramiento o conciertos.

Otra diferencia entre producto y servicio es que el producto se describe como un objeto o cosa y el servicio se describe como una actuación, y la prestación de un servicio también se compara con la puesta en escena de una obra de teatro, con los trabajadores del servicio como actores y los clientes como público. (Berry, 1980).

Otra definición de servicio es: "Una actividad o una serie de actividades de naturaleza más o menos intangible que normalmente, pero no necesariamente, toma lugar en interacciones entre el cliente y el empleado de servicio y/o recursos físicos o bienes y/o proveedores de servicio, que son proveídas como soluciones a problemas del cliente" (Dolfsma, 2004, p.320).

Las características que distinguen los servicios de los productos son: intangibilidad, heterogeneidad (variabilidad), caducidad de la producción y simultaneidad de producción y consumo.

Intangible. Todos los clientes obtienen una variedad de beneficios cuando compran un producto o servicio, pero la principal diferencia entre ellos es que, en el caso de los servicios, no obtienes la propiedad permanente de nada tangible.

La heterogeneidad surge de las características de los servicios, especialmente por los contactos con los clientes, cada uno solicitando los servicios a su manera, y cada empleado de contacto también responde a estas solicitudes de manera diferente, incluso cuando se trata de estandarizar los servicios. Por lo tanto, ningún servicio es igual.

La caducidad de la producción y la simultaneidad de la producción y el consumo. Dado que un servicio no es un objeto sino una propiedad obtenida de una o más actividades, no es posible almacenarlo. El cliente recibe la capacidad al mismo tiempo que se produce, por lo que la producción, la entrega y el consumo del servicio ocurren simultáneamente. (Raza Alonso, 2017).

Otras diferencias importantes son:

- 1) Los clientes están más involucrados o involucrados en el proceso de producción del servicio. Muchas veces ayudan a crear servicios o trabajan con contactos.
- 2) Los clientes que frecuentan el negocio de servicios se vuelven parte del servicio y también afectan la experiencia del servicio.
- 3) Hay mayor dificultad para mantener los estándares de control de calidad porque los servicios se consumen a medida que se producen. En esta forma de consumo, es difícil ignorar posibles errores e imperfecciones del personal de servicio y otros clientes.
- 4) Es más difícil para los clientes evaluar el servicio, porque la calidad de la experiencia solo se puede evaluar después de la compra o durante el proceso de consumo. Además, la calidad de algunas creencias o rasgos es difícil de evaluar incluso después del consumo.
- 5) El factor tiempo se vuelve más importante ya que el cliente tiene que estar presente durante la entrega del servicio, por lo que tiene que hacerse a tiempo, así que no espere demasiado para recibirlo.
- 6) A diferencia de los productos físicos que se mueven a través de canales de distribución que también son físicos, los canales electrónicos suelen utilizarse para servicios (radio, televisión, transmisión electrónica, etc.), o combinados con instalaciones físicas. Todas estas características implican que los servicios, a diferencia de los productos, deben recibir una atención especial en términos de gestión, diseño de producción y comercialización.

1.2. LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

1.2.1. LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.

Los sistemas de producción anteriores al siglo XVII a menudo se denominan sistemas de producción artesanal o rural. Esta producción artesanal produce productos a través de la transformación de materias primas naturales básicas que involucran máquinas y herramientas simples, principalmente trabajo físico e mental, a través de procesos de producción no industriales.

Los productos artesanales utilizan materias primas de la misma región, tienen un alto componente artesanal y se enfocan más en la individualidad del producto que en la producción en masa. Además, no se suelen utilizar aditivos, conservantes o colorantes,

porque no se busca la masa, es decir, no la cantidad, sino la calidad: procesos manuales, productos individuales, ciclos cortos de comercialización.

La producción manual utiliza herramientas manuales y trabajadores altamente calificados que deben realizar todas las tareas necesarias para transformar las materias primas en productos. Cada una de estas tareas o funciones normalmente corresponde a una industria en particular. A menudo, la producción manual se adapta a los requisitos del cliente porque permite una gran flexibilidad para realizar las operaciones necesarias para fabricar el producto final. Muchos productos todavía se producen a mano. Algunas de sus funciones principales están intentando implementarse en muchas fábricas.

Históricamente, la producción artesanal se ha basado en la idea de que las máquinas y los procesos mejoran la habilidad del artesano y le permiten incorporar su conocimiento en una gama cada vez más diversa de productos. Cuanto más flexible la máquina, más amplias las posibilidades de aplicación en el proceso y mayor el ingenio del artesano en su trabajo. Los talleres artesanales emplean trabajadores altamente calificados, maestros, que son ellos mismos artesanos. Cada maestro supervisa el trabajo de varios aprendices durante el largo proceso de formación. Los componentes del producto están hechos a mano individualmente para satisfacer las necesidades del cliente. Cuando un aprendiz domina un oficio, se convierte en oficial, trabajando junto al maestro durante un período de tiempo, con el objetivo final de heredar al maestro o abrir su propio taller.

La producción manual conserva una serie de características muy singulares. En general, dicha producción tiene las siguientes características:

1. El volumen de producción es muy pequeño y el mercado es acotado, concentrado en un nicho de mercado que suele tener un alto poder adquisitivo.
2. Una fuerza de trabajo versátil y altamente calificada dedicada a tareas relacionadas con la fabricación, incluido el diseño de productos.
3. Dado que la operación se realiza a un ritmo pausado utilizando herramientas y máquinas comunes, permite la flexibilidad para realizar diferentes tareas cuando sea necesario.
4. El producto tiene alto valor agregado y alto precio.
5. Fabricar productos con piezas intercambiables (cuando no sean productos únicos).
6. La producción es coordinada por el dueño quien mantiene el control del negocio.
7. Alto contacto con los clientes.
8. El valor de un producto tiende a permanecer constante en el tiempo.

Algunos productos artesanales pueden ser de bajo, medio o alto consumo y aceptan producción en serie, otros son piezas únicas. Sin embargo, la artesanía, con o sin tecnología de producción, es un producto con identidad propia, con una dimensión económica diferente a la industrial por su alto contenido de mano de obra y elementos históricos. ("Producción artesanal", s/a).

1.2.2. LA PRODUCCIÓN EN MASA.

En Inglaterra, en el siglo XVIII, tuvo lugar un desarrollo que llamamos Revolución Industrial. Este progreso involucró dos elementos principales: la sustitución generalizada de la fuerza humana e hidráulica por máquinas, y el establecimiento del sistema fabril. La máquina de vapor de James Watt, inventada en 1764, impulsó mecánicamente las fábricas y estimuló otros inventos de la época.

El advenimiento de la máquina de vapor y la maquinaria de producción hizo factible concentrar a los trabajadores en fábricas lejos de los ríos. Una gran cantidad de trabajadores se reúnen en una fábrica y deben organizarse de manera lógica para producir productos. La riqueza de las naciones de Adam Smith, publicada en 1776, ensalzaba los beneficios económicos de la división del trabajo (también conocida como especialización de tareas), que divide la fabricación de productos en pequeñas tareas especializadas asignadas a los trabajadores en la línea de producción, de modo que a finales del siglo XVIII las fábricas no solo habían desarrollado maquinaria de producción, sino que también habían planificado y controlado el trabajo de los trabajadores de producción.

1.2.3 PRODUCCIÓN ESBELTA.

El avance de estas tecnologías (artesanal y masiva) ocurrió en Japón, donde se encontraron las primeras semillas reconocidas de Lean Thinking (SLIM). En 1902, Sakichi Toyoda (quien luego fundaría Toyota Motor Corporation con su hijo Kiichiro) inventó un dispositivo que detendría un telar si el hilo se rompía y enviaba una señal visual al operador de que la máquina necesitaba atención. Este sistema de "automatización con un toque humano" puede separar a los humanos de las máquinas. Con esta sencilla pero eficaz medida, un solo operario puede controlar varias máquinas, lo que supone un enorme aumento de la productividad, centrándose así de forma permanente en la mejora de los métodos de trabajo. Debido a su contribución al desarrollo de la industria japonesa, Sakiichi Toyoda es conocido como el "Rey de los inventos japoneses". En 1929, Akio Toyoda vendió los derechos de patente de su telar a los británicos Pratt Brothers y le encomendó a su hijo Kiichiro que invirtiera en la industria automotriz, creando así Toyota Corporation. Al igual que otras empresas japonesas, la empresa enfrentó el desafío de reconstruir una industria

competitiva después de la Segunda Guerra Mundial. Los japoneses se dieron cuenta de que su posición en el escenario económico mundial estaba en peligro. Debido a la falta de materias primas, solo podían depender de sí mismos para sobrevivir y desarrollarse.

Para ser precisos, en este entorno de "supervivencia", Toyota es la empresa que más activamente busca nuevas alternativas "prácticas". A fines de 1949, la caída de las ventas obligó a Toyota a despedir a un gran número de trabajadores después de una huelga prolongada. En ese momento, dos de los jóvenes ingenieros de la empresa, Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) y Naichi Ohno, considerado el padre de la manufactura esbelta, visitaron American Motors.

Observaron que el estricto sistema estadounidense no era adecuado para Japón, y el futuro necesitaba fabricar autos pequeños y varios modelos a bajo costo. Llegaron a la conclusión de que esto solo podría lograrse mediante la supresión de las existencias y una variedad de desechos, incluido el uso de la fuerza humana.

Con base en estas reflexiones, Ohno sentó las bases para un nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time, también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formula un principio muy simple: "Producir solo lo que se necesita cuando el cliente lo solicita".

La contribución de Ohno se complementó con el trabajo del ingeniero industrial de Toyota Shigero Shingo, quien estudió en detalle la administración científica de Taylor y la teoría del tiempo y el movimiento de Gilbreth. Comprendió la necesidad de transformar las operaciones de producción en un proceso continuo e ininterrumpido para proporcionar a los clientes solo lo que necesitaban, con un enfoque en la reducción de los plazos de entrega. Su primera aplicación, enfocada a reducir radicalmente los tiempos de cambio de herramienta, constituyó la base del sistema SMED.

Al amparo del concepto JIT, se han desarrollado diferentes tecnologías como los sistemas Kanban, Zidoka y Poka-Joke para enriquecer el sistema Toyota.

El sistema JIT/TPS fue notorio por la crisis del petróleo de 1973 y las pérdidas de muchas empresas japonesas. Toyota se destacó entre otras empresas, y el gobierno japonés animó a que el modelo se extendiera a otras empresas.

A partir de este momento, la industria japonesa comenzó a ganar ventaja en la competencia con Occidente. Sin embargo, no fue hasta principios de la década de 1990 que el modelo japonés de repente tuvo "grandes repercusiones" en Occidente, a través de la publicación de La máquina que cambió el mundo por Womack, Jones y Ruth.

Según Suzuki (2004), las técnicas JIT, junto con los sistemas japoneses de organización del trabajo JWO (Japanese Work Organisation) y Jidoka, forman la base de la manufactura esbelta.

JWO consiste en diseñar y establecer una forma de organizar el trabajo orientada a la aplicación práctica exhaustiva de las competencias de los trabajadores, es decir, la capacidad de aprovechar al máximo la mano de obra. Este sistema se realiza en conjunto con otras prácticas organizacionales, como la capacitación de los trabajadores para que puedan realizar diversas tareas, asignaciones de trabajo flexibles, asignación de responsabilidades a los trabajadores para verificar los parámetros de calidad y realizar el mantenimiento básico.

Jidoka incluye la posibilidad de que las máquinas detengan el proceso cuando detectan que una pieza no se puede fabricar sin errores. (Hernández-Matías, 2013). Ver tabla 1.1.

JIT (JUSTO A TIEMPO)	JWO (SISTEMA PARA LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO JAPONÉS)	Lean manufacturing (MANUFACTURA ESBELTA)
Reducción de producto en curso	Trabajadores Multidisciplinarios.	Jidoka
Flujo continuo	Calidad en el puesto.	Calidad Total
Reducción de tiempos de entrega	Mantenimiento en el puesto.	Mejora continua
Reducción de tiempos de Fabricación	Mejoras del puesto de trabajo	Compromiso de dirección y empleados

Tabla 1.1. Origen y evolución de los principios Lean.

EL OBJETIVO DE LA MANUFACTURA ESBELTA.

El objetivo principal de la manufactura esbelta es implementar la filosofía de mejora continua, lo que permite a las empresas reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios, aumentando así la satisfacción del cliente y manteniendo los márgenes de beneficio.

La manufactura esbelta brinda a las empresas las herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige mayor calidad, entrega más rápida, precios más bajos y cantidades requeridas.

Específicamente, **manufactura esbelta**:

- 1 Reducción significativa de las cadenas de residuos
- 2 Reducir el inventario y el espacio en el taller de producción

- 3 Crear un sistema de producción más robusto (esbelto)
- 4 Crear un sistema de entrega de material adecuado
- 5- Mejorar el diseño de la fábrica para aumentar la flexibilidad.

Definición de manufactura esbelta

Una fábrica esbelta tiene las siguientes características:

- 1.- Producción integrada de piezas únicas (es decir, un flujo de trabajo continuo) con un inventario mínimo en cada etapa del proceso de producción.
- 2.- La capacidad de producción de lotes pequeños se sincroniza con el plan de envío.
- 3.- Prevenir defectos creando calidad en el proceso e implementando un programa de retroalimentación en tiempo real en lugar de inspección y retrabajo.
- 4.- La planificación de la producción está impulsada por la demanda o "atracción" del cliente, no para cumplir con las cargas de la máquina o los flujos de trabajo inflexibles en el piso de producción.
- 5.- Organización del trabajo en equipo, con operarios y múltiples habilidades, capacitándolos para tomar decisiones y mejorar las operaciones con poca indirecta.
- 6.- Los trabajadores participan activamente en la depuración y resolución de problemas para mejorar la calidad y eliminar los residuos.
- 7.- Integrar estrechamente todo el flujo de valor desde las materias primas hasta los productos terminados a través de alianzas con proveedores y distribuidores.

Los 5 principios del pensamiento Lean:

- 1. Defina el valor desde la perspectiva del cliente:** la mayoría de los clientes quieren comprar soluciones, no productos o servicios.
- 2. Identifique su flujo de valor:** elimine el desperdicio encontrando pasos que no agreguen valor, algunos pasos son inevitables, otros pueden eliminarse de inmediato.
- 3. Crear flujo:** hacer que todo fluya sin problemas y directamente de un paso de valor agregado a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- 4. Pull ("Jalar")** para clientes de producción: una vez que se complete el proceso, podrán producir en función del pedido del cliente, en lugar de basarse en pronósticos de ventas a largo plazo.

5. Esforzarse por la perfección: una vez que una empresa ha logrado los primeros cuatro pasos, queda claro para los involucrados que siempre es posible aumentar la eficiencia.

SIETE DESPERDICIOS

Los desperdicios de todo tipo (materiales y humanos) existen en todos los procesos y en todas las áreas, por lo que todos debemos trabajar juntos para impulsar la mejora continua con un enfoque en la identificación y eliminación de residuos.

Para entender claramente el concepto de "desperdicio", es necesario entender el concepto de valor agregado.

Valor agregado:

- Cualquier proceso, operación o actividad de producción que cambie la forma, ajuste o función de un producto para cumplir con las especificaciones y expectativas del cliente.
- Esto es todo por lo que el cliente está dispuesto a pagar.

Después de revisar el concepto de valor agregado, debemos comprender y enseñarnos a reconocer y eliminar el desperdicio.

DESPERDICIO:

- Todos estos elementos (material y mano de obra) no agregan valor al producto, solo costo y/o tiempo.
- Esto es todo lo que los clientes no quieren pagar.

Lo que es más importante, el desperdicio es solo un síntoma del problema, no la causa raíz.

1. DESPERDICIO POR MOVIMIENTOS:

En los procesos de producción y áreas de servicio, los operadores deben realizar movimientos excesivos para acceder a las piezas de producción, herramientas o viajar para operar.

2. DESPERDICIO POR TRANSPORTE:

Desplazamiento excesivo de material de transporte entre puestos de trabajo, zonas de producción, almacenes, etc.

3. DESPERDICIO POR CORRECCIÓN:

Todo retrabajo, reparación o corrección de un producto debido a problemas de calidad; del mismo modo, la inspección excesiva se realiza para contener el problema en lugar de eliminarlo.

4. DESPERDICIOS CAUSADOS POR EL INVENTARIO:

Hay un excedente de medios de producción y materiales industriales.

5. DESPERDICIO POR ESPERA:

Tiempo de inactividad entre operaciones y/o estaciones de trabajo

6. RESIDUOS CAUSADOS POR EL PROCESAMIENTO EXCESIVO:

Requisitos más allá de la especificación/programación del producto (considerando las características solicitadas por el cliente).

7. DESPERDICIOS POR SOBREPRODUCCIÓN:

Haga lo que se requiere más allá del flujo a continuación. El tiempo de entrega es anterior a los requisitos del siguiente proceso. La ejecución es más rápida de lo necesario para el siguiente procedimiento.

SISTEMA DE "JALAR"

Este es un sistema de producción donde cada operación "estira" el material requerido por la operación anterior. Se trata de producir sólo lo necesario, obteniendo los materiales necesarios de operaciones anteriores. Su mejor objetivo: mover materiales uno a uno entre operaciones.

LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Hay muchas herramientas utilizadas en la MANUFACTURA ESBELTA. sólo se ven estas:

1. 5'S

Desarrollada en 5 pasos, la metodología tiene como objetivo crear una cultura organizacional de orden y limpieza en cualquier área de la empresa. Es la base para implementar otras herramientas de mejora. Las 5'S son:

Seiri: Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente.

Seiton: Ordenar.

Seiso: Limpieza.

Seiketsu: Estandarizar.

Shitsuke: Disciplina.

2.- KANBAN:

Es una palabra japonesa que significa tarjeta visual, y la tecnología fue creada por Toyota para controlar el progreso del trabajo en las áreas de producción.

Beneficios de Kanban:

- Reducir o eliminar el inventario que existe entre procesos intermedios (almacenamiento temporal entre operaciones).
- Cumplir con el tiempo de entrega solicitado por el cliente.
- Mejorar la calidad del producto al detectar mejor los defectos del producto.
- Evite el almacenamiento.
- Facilitar el control de la producción.
- La producción flexible se puede realizar según la demanda.

3. PENSAMIENTO ESBELTO

Una parte fundamental del proceso de desarrollo de una estrategia Lean es la relacionada con las personas, ya que muchas veces significa un cambio radical en la forma de trabajar, lo que inherentemente genera desconfianza y miedo. Los japoneses descubrieron que esto no es solo una técnica, sino también una buena manera de mantener una buena salud en las relaciones interpersonales.

4. SISTEMA DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO (JUST IN TIME – JIT)

Se originó en Toyota Motor Corporation y, por lo tanto, se conoce mundialmente como el Sistema de producción de Toyota. El sistema está diseñado para eliminar todo tipo de actividades que no agregan valor y habilitar un sistema de producción que sea lo suficientemente ágil y flexible para adaptarse a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes.

El sistema se apoya en herramientas y conceptos como takt time, Kanban, unidades en forma de U, automatización y simplificación estructural.

5. SISTEMA KAIZEN

Kaizen es lo opuesto a la complacencia. Kaizen es un sistema enfocado a la mejora continua de toda la empresa y sus componentes de manera armoniosa y proactiva: personas con iniciativa y capacidad de anticipación a problemas o necesidades futuras.

Kaizen surgió en Japón debido a la urgente necesidad de que Japón mejorara para poder ponerse al día con las potencias industriales de Occidente a fin de ganarse la vida para la gran población que vive en un país con tamaño y recursos limitados. Hoy en día, el mundo en su conjunto necesita urgentemente un progreso cada vez mayor.

No es necesario utilizar tecnologías costosas o sistemas de gestión complejos para implementar métodos que aumenten constantemente el nivel de eficiencia y eficacia del uso de los recursos.

En esta nueva visión, los objetivos a alcanzar son la plena satisfacción de las necesidades de los consumidores y usuarios de productos y servicios, la creatividad al servicio de la innovación y la elaboración de productos de la mejor calidad a los costes que marca el mercado. (Díaz de Castillo, 2009).

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

1.3.1 PRODUCTOS ÚNICOS.

El sistema de producción que utiliza la empresa no produce hasta que recibe un pedido o pedidos de sus productos. Solo después de firmar un contrato o pedido de un determinado producto, la empresa produce ese producto para el cliente.

En primer lugar, la empresa ofrece un producto o servicio al mercado. Cuando recibe una orden de compra o un contrato, está listo para producir. Allí, los planes proporcionados para cotizaciones de clientes, como presupuestos preliminares o cotizaciones competitivas públicas o privadas, se utilizan para planificar el trabajo a realizar al servicio de los clientes.

Dicha planificación en el trabajo implica generalmente los siguientes aspectos:

1.-Relaciones de materias primas necesarias: relación o relación de todos los materiales y materias primas requeridas para realizar el trabajo encomendado.

2.- Listado de Labores Profesionales: Lista completa de labores a realizar, dividida en horas para cada operario profesional.

CARACTERÍSTICA:

- 1. Cada producto es único y enorme:** en general, cada producto es único, y la escala es enorme y compleja, y lleva mucho tiempo construirlo, como barcos, edificios, fábricas, etc., además, también tiene características únicas requeridas por los clientes. Cada pedido o contrato suele considerarse un producto específico, lo que requiere mantener la identidad del producto durante todo el proceso de producción.
- 2. Cada producto requiere una variedad de maquinarias y equipos:** por ejemplo, para una agencia de publicidad, es un equipo de trabajo para determinada empresa. En el caso de un hospital, el equipo médico que atiende a los pacientes hospitalizados.
- 3. Cada producto requiere una variedad de operadores profesionales.**
- 4. Cada producto tiene una fecha de entrega clara:** la entrega debe organizarse de acuerdo con los pedidos individuales, lo que significa un compromiso de producción.
- 5. Cada producto requiere un plan de producción específico.**
- 6. La fabricación bajo pedido** requiere un grupo de gerentes y expertos de alta calidad como supervisores del taller base, que tengan la capacidad de realizar individualmente todas las actividades de cada contrato o pedido, como la producción, la mano de obra y la gestión de costos.

1.3.2. POR LOTE.

Este es un sistema utilizado por empresas que producen una cantidad limitada de un determinado producto a la vez. Este número limitado se denomina lote de producción. El cálculo de cada lote de producción es para cumplir con un determinado pronóstico de ventas en un período determinado. Cuando se produce un lote, la empresa inmediatamente comienza la producción de otro lote, y así sucesivamente. Cada lote tiene una identificación, como un número o código. Además, cada lote requiere un plan de producción específico.

Los operadores suelen trabajar en líneas de montaje u operar máquinas que realizan una o más operaciones en los productos. Esta es una situación de producción que requiere humanos para operar máquinas y líneas de producción o ensamblaje estandarizadas. Los sistemas de producción en masa se utilizan en innumerables industrias: textil, cerámica, electrodomésticos, máquinas eléctricas, juguetes, etc.

Los sistemas de producción en masa tienen las siguientes características:

- 1. La fábrica tiene la capacidad de producir productos con diferentes características.** Por ejemplo, en el caso de la industria textil, es capaz de producir tejidos de diversos estándares y características.

2. Las máquinas se agrupan por baterías del mismo tipo. El trabajo se pasa de un conjunto de máquinas a otro en la producción por lotes. Cada grupo de máquinas constituye un departamento o departamento.

3. Para cada lote de producción, las máquinas y herramientas deben modificarse y ajustarse para diferentes productos.

4. Producción en masa, la mano de obra se puede utilizar de forma regular y ordenada, y no hay un gran pico de producción.

5. La producción en masa requiere una gran cantidad de inventario de productos terminados y una gran cantidad de inventario de trabajo en proceso.

6. La producción en masa requiere un plan de producción sólido que pueda integrar nuevos lotes de producción de acuerdo con otros planes. En otras palabras, los planes de producción deben repensarse y actualizarse constantemente.

1.3.3 CONTINUA.

Los sistemas de producción continua son utilizados por empresas que producen un determinado producto durante un largo período de tiempo sin modificaciones. El ritmo de producción fue rápido y no hubo interrupciones ni cambios en las operaciones. Dado que el producto es siempre el mismo a lo largo del tiempo y el proceso de producción no cambia, el sistema se puede mejorar continuamente.

Es el caso de las industrias manufactureras de automoción, celulosa y papel, cemento, electrodomésticos (frigoríficos, lavadoras, secadoras, etc.), en definitiva, productos que permanecen en línea durante mucho tiempo sin sufrir modificaciones.

Las principales características de un sistema de producción continua son:

1. El producto permanece en estado de producción durante mucho tiempo sin modificaciones.

2. La producción continua conduce a la producción refinada y puede garantizar que las materias primas requeridas lleguen a tiempo y de acuerdo con la cantidad.

3. La producción en serie requiere máquinas y herramientas altamente especializadas dispuestas de manera lineal y secuencial para producir cada componente del producto final.

4. Dado que la producción en serie está programada durante mucho tiempo, las operaciones de ensamblaje se pueden dividir en la carga de trabajo de cada operador de acuerdo con el tiempo estándar del ciclo de producción.

5. Dado que los productos se fabrican en grandes cantidades a lo largo del tiempo, la producción en serie puede ahorrar costos de producción al reducir los gastos y las inversiones en modelos, moldes, herramientas y equipos de producción (reciclados para fines contables) durante un período de tiempo más largo.

6. La producción continua facilita la acción correctiva para resolver rápidamente cualquier problema que detenga el proceso de producción, ya sea por falta de materiales, mantenimiento de la máquina o falta de mano de obra.

OTROS TIPOS DE PRODUCCIÓN.

PRODUCCIÓN BAJO PEDIDO:

Esto se hace después de realizar el pedido. Cuando se recibe un pedido, se le da al cliente un presupuesto de lo que se va a hacer, que incluye:

- Lista de materiales.
- Trabajo por hacer.
- Ordenadas en orden cronológico, indicando cuánto trabajo se debe realizar para cada tipo de obra y los materiales disponibles que se pueden utilizar.

PRODUCCIÓN POR STOCK:

Con frecuencia recibe pedidos de clientes, lo que resulta en órdenes de producción o de trabajo. Por lo general, son de una naturaleza diferente y se reponen con los recursos disponibles y, a veces, se dejan inactivos.

característica:

- Muchas órdenes de producción se originan a partir de órdenes de clientes.
- Diversidad de productos.
- Trabajos diferentes.
- Programar cada máquina de manera diferente para cada situación.
- Métodos difíciles de pronosticar la demanda.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CÉLULAS:

Permite un alto nivel de eficiencia de producción, altos estándares de calidad y permite una rápida modificación del proceso de producción para adaptarse a las necesidades del mercado.

Celda: Conjunto de componentes electromecánicos que funcionan de manera coordinada para realizar un producto y también permiten la fabricación en serie de dicho producto.

Unidad de fabricación en forma de U: un arreglo en el que las máquinas, las herramientas, los métodos y las personas se combinan secuencialmente para lograr los objetivos.

Estos se colocan en forma de "U" para que cada operador pueda comunicarse con el otro y puedan ayudarse entre sí si se producen retrasos. Si ocurre un error, no se culpa al operador, sino a todo el equipo de trabajo, ya que todos están capacitados en todas las operaciones.

Tanto las herramientas como las piezas de repuesto deben estar fácilmente disponibles para un reemplazo rápido y evitar viajes a otras plantas.

Es un sistema de producción en masa basado en hacer lo que se necesita solo cuando se necesita.

Todo se hace en montaje final, por lo que si falta alguna pieza se comunica al centro de trabajo anterior para continuar con las labores de producción.

1.4 SISTEMA DE FABRICACIÓN AVANZADO.

Es una función realizada por técnicos y se ocupa de la planificación de los procesos de fabricación para la producción económica de productos de alta calidad.

Su propósito general es optimizar la fabricación dentro de una empresa determinada.

Por lo general, utilizan las siguientes 3 actividades:

- 1) Planificación de procesos
- 2) Resolver problemas y seguir mejorando.
- 3) Diseño para capacidad de manufactura.

Hay 5 tipos:

- 1.-CAD/CAM
- 2.-MRP I/MRP II (Planificación de Requerimientos de Material)

3.-JIT

4.-FRM/CJM (Flexible Manufacturing Systems / Computer Integrated Manufacturing), Sistemas Flexibles de Manufactura / Manufactura Integrada por Computadora).

5.-TQC/TQM (Control de Calidad Total/Gestión de Calidad Total, Control de Calidad Total/Gestión de Calidad Total):

1.- CAD – CAM (Diseño y Fabricación Asistidos por Computadora).

-Sistemas que brindan información e instrucciones para la automatización de máquinas en la creación de piezas, ensambles y circuitos; utilizan como punto de partida información geométrica creada en CAD. (antiguo concepto CAM)

Desde una perspectiva más global, se refiere al uso efectivo de la tecnología informática en la planificación, gestión y control de la producción de una empresa.

2.- MRP I/MRP II (Planificación de Requerimientos de Material/Planificación de Recursos de Manufactura).

Es un sistema para planificar y programar los requisitos de materiales para las operaciones de producción final, como se muestra en el programa maestro de producción. También proporciona resultados, como las fechas de caducidad de los componentes, que luego se utilizan para el control del taller. Una vez que estos productos MRP estén disponibles, puede calcular los requisitos de capacidad detallados para los centros de trabajo en el área de producción.

3.- Producción justo a tiempo.

Se traduce en un sistema que es capaz de producir lo que se necesita, cuando se necesita, con excelente calidad y sin malgastar los recursos del sistema.

JIT es un método de organización de la producción que tiene un impacto en todo el sistema de producción. Además de proporcionar métodos de control y planificación de la producción, también afecta a muchos otros aspectos del sistema de fabricación, como el diseño del producto, los recursos humanos, los sistemas de mantenimiento o la calidad.

4.-FRM/CJM (Flexible Manufacturing Systems / Computer Integrated Manufacturing), Sistemas Flexibles de Manufactura / Manufactura Integrada por Computadora).

Una computadora central envía instrucciones a cada estación de trabajo y equipo de manejo de materiales.

Flexible porque es capaz de manejar una amplia variedad de productos y cantidades de producción, y puede ajustarse al comportamiento de la demanda.

5.- TCQ/TQM (Control de Calidad Total/Gestión de Calidad Total).

Se dice que la calidad es holística porque incluye todos los aspectos de la organización porque involucra y compromete a todos en la organización. La calidad tradicional trata de corregir la calidad después de que se cometen errores, pero la calidad total se enfoca en hacer las cosas bien la primera vez. Japón ha hecho de la calidad total uno de los pilares de su renacimiento industrial, definiéndola en términos de clientes.

1.5. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES.

Son cuatro los objetivos básicos de la administración de operaciones:

- 1. Atender y satisfacer las necesidades del cliente (externo)**
- 2. Brindar bienestar a los empleados (clientes internos)**
- 3. Crear retornos para inversores corporativos**
- 4. Cumplir con la responsabilidad con la sociedad.**

Se han desarrollado una variedad de enfoques para explicar el rol del gerente de operaciones. Los tres más importantes son:

- 1. El enfoque funcional** es el enfoque tradicional o clásico basado en el hecho de que los administradores planifican, organizan, dirigen y controlan las actividades organizacionales.
- 2. Un enfoque del conductista** basado en las relaciones interpersonales que pone énfasis en el comportamiento interpersonal y organizacional. Bajo este programa o enfoque, el gerente dirige las actividades de la organización a través de otras personas.
- 3. El enfoque de toma de decisiones**, también conocido como enfoque de sistemas, se basa en la toma de decisiones utilizando datos y técnicas cuantitativas para facilitar el logro de objetivos. Los gerentes de operaciones son principalmente tomadores de decisiones dentro de los sistemas de producción u operación" (Caba Villalobos, s/a).

1.6 ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL ENTORNO GLOBAL.

Las estrategias operativas se basan en planes a largo plazo destinados a mejorar la competitividad de la empresa. Comienza con un análisis del entorno, mercado y competidores, así como un estudio de los recursos internos disponibles para establecer objetivos y una hoja de ruta. La planificación de acciones y el seguimiento para medir si las metas se logran dentro de los plazos establecidos son elementos clave.

Por su parte, la misión, visión y valores corporativos son guías para la planificación de una estrategia operativa y deben estar alineados con ella. Como representan la esencia y los principios de la empresa, son también quienes le dan coherencia y sentido y son quienes la sustentan.

El objetivo final de la estrategia de operaciones es encontrar la ventaja competitiva que diferencie claramente a la empresa de sus competidores. El valor agregado del producto o servicio ofrecido justifica el mayor precio del producto final, y el cliente no solo está dispuesto a pagar, sino satisfecho con él. Entre otras cualidades, esta ventaja debe ser sostenible en el tiempo y difícil de imitar.

¿Cuál es la estrategia de operaciones?

Como ya hemos señalado, es una estrategia que se ha desarrollado durante un largo período de tiempo para encontrar una ventaja competitiva que una empresa pueda explotar en el mercado, con base en la idoneidad de los recursos organizacionales. Entre otras cualidades, esta ventaja debe ser sostenible en el tiempo y difícil de imitar.

Por lo tanto, la estrategia operativa recogerá ciertas acciones que se deben realizar para alcanzar las metas establecidas por la empresa en un documento denominado plan operativo. Estas acciones deben estar incluidas en un plan estratégico diseñado para agregar valor al producto o servicio que la organización brinda durante el proceso de producción. Su planificación y seguimiento son claves para medir si se están alcanzando los objetivos. En última instancia, esto no solo mejora la calidad del producto, sino que también aumenta la satisfacción del cliente, al tiempo que optimiza los costos y aumenta la productividad.

¿Por qué es tan importante la estrategia de operaciones?

La globalización de los mercados, las nuevas tecnologías de la comunicación y la reducción del costo del transporte internacional han provocado una revolución en los viejos sistemas productivos y logísticos. La necesidad de ser ágiles y adaptarse rápidamente a los cambios

y nuevas necesidades de los clientes hace que los nuevos productos se desarrollen con extrema rapidez. Como resultado, muchas de las políticas adoptadas en el pasado para la producción en masa de productos estandarizados ya no tienen sentido. Ahora prevalece la llamada personalización masiva, dirigida a un mercado muy diferenciado.

El conocimiento y la información son las herramientas más valiosas para la competitividad. Es por esto que se abandonó la gestión jerárquica de los recursos humanos en favor de equipos de trabajo más autónomos y flexibles. Esta nueva forma de trabajar en el mundo operativo permite respuestas más rápidas a los cambios en el entorno y el mercado. Entender la empresa como un sistema también ayuda a aunar sinergias y aumentar los esfuerzos de toda la organización para avanzar en una misma dirección.

Tipos de estrategias de operaciones y alcance de influencia:

Estas estrategias pueden ser de muy diversa índole y pueden enfatizar diferentes aspectos competitivos. Afectan áreas de decisión tan diversas como el proceso de producción de un bien o servicio, la inversión de capital, el ritmo de la capacidad de producción, la rotación o el mantenimiento del inventario, la previsión de compras y la política de personal y el control de calidad. Como hemos visto, la estrategia operativa toca varias áreas fundamentales del funcionamiento normal de una empresa. En cuanto a los objetivos, deben cumplirse una serie de condiciones para confirmar su eficacia: los principales son suficientemente específicos y realistas, claramente articulados y medibles.

Por tanto, la responsabilidad del COO es enorme, como lo es su poder en la empresa. De hecho, reporta al Gerente General o al Directorio. Los responsables de estas funciones deben reunir un conjunto muy completo de características personales, conocimientos y experiencia profesional. La capacidad de ser un buen líder y todo lo que ello conlleva debe ser una de tus principales habilidades.

Las funciones del cargo abarcan áreas relacionadas con la productividad y el desarrollo más rentable de los recursos materiales, así como la organización de los recursos humanos. Todo esto es para que el cliente quede finalmente satisfecho con el servicio o producto ofrecido, obteniendo así la calidad y el valor agregado que pagó por su dinero.

De todo lo anterior, se desprende que el Director del Área de Operaciones ocupa ahora una posición estratégica clave para el éxito de la compañía. Administra recursos de alto valor y toma decisiones que tienen consecuencias a largo plazo, lo que plantea riesgos y desafíos importantes para la organización. (“Estrategias para... 2021: s/p).

A) PRESENTACIONES EN POWER POINT

En el transcurso de las clases, se analiza y se compara contenidos de la clase con el Power Point que se indica en la siguiente dirección:

https://www.uv.es/garrigue/arxiu/3_SIST_PRODUCION.ppt



B) ESTUDIO DE CASO.

El alumno leerá y analizará el “Casos de Estudio de Sistemas de Manufactura de Clase MundialUTEL – CE” que se presenta en la siguiente dirección:

<https://es.scribd.com/document/391320086/Casos-de-Estudio-de-Sistemas-de-Manufactura-de-Clase-MundialUTEL-CE>

Después de leerlo y analizarlo elaborará un ensayo tomando como referencia lo expuesto en estos apuntes.

C) PROYECTO INTEGRADOR CON RELACIÓN DE COMPETENCIAS Y QUE INCLUYA RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Nivel de desempeño/Criterio a evaluar	Excelente 95 - 100	Notable 85 - 94	Bueno 75 - 84	Suficiente 70 - 74	Insuficiente < 70	Puntos
PARTICIPACIÓN EN CLASE (Valor20%)	El alumno participa en clase más del 50% de clases. (20 Pts.).	El alumno participa en clase entre el 40% y el 49% de clases, (15 Pts.).	El alumno participa en clase entre el 30% y el 39% de clases (10 Pts.).	El alumno participa en clase entre el 10% y el 29% de clases (5 Pts.).	El alumno participa en clase en menos del 10% de clases (> 5 pts.).	
ESTUDIO DE CASO (Valor15%)	Al analizar el caso, en clase el alumno participa con 5 ideas en clase (15 Pts.).	Al analizar el caso, en clase el alumno participa con 4 ideas en clase (13 Pts.).	Al analizar el caso, en clase el alumno participa con 3 ideas en clase (12 Pts.).	Al analizar el caso, en clase el alumno participa con 2 ideas en clase (10 Pts.).	Al analizar el caso, en clase, el alumno participa con 1 idea en clase (10.4 pts.).	

ENSAYO. (Valor 15%)	El alumno entrega en tiempo y forma el ensayo, tiene buena redacción y ortografía (menos de 5 errores). Cumple con un máximo de 5 cuartilla de extensión. Tiene portada. (15 Pts.).	El alumno entrega en forma, pero no en tiempo el ensayo, tiene buena redacción y ortografía (menos de 10 errores). Cumple con un máximo de 8 cuartilla de extensión. Tiene portada (13 Pts.).	El alumno entrega el ensayo, tiene buena redacción y ortografía (menos de 15 errores). Cumple con un máximo de 10 cuartilla de extensión. Tiene portada (12 Pts.).	El alumno entrega el ensayo, tiene mala ortografía (menos de 20 errores). Cumple con un máximo de 12 cuartilla de extensión. Tiene portada. (10.5 Pts.).	El alumno no entrega el ensayo . (10.4 pts.).	
	ASISTENCIA (Valor 10%)	El alumno asiste al 100% de las clases. (10 Pts)	El alumno asiste al 90% de las clases. (8 Pts)	El alumno asiste al 80% de las clases. (6 Pts)	El alumno asiste al 70% de las clases. (4 Pts)	El alumno asiste al 60% de las clases, o menos. (10 Pts)
Sumatoria						
Calificación Total:						



2. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

2.1. IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.

Los pronósticos son predicciones de eventos futuros, utilizados con fines de planificación.

Las cambiantes condiciones comerciales resultantes de la competencia global, el rápido cambio tecnológico y las crecientes preocupaciones ambientales están ejerciendo presión sobre la capacidad de las empresas para realizar pronósticos precisos. Estos pronósticos son necesarios para ayudar a determinar qué recursos se necesitan, programar los recursos existentes y adquirir recursos adicionales. Los pronósticos precisos permiten a los programadores utilizar de manera eficiente la capacidad de la máquina, reducir el tiempo de producción y recortar el inventario. (Krajewski, 1999).

El propósito de los pronósticos es ayudar en la toma de decisiones al proporcionar información cercana a la realidad para reducir la incertidumbre sobre lo que puede suceder en el futuro.

Es conveniente distinguir entre pronóstico y predicción.

Pronosticar es el proceso de estimar eventos futuros mediante el análisis de datos pasados. Los datos pasados se combinan sistemáticamente de una manera predeterminada para obtener estimaciones del futuro.

El pronóstico es un proceso que permite estimar eventos futuros con base en datos pasados y consideraciones subjetivas; estos no necesitan combinarse de manera predeterminada.

La previsión solo es posible si existen datos históricos.

Pero supongamos que un fabricante ofrece un nuevo modelo de TV, o un restaurante decide ofrecer un nuevo servicio. Dado que no hay datos históricos disponibles, se requieren pronósticos para estimar las ventas de al menos el primer año de un nuevo producto. Para pronosticar buenas estimaciones subjetivas, el gerente debe confiar en su habilidad, juicio y experiencia; el pronóstico requiere datos estadísticos y técnicas de ciencia administrativa.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS REQUISITOS.

Demanda: La cantidad de un bien de consumo que el mercado desea comprar.

Hay dos tipos de demanda:

1. **Demanda dependiente:** se refiere a la demanda de un producto o servicio derivada de la demanda de otros productos o servicios.

2. Demanda independiente: Esta demanda no proviene directamente de la demanda de otros productos.

Además, la demanda puede tener los siguientes comportamientos:

a) Estacionalidad:

Si vendo artículos de playa, se espera que la demanda de mi producto aumente durante varios meses por eventos que ocurran durante esos meses del año (vacaciones, días calurosos), y este comportamiento se repetirá en el tiempo.

b) Tendencias:

Si las ventas de mi producto están aumentando, tiene que mostrarse de manera obvia al graficar los datos, hay meses donde la demanda no muestra un comportamiento incremental, pero en general la tendencia puede ser al alza.

c) Variación aleatoria:

Recién hablábamos de un producto nuevo en el mercado o de una tendencia en el uso de un producto, ya sea porque un actor de moda lo usa, o porque un líder de opinión influye en el mercado y provoca comportamientos atípicos en el mercado. En este caso, las ventas tienen flujos y reflujos que no se pueden predecir con precisión, y aquí conviene monitorearlos y preparar inventarios para amortiguar el impacto de la demanda. En el análisis de requisitos, es conveniente separar estos elementos y tratarlos de manera diferente, en lugar de mezclarlos con el resto del producto.

d) Cambios periódicos:

Esto puede ocurrir durante un largo período de tiempo, por ejemplo: en elecciones municipales, presidenciales o de cualquier otro tipo, habrá productos (proyectos de ley, vallas publicitarias, etc.) que muestren un comportamiento atípico, posiblemente incremental, por lo que es importante documentar dichos eventos de manera oportuna para no jugar a las adivinanzas al pronosticar la demanda.

Para resumir, podemos decir: "En la mayoría de los casos, la demanda de un producto o servicio se puede dividir en seis componentes: demanda promedio del período, tendencia, estacionalidad, ciclicidad, variación aleatoria y autocorrelación.

2.3. MÉTODOS CUALITATIVOS.

2.3.1 CONSULTE AL PERSONAL DE VENTAS.

Es uno de los métodos de pronóstico más utilizados, pero desafortunadamente también es uno de los menos confiables. Dado que se basa en la experiencia profesional de cada individuo y la mentalidad tiende a traicionarlos.

2.3.2 JURADO DE OPINIÓN EJECUTIVA.

Se reúne la opinión de un grupo de expertos senior o gerentes, a menudo combinada con modelos estadísticos. Deben tenerse en cuenta las desventajas de la interacción grupal en este sentido: un gran número de personas no garantiza un punto de vista verdaderamente informado sobre el tema; estas posiciones pueden ocultar intereses personales, o simplemente no se expresan por temor a enojar a la mayoría; el estado y la personalidad de algunas personas pueden verse fácilmente influenciados, ya sea por sus habilidades de gestión de equipos o simplemente por la jerarquía organizacional... Por lo tanto, la correcta selección de los participantes es clave.

2.3.3 MÉTODO DELPHI.

Utiliza un panel de expertos específico para el dominio objetivo de la encuesta, cada uno de los cuales formula su propio pronóstico; luego, se distribuye un conjunto de pronósticos generados por la comunidad a todos los expertos, lo que permite que cada experto revise su propio pronóstico en función de la información de otros expertos. La idea es repetir esta serie de pasos para obtener un consenso sobre la predicción.

2.3.4 ESTUDIOS DE MERCADO.

La investigación de mercados se utiliza principalmente en la investigación de productos para encontrar nuevas ideas, descubrir gustos y disgustos relacionados con productos existentes, productos competitivos preferidos en una categoría particular, etc. En tercer lugar, la mayoría de los métodos de recopilación de datos son encuestas y entrevistas.

2.3.5. ANALOGÍA DEL CICLO DE VIDA.

El ciclo de vida del producto se utiliza cuando el producto es nuevo. El concepto es muy simple: se basa en que casi todos los productos y servicios tienen un ciclo de vida bien definido: **introducción, crecimiento, madurez y declive.**

2.4. MÉTODOS CUANTITATIVOS.

2.4.1. SERIES DE TIEMPO.

2.4.1.1. ENFOQUE SIMPLE.

Como sugiere el nombre, un pronóstico no es más que el promedio matemático de la demanda real durante el período más reciente.

La ecuación general para obtenerlos tiene la siguiente forma:

$$F_t = (A_{t-n} + A_{t-(n+1)} + \dots + A_{t-1})/n$$

Donde:

F = pronóstico.

t = periodo de tiempo actual, lo que significa que F_t es el pronóstico para el periodo de tiempo actual.

A_t = demanda real en el periodo t, y

n = número de periodos que se utiliza.

Ejemplo: Considere los siguientes datos de una empresa que transporta mercancías por medio de tráileres. Los datos históricos (número de envíos) se muestran en la siguiente tabla:

AÑO	ENVIOS
1990	80
1991	82
1992	84
1993	83
1994	83
1995	84
1996	85
1997	84
1998	82
1999	83
2000	84
2001	83

Tabla 2.1. Datos históricos de envíos por trailer

Obtener el pronóstico de envíos para el año 2002.

Solución:

En este caso $n=12$

$$F_{2002} = (80 + 82 + 84 + 83 + 83 + 84 + 85 + 84 + 82 + 83 + 84 + 83) / 12$$

$$F_{2002} = 997/12$$

$$F_{2002} = 83.08 \text{ ENVÍOS}$$

2.4.1.2. PROMEDIOS MÓVILES.

Los promedios móviles se pueden usar para suavizar las fluctuaciones aleatorias en los pronósticos cuando la demanda de un producto no aumenta o disminuye rápidamente y no es estacional. Aunque los promedios móviles casi siempre están centrados, es más conveniente usar datos anteriores para pronosticar directamente el próximo período.

La fórmula de un promedio móvil simple es:

$$F_t = (A_{t-n} + A_{t-(n+1)} + \dots + A_{t-1}) / n$$

“El término móvil indica que conforme se tiene disponible una nueva observación de la serie de tiempo, se reemplaza la observación más antigua de la ecuación y se calcula un nuevo promedio. Como resultado, el promedio cambiará; es decir, se moverá, al ir quedando disponibles nuevas observaciones”. (Villareal, 2016, s/p).

En este caso n variará de acuerdo a los datos que se tienen. Pero también se puede establecer el tamaño de n , por ejemplo: $n=3$, $n=4$, $n=5$, etc.

“No existe una regla específica que nos indique cómo seleccionar la base del promedio móvil n . Si la variable que se va a pronosticar no presenta variaciones considerables, esto es, si su comportamiento es relativamente estable en el tiempo, se recomienda que el valor de n sea grande. Por el contrario, es aconsejable un valor de n pequeño si la variable muestra patrones cambiantes. En la práctica, los valores de n oscilan entre 2 y 10”. (“Métodos ...”, 2006: s/p).

Ejemplo:

La empresa quiere saber cuál será su presupuesto de operaciones del próximo año 2002, y para ello es necesario pronosticar los envíos del año 2002. Variando el tamaño de n . En este caso calcular $n=3$, $n=4$ y $n=5$.

Pasos para resolver.

1.- Realizar un diagrama de dispersión, para observar que no existan grandes tendencias.

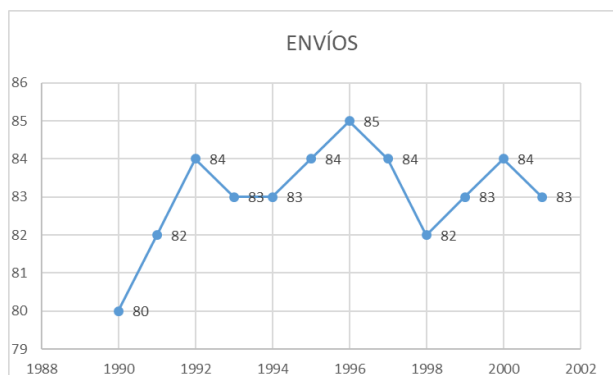


Figura 2.1. Diagrama de dispersión

2.- Realizar cálculos para el pronóstico de por lo menos dos móviles ($n=3$ $n=4$ y $n=5$).

PROCEDIMIENTO:

Con $n=3$:

Para calcular la media móvil centrada en tres observaciones se requiere, primero, sumar los tres primeros datos (80, 82 y 84), ver figura 2.2.; la suma aparece como el primer dato de la columna total móvil de tres años (246), ver figura 2.3. Este total se divide entre tres (número de observaciones) ver figura 2.4., obteniendo como resultado 82.0, ver figura 2.5., que es el primer número en la columna media móvil de tres años. Este número suavizado (82.0), es la previsión para el periodo 1993.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
						n = 3		
5				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	=SUMA(E6:E8)		
9				1993	83			
10				1994	83			
11				1995	84			
12				1996	85			
13				1997	84			
14				1998	82			
15				1999	83			
16				2000	84			
17				2001	83			
18				2002				
19								

Figura 2.2. Suma de los tres primeros datos.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
						n = 3		
5				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83			
10				1994	83			
11				1995	84			
12				1996	85			
13				1997	84			
14				1998	82			
15				1999	83			
16				2000	84			
17				2001	83			
18				2002				
19								

Figura 2.3. Resultado de la suma.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
							n = 3	
				AÑO	ENVIOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5								
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	=F8/3	
10				1994	83	250		
11				1995	84	250		
12				1996	85	252		
13				1997	84	253		
14				1998	82	251		
15				1999	83	249		
16				2000	84	249		
17				2001	83	250		
18				2002				
19								

Figura 2.4. Fórmula del pronóstico

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
							n = 3	
				AÑO	ENVIOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5								
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	
10				1994	83	250		
11				1995	84	250		
12				1996	85	252		
13				1997	84	253		
14				1998	82	251		
15				1999	83	249		
16				2000	84	249		
17				2001	83	250		
18				2002				
19								

Figura 2.5. Resultado del primer pronóstico

Realizar esta secuencia hasta llegar al año a pronosticar (en este caso el valor final de la columna media móvil de tres años (83.3) es la proyección para el año 2002). Ver figura 2.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
							n = 3	
				AÑO	ENVIOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5								
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	
10				1994	83	250	83.00	
11				1995	84	250	83.33	
12				1996	85	252	83.33	
13				1997	84	253	84.00	
14				1998	82	251	84.33	
15				1999	83	249	83.67	
16				2000	84	249	83.00	
17				2001	83	250	83.00	
18				2002			83.33	
19								

Figura 2.6. Pronóstico para el año 2002.

Determinar los errores cuadráticos. A la demanda real réstele el pronóstico que corresponda al mismo año y, el resultado elévelo al cuadrado. Ver figuras 2.7. y 2.8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
							n = 3		
				AÑO	ENVIOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO	
5									
6				1990	80				
7				1991	82				
8				1992	84	246			
9				1993	83	249	82.00	=POTENCIA(E9-G9,2)	
10				1994	83	250	83.33	POTENCIA(número, pot)	
11				1995	84	250	83.33		
12				1996	85	252	83.33		
13				1997	84	253	84.00		
14				1998	82	251	84.33		
15				1999	83	249	83.67		
16				2000	84	249	83.00		
17				2001	83	250	83.00		
18				2002			83.33		
19									

Figura 2.7. Fórmula del error cuadrático E. C.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
							n = 3	
				AÑO	ENVIOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5								
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	1.0000
10				1994	83	250	83.00	0.0000
11				1995	84	250	83.33	0.4444
12				1996	85	252	83.33	2.7778
13				1997	84	253	84.00	0.0000
14				1998	82	251	84.33	5.4444
15				1999	83	249	83.67	0.4444
16				2000	84	249	83.00	1.0000
17				2001	83	250	83.00	0.0000
18				2002			83.33	
19								

Figura 2.8. Resultado de E. C.

Realizar una suma de los errores cuadráticos (ΣEC) correspondientes a cada móvil, (en este caso sólo tenemos $n=3$). Ver figuras 2.9 y 2.10.

	A	B	C	D	E	F	G	H
4							n = 3	
5				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	1.0000
10				1994	83	250	83.00	0.0000
11				1995	84	250	83.33	0.4444
12				1996	85	252	83.33	2.7778
13				1997	84	253	84.00	0.0000
14				1998	82	251	84.33	5.4444
15				1999	83	249	83.67	0.4444
16				2000	84	249	83.00	1.0000
17				2001	83	250	83.00	0.0000
18				2002			83.33	
19								
20					Suma de error cuadrático			=SUMA(H9:H17)
21					Error cuadrático medio			
22					Raíz del error cuadrático medio			
23								

Figura 2.9. Fórmula de la S. E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3							n = 3	
4				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5				1990	80			
6				1991	82			
7				1992	84	246		
8				1993	83	249	82.00	1.0000
9				1994	83	250	83.00	0.0000
10				1995	84	250	83.33	0.4444
11				1996	85	252	83.33	2.7778
12				1997	84	253	84.00	0.0000
13				1998	82	251	84.33	5.4444
14				1999	83	249	83.67	0.4444
15				2000	84	249	83.00	1.0000
16				2001	83	250	83.00	0.0000
17				2002			83.33	
18								
19					Suma de error cuadrático			11.1111
20					Error cuadrático medio			
21					Raíz del error cuadrático medio			
22								
23								

Figura 2.10. Resultado de la S. E. C. M.

Calcular el error cuadrático medio (ECM). Es la suma de los errores cuadráticos divididos entre el total de los errores cuadráticos (en este caso son 9 los errores cuadráticos), ver figuras 2.11 y 2.12.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3							n = 3	
4				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5				1990	80			
6				1991	82			
7				1992	84	246		
8				1993	83	249	82.00	1.0000
9				1994	83	250	83.00	0.0000
10				1995	84	250	83.33	0.4444
11				1996	85	252	83.33	2.7778
12				1997	84	253	84.00	0.0000
13				1998	82	251	84.33	5.4444
14				1999	83	249	83.67	0.4444
15				2000	84	249	83.00	1.0000
16				2001	83	250	83.00	0.0000
17				2002			83.33	
18								
19					Suma de error cuadrático			11.1111
20					Error cuadrático medio			=H20/9
21					Raíz del error cuadrático medio			
22								
23								

Figura 2.11. Fórmula del E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3							n = 3	
4				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
5				1990	80			
6				1991	82			
7				1992	84	246		
8				1993	83	249	82.00	1.0000
9				1994	83	250	83.00	0.0000
10				1995	84	250	83.33	0.4444
11				1996	85	252	83.33	2.7778
12				1997	84	253	84.00	0.0000
13				1998	82	251	84.33	5.4444
14				1999	83	249	83.67	0.4444
15				2000	84	249	83.00	1.0000
16				2001	83	250	83.00	0.0000
17				2002			83.33	
18								
19					Suma de error cuadrático			11.1111
20					Error cuadrático medio			1.2346
21					Raíz del error cuadrático medio			
22								
23								

Figura 2.12. Resultado del E. C. M.

Determinar la raíz del error cuadrático medio (RECM). Es la raíz del ECM. Ver figuras 2.13 y 2.14.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3								
4							n = 3	
5				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	1.0000
10				1994	83	250	83.00	0.0000
11				1995	84	250	83.33	0.4444
12				1996	85	252	83.33	2.7778
13				1997	84	253	84.00	0.0000
14				1998	82	251	84.33	5.4444
15				1999	83	249	83.67	0.4444
16				2000	84	249	83.00	1.0000
17				2001	83	250	83.00	0.0000
18				2002			83.33	
19								
20						Suma de error cuadrático		11.1111
21						Error cuadrático medio		1.2346
22						Raíz del error cuadrático medio		=RAIZ(H21)
23								

Figura 2.13. Fórmula de la R. E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3								
4							n = 3	
5				AÑO	ENVÍOS	SUMA	PRONÓSTICO	ERROR CUADRÁTICO
6				1990	80			
7				1991	82			
8				1992	84	246		
9				1993	83	249	82.00	1.0000
10				1994	83	250	83.00	0.0000
11				1995	84	250	83.33	0.4444
12				1996	85	252	83.33	2.7778
13				1997	84	253	84.00	0.0000
14				1998	82	251	84.33	5.4444
15				1999	83	249	83.67	0.4444
16				2000	84	249	83.00	1.0000
17				2001	83	250	83.00	0.0000
18				2002			83.33	
19								
20						Suma de error cuadrático		11.1111
21						Error cuadrático medio		1.2346
22						Raíz del error cuadrático medio		1.1111
23								

Figura 2.14. Resultado de la R. E. C. M.

A continuación, se presenta el resultado para n = 3, n=4 y n=5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3												
4												
5		AÑO	Envíos	suma	pronóstico	error cuadrático	suma	pronóstico	error cuadrático	suma	pronóstico	error cuadrático
6		1990	80									
7		1991	82									
8		1992	84	246								
9		1993	83	249	82.00	1.00	329					
10		1994	83	250	83.00	0.00	332	82.25	0.56	412		
11		1995	84	250	83.33	0.44	334	83.00	1.00	416	82.4	2.56
12		1996	85	252	83.33	2.78	335	83.50	2.25	419	83.2	3.24
13		1997	84	253	84.00	0.00	336	83.75	0.06	419	83.8	0.04
14		1998	82	251	84.33	5.44	335	84.00	4.00	418	83.8	3.24
15		1999	83	249	83.67	0.44	334	83.75	0.56	418	83.6	0.36
16		2000	84	249	83.00	1.00	333	83.50	0.25	418	83.6	0.16
17		2001	83	250	83.00	0.00	332	83.25	0.06	416	83.6	0.36
18		2002			83.33			83.00			83.20	
19					S E C	11.11		S E C	8.75		S E C	9.96
20					E C M	1.23		E C M	1.09		E C M	1.4228571
21					RECM	1.11		RECM	1.05		RECM	1.1928358
22												
23												
24												
25												
26												
27												

Figura 2.14.a. Resultado del pronóstico para n=3, n=4 y n=5.

7. Elegir el pronóstico que tenga la R. E. C. M., más pequeña; dado a que es la menor variación que se presenta en los pronósticos. Para nuestro ejemplo, la R. E. C. M. menor se tiene con un n=4, esto es: R. E. C. M. = 1.045825,

el pronóstico para el año 2002 es 83 envíos.

8. Graficar nuevamente, ahora incluyendo la línea de tendencia (media móvil). Ver figura 2.15

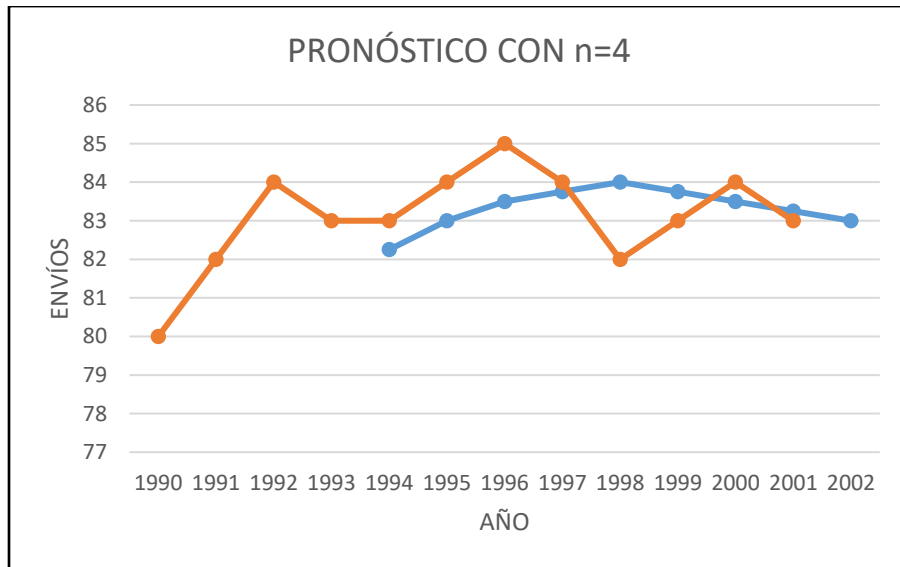


Figura 2.15. Gráfica para pronóstico $n = 4$.

PROMEDIOS MÓVILES PONDERADOS.

Mientras que un promedio móvil simple asigna el mismo peso a cada componente en la base de datos de promedio móvil, un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier peso a cada elemento siempre que la suma de todos los pesos sea igual a 1.

La ecuación básica para calcular promedios móviles ponderados es el siguiente (la w viene de weight, peso):

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n}$$

donde

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ejemplo:

Considere los datos del ejemplo anterior:

Para calcular la media móvil ponderada de tres observaciones se requiere, hacer uso de la ecuación y utilizar las ponderaciones asignadas para este caso: $w_1 = 3/6$, para $w_2 = 2/6$ y para $w_3 = 1/6$, como se muestra a continuación:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} =$$

$$F_4 = w_1 A_3 + w_2 A_2 + w_3 A_1 = (3/6) 84 + (2/6) 82 + (1/6) 80 = 82.67$$

$F_4 = 82.67$ envíos.

Par el pronóstico del año 2002 donde $n = 13$:

$$F_{13} = w_1 A_{12} + w_2 A_{11} + w_3 A_{10} = (3/6) 83 + (2/6) 84 + (1/6) 83 = 83.33$$

$F_{13} = 83.33$ envíos.

2.4.1.3. SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL.

En los métodos de pronóstico anteriores (promedio móvil simple y ponderado), la principal desventaja es la necesidad de procesar continuamente una gran cantidad de datos históricos (lo mismo ocurre con las técnicas de análisis de regresión, que se discutirán más adelante). En estos métodos, a medida que se agrega cada nuevo dato, se eliminan las observaciones antiguas y se calculan las nuevas predicciones. En muchas (quizás la mayoría) de las aplicaciones, los eventos recientes predicen mejor el futuro que los eventos del pasado más lejano. Si esta premisa se mantiene (la importancia de los datos disminuye a medida que el pasado se vuelve más distante), entonces el enfoque más lógico y simple es probablemente el suavizado exponencial.

La razón por la que se llama suavización exponencial es que cada incremento en el pasado se reduce $(1 - \alpha)$. Por ejemplo, si α es 0.05, las ponderaciones para los distintos periodos serían las siguientes (α se define a continuación):

Peso en $\alpha = 0.05$

$$\text{Peso más reciente} = \alpha (1 - \alpha)^0 = 0.0500$$

$$\text{Datos de un periodo anterior} = \alpha (1 - \alpha)^1 = 0.0457$$

$$\text{Datos de dos periodos anteriores} = \alpha (1 - \alpha)^2 = 0.0451$$

$$\text{Datos de tres periodos anteriores} = \alpha (1 - \alpha)^3 = 0.0429$$

Por lo tanto, los exponentes 0, 1, 2, 3,..., etc. le dan su nombre.

La suavización exponencial es la más utilizada de las técnicas de pronósticos.

El suavizado exponencial simple es otro método utilizado para suavizar las fluctuaciones aleatorias en el patrón de demanda. Las dos fórmulas (matemáticamente equivalentes) que se emplean más comúnmente para calcularlo son:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

donde

F_t = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

F_{t-1} = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior

A_{t-1} = La demanda real para el periodo anterior

α = El índice de respuesta deseado, o la constante de suavización

Esta ecuación establece que el nuevo pronóstico es igual al pronóstico anterior más una porción del error (la diferencia entre el pronóstico anterior y lo que ocurrió realmente).

donde: $0 \geq \alpha \leq 1$

El valor de alfa (α) siempre se encuentra entre cero y uno, dado a que si equivale a cero no se añade ninguna parte del error y el pronóstico siempre es el mismo número, mientras que si equivale a uno se añadirá el error completo del pronóstico y no se realizaría ninguna suavización.

Ejemplo: Se tienen los 30 datos históricos de las ventas de una empackadora, se desea obtener el pronóstico de ventas para el periodo 31 a través del **método de suavización exponencial**. Probar con los siguientes índices: $\alpha = 0.2$, $\alpha = 0.5$, $\alpha = 0.7$, además encontrar el α óptimo con ayuda de Solver de Excel.

PERIODO	DEMANDA
1	800
2	1400
3	1000
4	1500
5	1500
6	1300
7	1800
8	1700
9	1300
10	1700
11	1700
12	1500
13	2300
14	2300
15	2000
16	1700
17	1800
18	2200
19	1900
20	2400
21	2400
22	2600
23	2000

24	2500
25	2600
26	2200
27	2200
28	2500
29	2400
30	2100

Solución: Como primer paso, calcular el pronóstico F_t con un $\alpha = 0.2$:

Se presentan sólo los primeros 10 periodos para observar el uso de las ecuaciones en Excel.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Figura 2.16. Fórmula para pronóstico

Se observa en la figura 2.16, la introducción de la fórmula de pronóstico en el segundo periodo ya que para el periodo uno no se tendrían valores para F_{1-1} (F_0) y A_{1-1} (A_0) y de manera convencional para el pronóstico del periodo 1 se indica el mismo valor de la demanda: $F_1 = 800$, con la observación de que el valor de α debe ser una constante: $\$G\8

Como segundo paso se calcula el error cuadrático:

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Figura 2.17 Fórmula para Error cuadrático

En la figura 2.17 se indica la fórmula para calcular el error cuadrático de cada pronóstico.

Como tercer paso, calcular el error cuadrático medio (E. C. M.). En la figura 2.18, se indica la fórmula en Excel.

	A	B	C	D	E	F	G
31		25	2600	2212.3472	150274.7052		
32		26	2200	2289.8777	8078.0095		
33		27	2200	2271.9022	5169.9261		
34		28	2500	2257.5218	58795.6976		
35		29	2400	2306.0174	8832.7278		
36		30	2100	2324.8139	50541.3011		
37		PRONÓSTICO		2279.8511			
38							
39						E. C. M.	=SUMA(E7:E36)/30
40						R. E. C. M.	
41							

Figura 2.18 Fórmula del E. C. M.

Como cuarto paso calcular la Raíz del Error Cuadrático Medio (R. E. C. M.). En la figura 2.19, se indica la fórmula en Excel.

	A	B	C	D	E	F	G
31		25	2600	2212.3472	150274.7052		
32		26	2200	2289.8777	8078.0095		
33		27	2200	2271.9022	5169.9261		
34		28	2500	2257.5218	58795.6976		
35		29	2400	2306.0174	8832.7278		
36		30	2100	2324.8139	50541.3011		
37		PRONÓSTICO		2279.8511			
38							
39						E. C. M.	137837.8794
40						R. E. C. M.	=RAIZ(G39)
41							
42							
43							
44							

Figura 2.19. Cálculo de la R. E. C.M.

Como quinto paso, pasar el pronóstico calculado y la R. E. C.M. para $\alpha = 0.2$. Ver Figura 2.20.

	A	B	C	D	E	F	G
31		25	2600	2212.3472	150274.7052		
32		26	2200	2289.8777	8078.0095		
33		27	2200	2271.9022	5169.9261		
34		28	2500	2257.5218	58795.6976		
35		29	2400	2306.0174	8832.7278		
36		30	2100	2324.8139	50541.3011		
37		PRONÓSTICO		2279.8511			
38							
39						E. C. M.	137837.8794
40						R. E. C. M.	371.2652
41							
42							
43					α	R.E.C.M.	PRONÓSTICO
44		ABREVIATURAS:			0.2	371.2652	2279.8511
45		S. E. C. = suma error cuadrático			0.5		

Figura 2.20. Pronóstico y R. E. C. M. para $\alpha = 0.2$

Repetir los cinco pasos anteriores para $\alpha = 0.5$ y $\alpha = 0.7$.

En la figura 2.21 se presentan los resultados de los pronósticos y la R. E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G
34		28	2500	2230.5330	72612.4871		
35		29	2400	2419.1599	367.1013		
36		30	2100	2405.7480	93481.8188		
37		PRONÓSTICO		2191.7244			
38							
39						E. C. M.	103579.5501
40						R. E. C. M.	321.8378
41							
42							
43					α	R.E.C.M.	PRONÓSTICO
44		ABREVIATURAS:			0.2	371.2652	2279.8511
45		S. E. C. = suma error cuadrático			0.5	312.0044	2246.2695
46		E. C. M. = error cuadrático medio			0.7	321.8378	2191.7244
47		R. E. C. M. = raíz del error cuadrático medio			ÓPTIMO		
48							

Figura 2.21. Pronósticos calculados con su α correspondiente

Para encontrar el α óptimo y con él, el pronóstico más acertado, auxiliarse con Solver de Excel.

En la página de Excel, se activa “DATOS” y luego se activa el símbolo de Solver de Excel, como se indica en la figura 2.22.

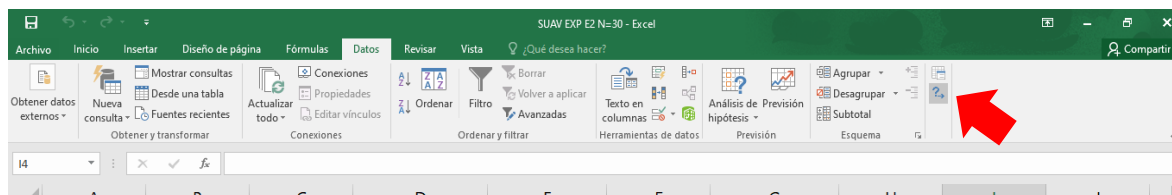


Figura 2.22. Activar Solver

Al activar Solver surge la ventana que se presenta en la figura 2.23 en donde se ha de introducir los datos en las celdas correspondientes.

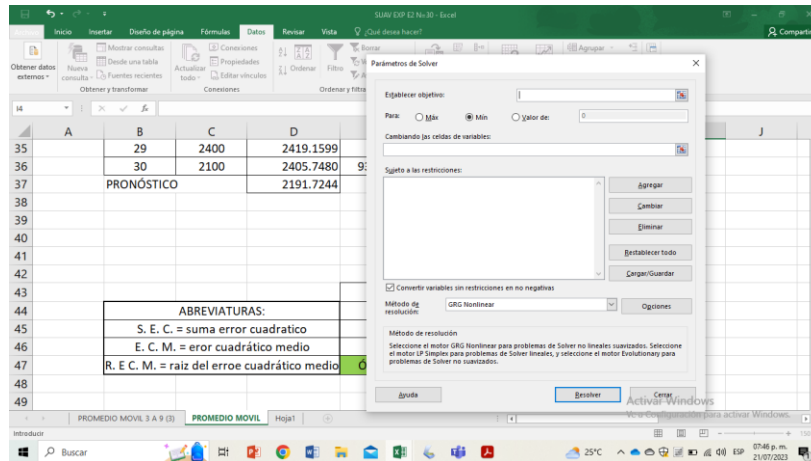


Figura 2.23. Ventana de Solver

En la celda correspondiente a “Establecer objetivo”, se inserta la celda de la R. E. C. M., en este caso: \$G\$40.

Se busca minimizar la R. E. C. M., por lo tanto, activar “Para Mín”.

El valor que cambiará es α , por lo tanto, en la celda “Cambiando las celdas de variables”, colocar la celda \$G\$8.

En la celda de “Sujeto a las restricciones”, seleccionar la celda \$G\$8 e indicar “ ≤ 1 ”. Seleccionar otra vez la celda \$G\$8 e indicar “ ≥ 1 ”.

Luego, dar clic en “Resolver”.

La figura 2.24. muestra los valores introducidos en las celdas.

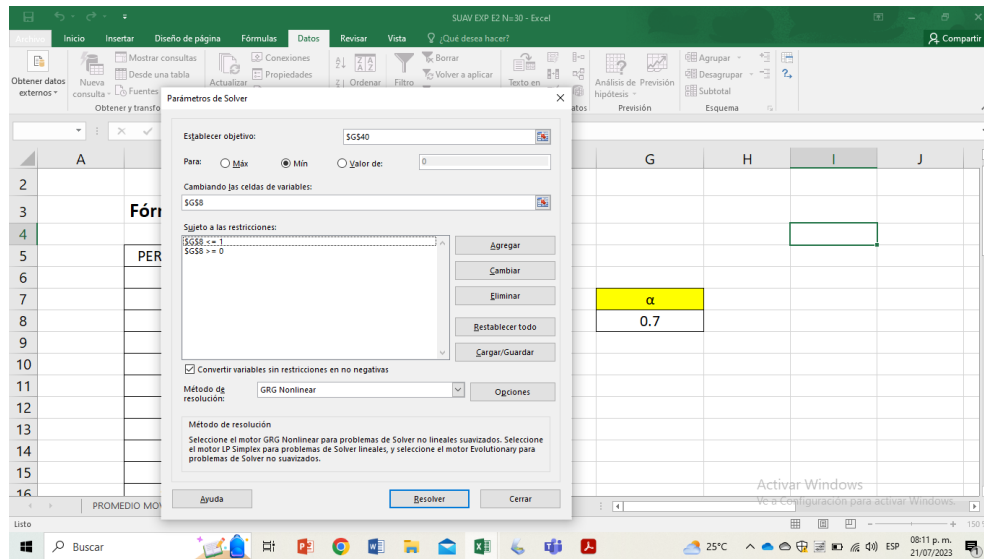


Figura 2.24 Datos asignados para resolver con Solver

Por último, en la figura 2.25, se presentan los pronósticos para diferentes valores de α .

	A	B	C	D	E	F	G
34		28	2500	2273.7204	51202.4376		
35		29	2400	2382.7184	298.6530		
36		30	2100	2391.0429	84705.9634		
37		PRONÓSTICO		2250.8487			
38							
39						E. C. M.	97287.2619
40						R. E. C. M.	311.9091
41							
42							
43					α	R.E.C.M.	PRONÓSTICO
44		ABREVIATURAS:			0.2	371.2652	2279.8511
45		S. E. C. = suma error cuadrático			0.5	312.0044	2246.2695
46		E. C. M. = error cuadrático medio			0.7	321.8378	2191.7244
47		R. E. C. M. = raíz del error cuadrático medio			0.48170	311.9091	2250.8487
48							

Figura 2.25. Valores de Pronósticos

Resultado:

El mejor pronóstico para el periodo 31 es 2250.8487

Para saber más:

https://www.youtube.com/watch?v=yO9DPShDli&ab_channel=CarlosMartinez

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA

Par obtener el pronóstico, además de considerar la suavización, ahora se considera la tendencia.

La ecuación para calcular el pronóstico incluida la tendencia (FIT, forecast including trend) es:

$$FIT_t = F_t + T_t$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$$

Donde:

F_t = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

T_t = La tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

FIT_t = El pronóstico incluida la tendencia para el periodo t

FIT_{t-1} = El pronóstico incluida la tendencia hecha para el periodo anterior

A_{t-1} = La demanda real para el periodo anterior

α = Constante de suavización del pronóstico

β = Constante de suavización de la tendencia

Ejemplo:

Se presentan los 11 datos históricos de computadoras producidas por mes, obtener el pronóstico para el mes 12 usando el método Suavización exponencial con tendencia con un $\alpha = 0.5$ y $\beta = 0.7$. Además, obtener el pronóstico óptimo usando Solver de Excel.

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA

MES	UNIDADES PRODUCIDAS	F_t	T_t	FIT	E. C.
1	99				
2	75				
3	85				
4	95				
5	90				
6	100				
7	93				
8	80				
9	87				
10	110				
11	105				

α	0.5
β	0.7

S. E. C. =	
E. C. M. =	
R. E. C. M. =	

$$FIT_t = F_t + T_t$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$$

Solución.

Como primer paso calcular el pronóstico F_t

Como se hizo en el Pronóstico de suavización exponencial, la introducción de la fórmula de pronóstico F_t , se realiza en el segundo periodo ya que para el periodo uno no se tendrían valores para $A_{1-1} = A_0$, $F_{1-1} = F_0$, $T_{1-1} = T_0$ y $FIT_{1-1} = FIT_0$, por lo tanto, de manera convencional para el pronóstico del periodo 1 se indica el mismo valor de la demanda: $F_1 = 99$ y para la tendencia se asigna el valor de 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
7		1	99	99	1	91		α	0.5	
8		2		$=F7+(SJS7*(C7-F7))$				β	0.7	
9		3	85							
10		4	95							
11		5	90							
12		6	100							
13		7	93							
14		8	80							
15		9	87							
16		10	110							
17		11	105							
18		12								

Figura 2.26. Fórmula para el pronóstico F_t

Como segundo paso, calcular la tendencia:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
7		1	99	99	1	91		α	0.5	
8		2	75		$=E7+(SJS8*(D8-F7))$			β	0.7	
9		3	85	37.50						
10		4	95	42.50						
11		5	90	47.50						
12		6	100	45.00						
13		7	93	50.00						
14		8	80	46.50						
15		9	87	40.00						
16		10	110	43.50						
17		11	105	55.00						
18		12								

Figura 2.26. Fórmula para la tendencia T_t

Como tercer paso calcular el pronóstico con la tendencia, que este será el pronóstico de producción que se propondrá:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3										
4										
5										
6		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
7		1	99	99	1	91		α	0.5	
8		2	75	95.00	3.80	=D8+E8		β	0.7	
9		3	85	37.50	30.05					
10		4	95	42.50	59.80			S. E. C. =		
11		5	90	47.50	93.05			E. C. M. =		
12		6	100	45.00	124.55			R. E. C. M. =		
13		7	93	50.00	159.55					
14		8	80	46.50	192.10			FÓRMULAS		
15		9	87	40.00	220.10			$FIT_t = F_t + T_t$		
16		10	110	43.50	250.55			$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$		
17		11	105	55.00	289.05			$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$		
18		12								

Figura 2.27. Fórmula para el pronóstico con tendencia

Como cuarto paso calcular el error cuadrático: E. C.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3										
4										
5										
6		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
7		1	99	99	1	91	=POTENCIA(C7-F7,2)	α	0.5	
8		2	75	95.00	3.80	98.80		β	0.7	
9		3	85	86.90	-4.53	82.37				
10		4	95	83.69	-3.61	80.08		S. E. C. =		
11		5	90	87.54	1.61	89.15		E. C. M. =		
12		6	100	89.58	1.91	91.49		R. E. C. M. =		
13		7	93	95.74	4.89	100.63				
14		8	80	96.82	2.22	99.04		FÓRMULAS		
15		9	87	89.52	-4.44	85.07		$FIT_t = F_t + T_t$		
16		10	110	86.04	-3.77	82.27		$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$		
17		11	105	96.13	5.94	102.07		$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$		
18		12		103.54	6.96	110.50				
19										

2.28. Fórmula del error cuadrático E. C.

Como quinto paso, calcular la suma del error cuadrático S. E. C.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5											
6		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.				
7		1	99	99	1	91	64.0000	α	0.5		
8		2	75	95.00	3.80	98.80	566.4400	β	0.7		
9		3	85	86.90	-4.53	82.37	6.9169				
10		4	95	83.69	-3.61	80.08	222.7407	S. E. C. =	=SUMA(G7:G17)		
11		5	90	87.54	1.61	89.15	0.7194	E. C. M. =			
12		6	100	89.58	1.91	91.49	72.4737	R. E. C. M. =			
13		7	93	95.74	4.89	100.63	58.2774				
14		8	80	96.82	2.22	99.04	362.3554	FÓRMULAS			
15		9	87	89.52	-4.44	85.07	3.7095	$FIT_t = F_t + T_t$			
16		10	110	86.04	-3.77	82.27	769.1038	$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$			
17		11	105	96.13	5.94	102.07	8.5827	$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$			
18		12		103.54	6.96	110.50					
19											

2.29. Fórmula para la suma del error cuadrático

Como sexto paso, calcular el error cuadrático medio E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
6										
7		1	99	99	1	91	64.0000	α	0.5	
8		2	75	95.00	3.80	98.80	566.4400	β	0.7	
9		3	85	86.90	-4.53	82.37	6.9169			
10		4	95	83.69	-3.61	80.08	222.7407	S. E. C. =	2135.3195	
11		5	90	87.54	1.61	89.15	0.7194	E. C. M. =	=110/11	
12		6	100	89.58	1.91	91.49	72.4737	R. E. C. M. =		
13		7	93	95.74	4.89	100.63	58.2774			
14		8	80	96.82	2.22	99.04	362.3554			
15		9	87	89.52	-4.44	85.07	3.7095	FÓRMULAS		
16		10	110	86.04	-3.77	82.27	769.1038	$FIT_t = F_t + T_t$		
17		11	105	96.13	5.94	102.07	8.5827	$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$		
18		12		103.54	6.96	110.50		$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$		

2.29. Fórmula para el error cuadrático medio

Como séptimo paso, calcular la raíz del error cuadrático medio R. E. C. M.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
6										
7		1	99	99	1	91	64.0000	α	0.5	
8		2	75	95.00	3.80	98.80	566.4400	β	0.7	
9		3	85	86.90	-4.53	82.37	6.9169			
10		4	95	83.69	-3.61	80.08	222.7407	S. E. C. =	2135.3195	
11		5	90	87.54	1.61	89.15	0.7194	E. C. M. =	194.119952	
12		6	100	89.58	1.91	91.49	72.4737	R. E. C. M. =	=RAIZ(J11)	
13		7	93	95.74	4.89	100.63	58.2774			
14		8	80	96.82	2.22	99.04	362.3554			
15		9	87	89.52	-4.44	85.07	3.7095	FÓRMULAS		
16		10	110	86.04	-3.77	82.27	769.1038	$FIT_t = F_t + T_t$		
17		11	105	96.13	5.94	102.07	8.5827	$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$		
18		12		103.54	6.96	110.50		$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$		

2.29. Fórmula para la raíz del error cuadrático medio

Como octavo paso obtener el pronóstico óptimo a través de Solver de Excel. Se siguen los mismos pasos del problema anterior:

Activar Solver, Figura 2.30:

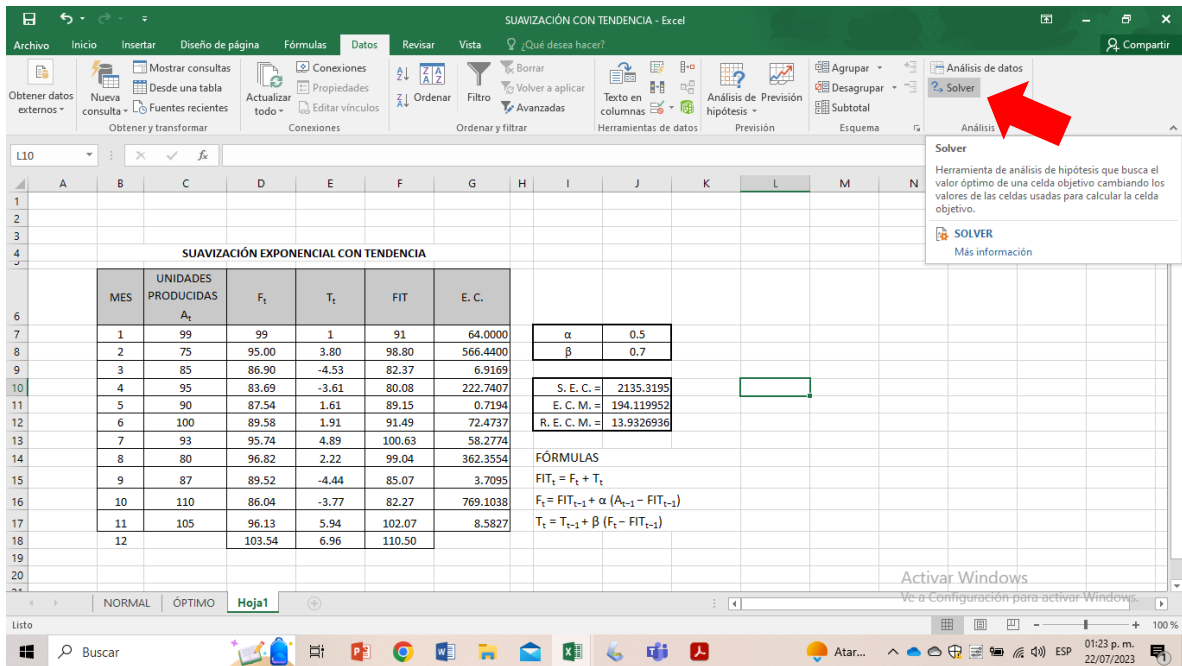


Figura 2.30. Activar Solver.

Introducir los valores necesarios en la ventana emergente, Figura 2.31.:

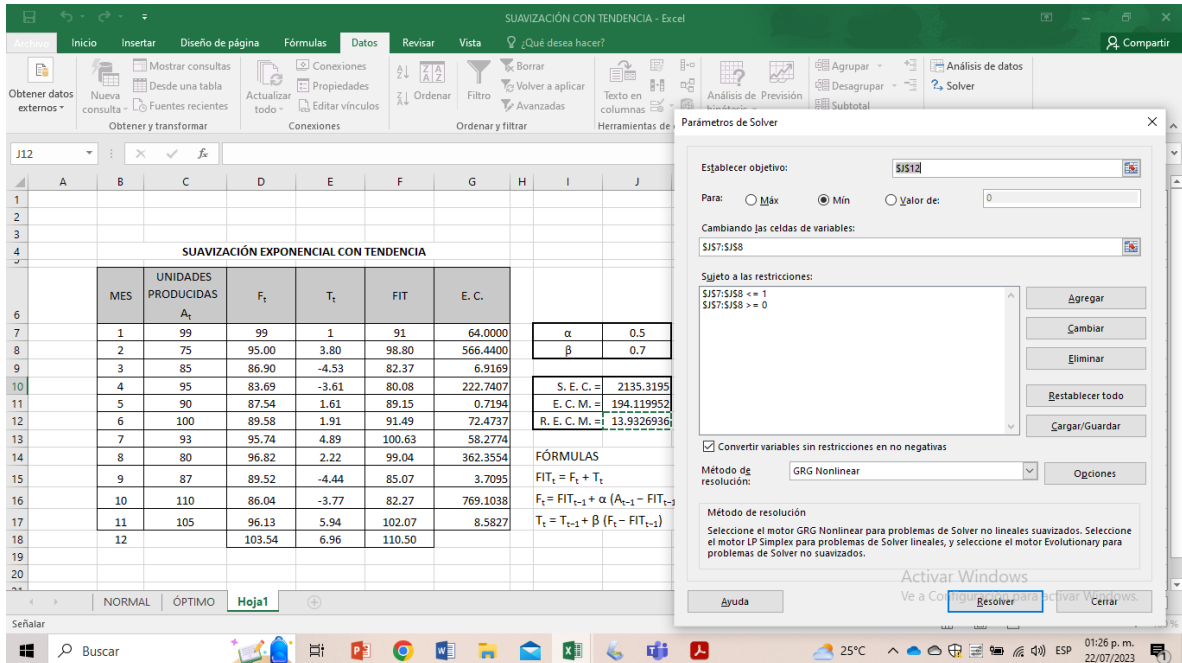


Figura 2.31. Introducir datos en la ventana de Solver.

Activar el botón “Resolver” que aparece en la ventana de Solver, en la parte inferior derecha, ver la figura 2.31 donde se indican en la tabla de Excel los valores de α y β óptimos con su respectivo pronóstico en la celda F18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
			SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA							
		MES	UNIDADES PRODUCIDAS A_t	F_t	T_t	FIT	E. C.			
6										
7		1	99	99	1	91	64.0000	α	0.00486718	
8		2	75	91.04	1.04	92.08	291.6538	β	1	
9		3	85	91.99	0.96	92.95	63.2116			
10		4	95	92.91	0.92	93.83	1.3713			
11		5	90	93.83	0.92	94.76	22.6339	S. E. C. =	1055.3663	
12		6	100	94.73	0.90	95.63	19.0618	E. C. M. =	95.9423947	
13		7	93	95.66	0.92	96.58	12.7891	R. E. C. M. =	9.79501887	
14		8	80	96.56	0.90	97.46	304.9314			
15		9	87	97.38	0.82	98.20	125.3461	FÓRMULAS		
16		10	110	98.14	0.76	98.91	123.0915	$FIT_t = F_t + T_t$		
17		11	105	98.96	0.82	99.78	27.2760	$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$		
18		12		99.80	0.84	100.65		$T_t = T_{t-1} + \beta (F_t - FIT_{t-1})$		
19										

Figura 2.33. Resultado de Solver.

Resultado:

El mejor pronóstico para el periodo 12 es 100.65

Para saber más:

https://www.youtube.com/watch?v=DTZyuMF5JoU&ab_channel=CarlosMartinez

2.4.1.4. TENDENCIA LINEAL.

La mejor forma de pronosticar una tendencia lineal será a través de una regresión lineal simple.

La regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta.

La recta de la regresión lineal tiene la forma $y = a + bx$, donde “y” es el valor de la variable dependiente que se despeja, “a” es la secante en “y”, “b” es la pendiente y “x” es la variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, las “x” son las unidades de tiempo).

La regresión lineal es útil para el pronóstico a largo plazo de eventos importantes, así como la planeación agregada.

REGRESIÓN LINEAL A TRAVÉS DE MÍNIMOS CUADRADOS

Ajuste de una recta por mínimos cuadrados

La regresión lineal consiste en hallar (aproximadamente) el valor de una variable a partir del valor de otra variable utilizando una relación funcional de tipo lineal, es decir, buscamos las cantidades a (ordenada en el origen) y b (pendiente de la recta lineal) para que se pueda escribir como:

$$\hat{y} = a + bx$$

con el menor error posible entre $\hat{y}$ e y .

Se trata de buscar la recta que dé lugar a los residuos más pequeños, es decir la recta que hace mínima la suma de cuadrados de las distancias verticales entre cada punto y la recta, de tal manera que se minimice la suma de los errores al cuadrado.

$$SCRes = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Para determinar la recta de regresión, utilizaremos el método de los mínimos cuadrados.

BONDAD DE UN AJUSTE

La recta de regresión por mínimos cuadrados minimiza la suma de los cuadrados de los residuos. Ahora nos preguntamos si este ajuste es lo bastante bueno.

Mirando si en el diagrama de dispersión los puntos experimentales quedan muy cerca de la recta de regresión obtenida, podemos tener una idea de si la recta se ajusta o no a los datos, pero nos hace falta un valor numérico que nos ayude a precisarlo:

El coeficiente de determinación, R^2

La medida más importante de la bondad del ajuste es el coeficiente de determinación R^2 .

Este coeficiente nos indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, y se define como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente Y que es explicada por la recta de regresión.

En cuanto menos dispersos sean los residuos mejor será la bondad del ajuste. (Recordar que los residuos o errores son la diferencia entre los valores observados y los valores estimados por la recta de regresión),

$$R^2 = 1 - \frac{S_e^2}{S_Y^2}$$

Las características de este coeficiente son:

R^2 es una cantidad adimensional que sólo puede tomar valores entre 0 y 1.

Cuando un ajuste es bueno, R^2 será cercano a uno. (Mayor será la fuerza de asociación entre ambas variables).

Cuando un ajuste es malo, R^2 será cercano a cero. (La recta no explica nada, no existe asociación entre X y Y).

Puesto que R^2 nos explica la proporción de variabilidad de los datos que queda explicada por el modelo de regresión, cuanto más cercano a la unidad esté, mejor es el ajuste. (Laguna, 2014, s/p).

Ejemplo: a continuación, se presenta la venta mensual de Harina de trigo (en toneladas), se desea encontrar el pronóstico de venta para el mes 13. Resolverlo con ayuda del método de mínimos cuadrados para la regresión lineal.

MES	PRODUCCIÓN
1	20
2	21
3	15
4	14
5	13
6	16
7	17
8	18
9	20
10	20
11	21
12	23

Se resuelve el problema con ayuda de Excel

Paso No. 1: En un documento de Excel se introducen los datos y se inserta un gráfico de dispersión como se muestra en la figura: primero se seleccionan los datos a graficar, luego se activa el menú de DATOS y en el sub menú de “Gráficos” se selecciona el gráfico de dispersión. Ver la figura 2.34.

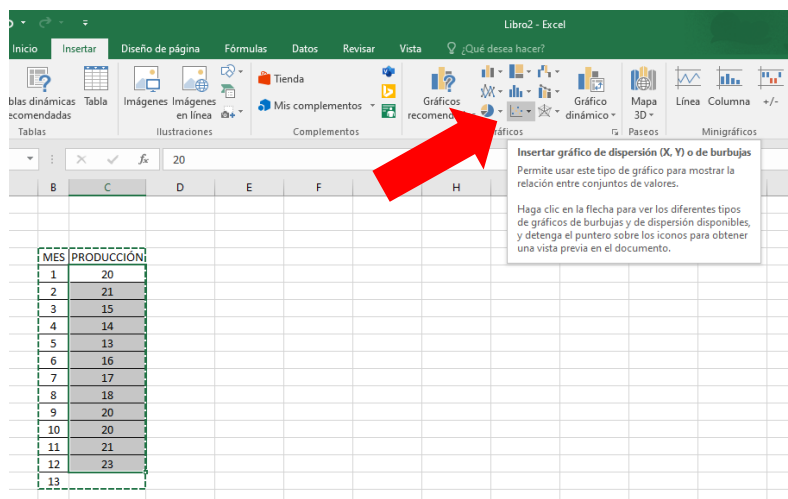


Figura 2.34. Seleccionar el gráfico de dispersión

Paso No. 2: Como resultado del paso anterior se obtiene la gráfica (Ver figura 2.35), en la cual se insertará la línea de tendencia de la siguiente manera: se posiciona el mouse en la línea y se activa el botón derecho, como resultado aparece una ventana en la cual se acciona “Agregar línea de tendencia” (Ver figura 2.36).

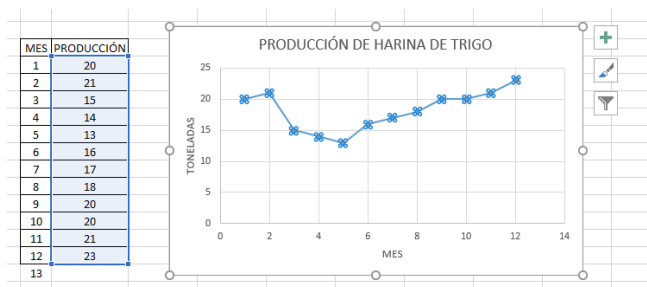


Figura 2.35. Datos graficados

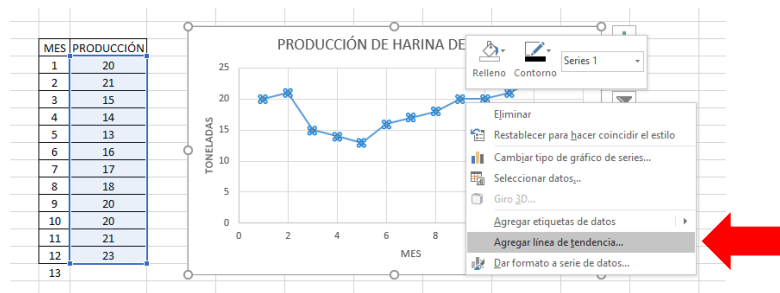


Figura 2.36. Agregar línea de tendencia

Paso No. 3. En la ventana emergente del lado derecho: “Formato de línea de te...”, seleccionar las “Opciones de línea de tendencia” y activar “Lineal”. A continuación, se desplaza hacia abajo la ventana emergente y se selecciona “Presentar ecuación en el

gráfico” y “Presentar el valor de R cuadrado en el gráfico”. Como resultado se tiene la ecuación y el valor de R^2 . Ver figura 2.37

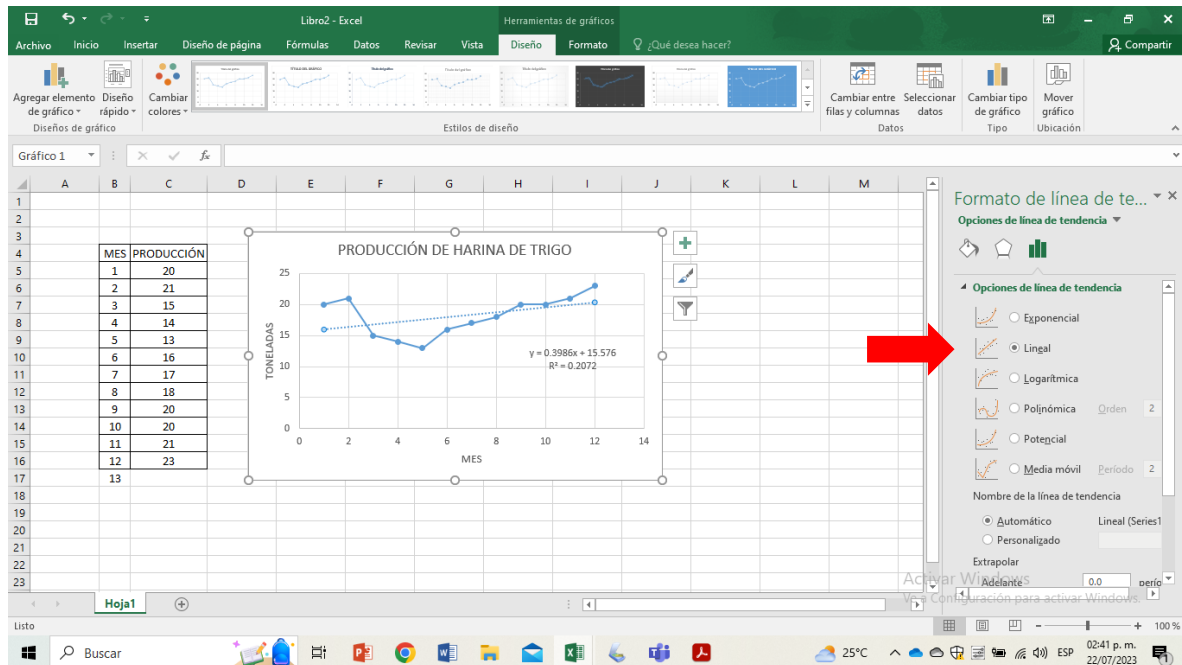


Figura 2.37. Ecuación y valor de R^2

Paso No. 3. Se Obtiene la ecuación y el valor de R^2 del documento de Excel y se calcula el pronóstico para el periodo 13, además se interpreta el valor de R^2 .

$$y = 0.3986x + 15.576$$

$$R^2 = 0.2072$$

El pronóstico para el periodo 13 es: $y = 0.3986(13) + 15.76 = 20.9418$ toneladas

Como R^2 está cercano a cero, el pronóstico obtenido es malo. Se recomienda utilizar otro método de pronóstico.

2.4.2. RELACIONES CAUSALES.

La previsión de causalidad utiliza variables independientes distintas del tiempo para pronosticar la demanda.

Para que el pronóstico valga la pena, cualquier variable independiente debe ser un indicador principal. Por ejemplo, se espera que una temporada de lluvias extendida aumente las ventas de paraguas e impermeables. La lluvia impulsa la venta de artículos personales específicos para el clima. Es una relación causal, donde un hecho lleva a otro. Si

los elementos causales se entienden bien de antemano, se pueden utilizar como base para las predicciones.

El primer paso para predecir la causalidad es encontrar los hechos sobre la causa real. Muchas veces los principales indicadores no son causalidad, sino alguna forma indirecta de indicar que algo más podría estar pasando. Otras relaciones no causales parecen existir solo por coincidencia. (Rodríguez, 2019, s/p).

Si los elementos causales se entienden bien de antemano, se pueden utilizar como base para las predicciones.

El pronóstico causal asume que la demanda está relacionada con uno o más factores potenciales en el entorno, tales como: cambios climáticos, desastres naturales, huelgas, etc. Los modelos de simulación permiten a los pronosticadores hacer una variedad de suposiciones sobre las condiciones del pronóstico.

Dado que este componente representa una variación aleatoria en la serie temporal, es impredecible; no podemos intentar predecir su efecto en la serie temporal. (Villareal, 2016, s/p).

2.4.2.1. REGRESIÓN SIMPLE.

El siguiente es un ejemplo de pronóstico mediante una relación causal, usando regresión lineal simple.

Carpet City Store en Carpentería lleva registros anuales de sus ventas de alfombras (en yardas cuadradas), además del número de licencias para casas nuevas en esta área.

Cantidad de casas nuevas (Licencias)

AÑO	CASAS NUEVAS (LICENCIAS)	VENTAS (EN YARDAS CUADRADAS)
2011	18	13000
2012	15	12000
2013	12	11000
2014	10	10000
2015	20	14000
2016	28	16000
2017	35	19000
2018	30	17000
2019	20	13000

El gerente de operaciones de Carpet City cree que es posible pronosticar las ventas si se conocen los inicios de proyectos habitacionales del año. Suponga que hay 25 licencias para 2020.

Solución:

x = Número de licencias de construcción.

y = ventas de alfombras.

ORDEN	AÑO	LICENCIAS (x)	VENTAS (EN YARDAS CUADRADAS (y))	xy	x ²
1	2011	18	13000	234000	324
2	2012	15	12000	180000	225
3	2013	12	11000	132000	144
4	2014	10	10000	100000	100
5	2015	20	14000	280000	400
6	2016	28	16000	448000	784
7	2017	35	19000	665000	1225
8	2018	30	17000	510000	900
9	2019	20	13000	260000	400
TOTALES		188	125000	2809000	4502

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{188}{9} = 20.8889$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{125000}{9} = 13,888.8889$$

$$b = \frac{(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)} = \frac{(2'809,000 - 9(20.8889)(13,888.8889))}{(4,502 - 9((20.8889)^2))} = 344.2211$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 13,888.8889 - (344.2211)(20.8889) = 6,698.4926$$

$$y = a + bx = 6,698.4926 + 344.2211x$$

Como x = 25 licencias para el año 2020

$$y_{2020} = 6,698.4926 + 344.2211(25)$$

$$y_{2020} = 15,304.0202 \text{ yardas cuadradas.}$$

2.4.2.2. REGRESIÓN MÚLTIPLE.

Generalizando la función de regresión poblacional (FRP) de dos variables se puede escribir la FRP de tres variables así:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{1i} + \beta_3 X_{2i} + \mu_i$$

donde Y es la variable dependiente, X_1 y X_2 las variables explicativas (o regresoras). μ_i es el término de perturbación estocástica, e i la iésima observación.

Los coeficientes de regresión β_2 y β_3 se denominan coeficientes de regresión parcial.

β_2 mide el cambio en el valor de la media de Y, $E(Y)$ por unidad de cambio en X_1 permaneciendo X_2 constante.

β_3 mide el cambio en el valor medio de Y, $E(Y)$ por unidad de cambio en X_2 cuando el valor de X_1 se conserva constante.

Se continúa operando dentro del marco del modelo clásico de regresión lineal.

“Además, se supone que el modelo de regresión múltiple es lineal en los parámetros, que los valores de las regresoras son fijos en muestreos repetido y que hay suficiente variabilidad en dichos valores”. (Villareal, 2016, s/p).

2.5. PRONÓSTICOS EN EL SECTOR SERVICIOS.

Los servicios son todas las actividades encaminadas a satisfacer las diferentes necesidades que puedan tener los clientes.

Hay dos enfoques principales para la clasificación de servicios. Una de ellas es dividirlo en servicio público y servicio privado. Los servicios públicos son apoyados por el Estado y salvaguardan los intereses generales de la sociedad. Los servicios privados son apoyados financieramente por iniciativas privadas que solo protegen los derechos de los consumidores de ese servicio.

Cuando existe una relación entre dos partes: la parte que presta el servicio y la parte que es el usuario que necesita el servicio para satisfacer las necesidades, se pueden presentar diferentes tipos de servicios, tales como:

Servicio de mantenimiento

Toman la iniciativa de conservar los elementos que requieren su cuidado de forma preventiva. Ejemplos: televisores, pulidoras, bicicletas o equipos de grado industrial, como máquinas de uso diario, camiones, automóviles, etc.

Servicio a domicilio

Son contratos por teléfono o Internet que los clientes pueden utilizar sin salir de casa, por ejemplo: pizza, cine, comida etc.

Servicio de renta

Son contratados por personas para satisfacer una necesidad temporal o por un período de tiempo, por ejemplo: alquiler de casas, alquiler de autos, etc.

Servicio de taller

Son servicios prestados por particulares para el mantenimiento y reparación de determinados elementos de primera necesidad. Suelen trabajar en un taller.

La previsión en el sector de servicios presenta un desafío inusual. Una técnica importante en el sector comercial es monitorear la demanda manteniendo un buen historial a corto plazo.

Mediante el uso de software especializado, las empresas de servicios pueden hacer pronósticos más precisos, por ejemplo: empresas como Taco Bell usan computadoras en el punto de venta para realizar un seguimiento de las ventas cada cuarto de hora. Taco Bell descubrió que un promedio móvil de 6 semanas es la técnica de pronóstico que minimiza el error cuadrático medio (MSE) en los pronósticos de 15 minutos. El desarrollo de este método de pronóstico en cada una de las 6500 computadoras de las tiendas de Taco Bell permite que el modelo haga pronósticos semanales de las transacciones de los clientes. (Heizer, 2009).

2.6. PRONÓSTICOS PARA EMPRESAS EN CREACIÓN.

"Las pequeñas y medianas empresas (PYME) son conocidas por su agilidad y capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes frente a los nuevos desafíos del mercado. Esto significa que están en constante cambio, siguiendo estrategias contra sus competidores, especialmente los más grandes. Sin embargo, las PYMES confían en la previsión tanto como las grandes corporaciones. De hecho, el entorno volátil que enfrentan muchas de estas empresas hace que la previsión sea aún más importante. Las empresas que no pueden reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes y predecir el futuro con algún grado de precisión están condenadas a perecer. ¿Qué tipo y tecnología de modelos utilizar? ¿Uso? ¿Cómo medir el error de pronóstico y establecer la ganancia permitida? ¿Qué paquete de computadora se debe comprar y usar? ¿Cómo capacitar a los pronosticadores internamente? El éxito del proceso de pronóstico depende de las personas, los procesos y los recursos. El principal apoyo para formular pronósticos debe provenir de la parte superior de la empresa, el propietario y el gerente general, más aún, si la cantidad de inversión en

materiales, componentes y equipos es alta, debe significar que las finanzas serán un jugador clave en el pronóstico. (Pronósticos para ..., 2019).

2.7. USO DE SOFTWARE EN PRONÓSTICOS

Existen variados softwares, algunos de uso libre y otros licenciados, que sirven de herramientas de optimización matemática o numérica para la estimación de pronósticos; entre ellos:

Solver de Excel

Esta herramienta es un complemento de Excel y se usa para optimizar de manera numérica valores en una hoja de cálculo, en este caso para la estimación de pronósticos.

WinQSB

En el módulo 12 Forecasting (FC) proporciona soluciones de series de tiempo y regresión lineal múltiple.

R

R es un software para el análisis estadístico de datos, considerado como uno de los más interesantes. Apoyan esta opinión la vasta variedad de métodos estadísticos que cubre, las capacidades gráficas que ofrece; también el hecho de ser un software libre, es decir, gratuito.

El mayor inconveniente que podría presentar frente al software más utilizado en el medio es que debe funcionar mediante comandos, lo que para algunos usuarios puede resultar difícil. Para solventar esta dificultad existe un paquete llamado R Commander, que permite utilizar R sin tener que escribir los comandos, es decir, con la sola utilización del ratón.

Software Statgraphics

Statgraphics es una potente herramienta de análisis de datos que combina una amplia gama de procedimientos analíticos con extraordinarios gráficos interactivos para proporcionar un entorno integrado de análisis que puede ser aplicado en cada una de las fases de un proyecto, desde los protocolos de gestión Six Sigma hasta los procesos de control de calidad.

Incluye funciones estadísticas avanzadas capaces de proporcionar rigurosos análisis propios de los profesionales estadísticos más exigentes y experimentados, al mismo tiempo ofrece una interface muy intuitiva, con funciones de asistencia exclusivas, de tal forma que proporciona la simplicidad suficiente para permitir a un analista inexperto realizar procedimientos complejos. (Monsalve Fonnegra, 2018, p. 82).

A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.

Para esta unidad, los alumnos formarán equipos de trabajo para elaborar presentaciones en POWER POINT de los temas que se les asignen.

B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.

Siguiendo con la participación de los alumnos, en sus presentaciones, presentarán y desarrollarán la solución del problema seleccionado.

C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.

Como resultado de los pasos anteriores, los alumnos elaborarán los cuestionarios de evaluación de los temas asignado los cuales se aplicarán al grupo en general.

3. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.

3.1 CONCEPTOS GENERALES.

3.1.1 DEFINICIÓN DE CAPACIDAD.

La capacidad de la fábrica es la cantidad de producción que un sistema puede producir en un período determinado. En servicio, esto se refiere a la cantidad de clientes que se pueden atender entre la 1:00 p. m. y las 2:00 p. m. En la industria manufacturera se refiere al número de lavadoras que se pueden producir en un solo turno.

La capacidad es un término relativo que, en el contexto de la administración de operaciones, se puede definir como **la cantidad de recursos disponibles necesarios para la producción en un momento determinado.**

3.1.2 CAPACIDAD EFECTIVA.

"La capacidad efectiva es la producción que se espera lograr en las condiciones operativas reales. Esto se debe a que la mayoría de las empresas no están operando a su máxima capacidad. Lo hacen debido a restricciones 'típicas' en las que podemos encontrar mantenimiento de máquinas, errores humanos, pérdida de tiempo, etc.

Otra definición de la capacidad real máxima es: "La cantidad de producción que ocurre dentro del horario de turno normal de cada día y días de la semana, incluidos los costos excesivos debido al uso ineficiente de la instalación.

3.1.3 CAPACIDAD DISEÑADA.

"Es la **máxima producción teórica** que se puede alcanzar bajo condiciones ideales. También se puede conocer como el "mejor nivel de operación".

"Alcanzar esta capacidad implicaría que las máquinas estuvieran constantemente en funcionamiento sobre el periodo de trabajo y que la mano de obra labore con máxima eficiencia." ("Capacidad de...", 2016: s/p).

3.1.4 CAPACIDAD NOMINAL.

Es el máximo rendimiento que se puede lograr en un proceso o instalación.

Este tipo de capacidad también se conoce como capacidad máxima, pero si se mide solo en relación con el dispositivo, la medida adecuada es la capacidad nominal.

La capacidad nominal (o capacidad máxima) solo se puede mantener durante un breve período de tiempo, es decir, unas pocas horas al día o unos pocos días al mes. Las empresas logran esta capacidad nominal mediante el uso de métodos de producción marginales como: horas extraordinarias excesivas, turnos adicionales, actividades de mantenimiento reducidas temporalmente, aumento de personal y subcontratación. (Krajewski, 2000).

ÍNDICE DE UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD

Una medida muy importante es el **índice de utilización de la capacidad**, el cual revela qué tan cerca se encuentra la empresa del mejor punto de operación:

Índice de utilización de la capacidad = Capacidad utilizada/Mejor nivel de operación

Por ejemplo, si el mejor nivel de operación de la fábrica fuera de 500 lavadoras por día y si estuviera operando actualmente 480 lavadoras por día, su índice de utilización de la capacidad sería 96%:

Índice de utilización de la capacidad = $480/500 = 0.96$ o 96%

La utilización de la capacidad se expresa como un porcentaje, y se requiere que el numerador y el denominador se midan en unidades iguales y períodos iguales (como horas máquina/día, barriles de petróleo/día, dólares de producto/día).

3.2 CONSIDERACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD.

La mayoría de las instalaciones tienen múltiples operaciones, y su capacidad efectiva a menudo no es igual. El cuello de botella es la operación con la capacidad efectiva más baja de todas las unidades de la unidad, lo que limita la producción del sistema. De hecho, la instalación solo puede producir a un ritmo igual a su velocidad de operación más lenta. Solo cuando aumenta la capacidad del cuello de botella, la capacidad de la instalación realmente se expande. (Carro Paz, s/a).

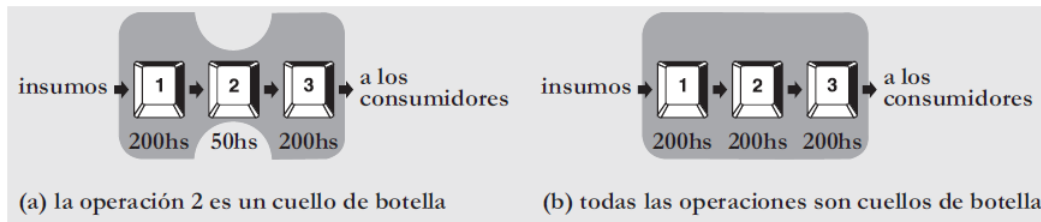


Figura 3.1. Cuello de botella de la capacidad de una instalación con tres operaciones.

3.2.1 ECONOMÍAS DE ESCALA.

El concepto básico de las economías de escala es que el costo promedio por unidad de producto disminuye a medida que la planta crece y su producción aumenta. En parte, esto se debe a los menores costos operativos y de capital, ya que a menudo no cuesta el doble comprar u operar un dispositivo que tiene el doble de capacidad que otro. Las fábricas también se vuelven más eficientes cuando crecen lo suficiente como para utilizar por completo los recursos dedicados a tareas como el manejo de materiales, equipos informáticos y personal de apoyo administrativo.

En algún momento, el tamaño de la planta se vuelve demasiado grande y las deseconomías de escala se convierten en un problema. Estas deseconomías pueden manifestarse de diferentes maneras. (Schroeder, 2011).

FIGURA 12.2
Tamaño óptimo de las instalaciones.

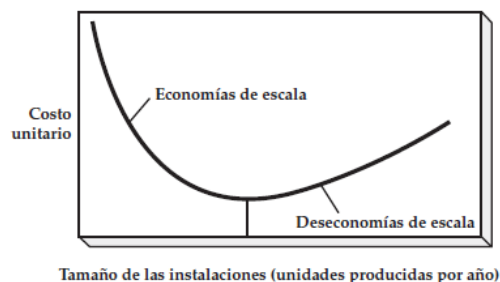


Figura 3.2. Tamaño óptimo de las instalaciones

3.2.2 MANEJO DE LA DEMANDA.

La gestión de requisitos es una herramienta fundamental para las empresas en la actualidad. La gestión adecuada de la demanda puede conducir a mejoras al reducir los costos operativos de la planta al administrar menos inventario de productos finales e inventario de piezas de proceso.

La gestión de la demanda y su complejidad fluctúa de acuerdo al tipo de productos que se producen en la empresa, existen algunos productos básicos o esenciales para los cuales la demanda es estable y conocida, en estos casos su variación es pequeña haciéndola muy manejable, en cambio para productos con ciclos de vida cortos la gestión de la demanda se

vuelve más compleja debido a que suelen ser productos nuevos y no tienen un historial de ventas claro.

Podemos definir la gestión de la demanda como el proceso de gestionar los flujos de materiales e información en los procesos internos y externos del negocio para responder favorablemente a las demandas del mercado, de manera que la gestión y el correcto manejo de la demanda no dependa de un solo eslabón de la cadena de suministro, sino de todas las áreas involucradas.

La gestión de la demanda implica adoptar e integrar el uso de tecnologías como la planificación empresarial, la previsión y la sustitución, la planificación de ventas y operaciones, el inventario gestionado por el proveedor y el análisis y la inteligencia empresarial.

Una buena gestión de la demanda se convierte en un proceso estratégico para una empresa, haciéndola más eficiente y productiva, por lo que invertir en una mejor previsión y gestión de la demanda es una de las decisiones más rentables que puede tomar cualquier organización a la hora de buscar una empresa más rentable y competitiva.

Cuando la demanda supera la capacidad: las empresas pueden reducir la demanda subiendo los precios (esto es a corto plazo). A la larga, debe considerar agregar capacidad, ya que los aumentos de precios pueden reducir los ingresos más de lo aceptable.

Por otro lado, cuando la capacidad supera la demanda: para estimular la demanda, las empresas pueden bajar los precios o realizar un marketing agresivo. Cuando la disminución de la demanda de los clientes se combina con procesos anticuados e inflexibles, es posible que se requieran despidos y cierres para llevar la capacidad a la altura de la demanda.

Ajuste para la demanda estacional: Los patrones estacionales son un desafío de capacidad. Para ello, el gobierno puede proveer productos con patrones de demanda complementarios (un producto con alta demanda y otro producto con baja demanda). (Villagrán Magallanes, 2020).

3.3 PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.

Una vez que haya elegido un proceso de producción, debe determinar la capacidad. La capacidad es el 'rendimiento' (rendimiento) o la cantidad de unidades que una instalación puede acomodar, recibir, almacenar o producir durante un período de tiempo específico. Por lo general, la capacidad determina los requisitos de capital y, por lo tanto, una parte significativa de los costos fijos. La capacidad también determina si se satisface la demanda o si la instalación está inactiva. Si la instalación es demasiado grande, partes de la instalación estarán inactivas y aumentarán los costos de producción existentes.

La planificación de la capacidad se puede ver en tres horizontes de tiempo. La capacidad a largo plazo (más de 1 año) es la capacidad de agregar instalaciones y equipos con plazos de entrega largos. A mediano plazo (3 a 18 meses) se pueden agregar equipos, personas y turnos; poder subcontratar, almacenar o usar inventario. Esa es la tarea de la planificación maestra. A corto plazo (a menudo hasta 3 meses), el mayor problema es programar el trabajo y las personas, y asignar máquinas. La capacidad a corto plazo es difícil de cambiar; usar la capacidad existente. (Krajewski, 2000).

3.3.1 DISEÑO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.

La capacidad de diseño se refiere a la producción teórica máxima de un sistema dentro de un período de tiempo determinado en condiciones ideales. Por lo general, se expresa como una tasa, como toneladas de acero que se pueden producir por semana, mes o año. Para muchas empresas, medir la capacidad es simple: es el número máximo de unidades producidas en un período de tiempo determinado. Sin embargo, para otras organizaciones, determinar la capacidad puede ser más difícil.

La mayoría de las organizaciones operan sus instalaciones por debajo de la capacidad de diseño. Lo hacen porque descubren que pueden operar de manera más eficiente cuando no tienen que llevar sus recursos al límite. En cambio, prefieren funcionar a alrededor del 82 % de la capacidad de diseño. Este concepto se denomina capacidad efectiva.

La capacidad efectiva es la capacidad que una empresa espera lograr dentro de las limitaciones operativas actuales. Por lo general, la capacidad efectiva es menor que la capacidad de diseño porque la instalación puede haber sido diseñada para una versión anterior de un producto o una combinación de productos diferente a la que se encuentra actualmente en producción.

Dos métricas para medir el desempeño del sistema son particularmente útiles: la utilización y la eficiencia. La utilización es simplemente el porcentaje de la capacidad de diseño realmente logrado. La eficiencia es el porcentaje de capacidad efectiva realmente logrado. Dependiendo de cómo se use y administre la instalación, puede ser difícil o imposible lograr una eficiencia del 100%.

La clave para mejorar la eficiencia a menudo radica en corregir los problemas de calidad, así como en la programación, capacitación y mantenimiento efectivos. Luego calcule la utilización y la eficiencia:

$$\text{Tasa de utilización} = \text{capacidad de producción real} / \text{capacidad de diseño.}$$

$$\text{Eficiencia} = \text{producción real} / \text{capacidad efectiva.}$$

La capacidad de diseño, la eficiencia y la utilización son métricas importantes para los gerentes de operaciones. Pero los gerentes a menudo también necesitan saber el rendimiento esperado de una instalación o proceso. Para lograr esto, la salida real (o en este caso futura o esperada) se resuelve de la siguiente manera:

$$\text{Salida real (o esperada)} = (\text{capacidad efectiva}) (\text{eficiencia})$$

La salida esperada a veces se denomina capacidad nominal. Armados con el conocimiento de la capacidad efectiva y la eficiencia, los gerentes pueden encontrar el resultado esperado de la instalación.

3.3.2 CÁLCULOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS.

Recordando que el horizonte temporal correspondiente a la planificación de la capacidad a corto plazo es como máximo de tres meses, lo que también incluye la inversión, relativamente menor que las decisiones a medio y largo plazo. Esta fase se conoce como programación de producción, programación de trabajos o programación de taller.

En la práctica, la programación operativa da como resultado planes basados en fases de tiempo o programas de actividades. Muestra qué hacer, cuándo, por quién y con qué equipo. La planificación operativa debe distinguirse claramente de la planificación maestra, ya que esta última intenta determinar los recursos necesarios, mientras que la programación operativa asigna de manera óptima los recursos logrados a través del plan maestro para cumplir con los objetivos operativos. La programación operativa implica satisfacer las demandas de producción en función de períodos de tiempo de hasta tres meses, semanas u horas. La planificación de operaciones apunta a lograr varios objetivos en conflicto: altos niveles de eficiencia, bajo inventario y buen servicio al cliente. La eficiencia se logra a través de programas que mantienen una alta utilización de mano de obra, equipo y espacio.

Para la planificación de talleres, es necesario respetar o seguir las siguientes reglas de prioridad para ordenar trabajos:

1. FCFS es por orden de llegada, primero en llegar, primero en salir. Las órdenes se ejecutan en el orden en que llegan al departamento.

2. El SOT se ejecuta durante el menor tiempo. El trabajo con el tiempo más corto para completarse se ejecuta primero, seguido del siguiente trabajo más corto y así sucesivamente. También conocido como tiempo mínimo de procesamiento SPT. A veces, esta regla se usa junto con una regla de retraso para evitar que los trabajos lentos se retrasen mucho con respecto a la programación.

3. EDD primero la fecha de vencimiento más temprana. Los trabajos que requieren la entrega más cercana se ejecutan primero.

4. STR Tiempo ocioso restante. Se calcula como el tiempo restante hasta la fecha de vencimiento menos el tiempo de procesamiento restante. La orden con el menor tiempo ocioso restante (STR) se ejecutará primero.

STR = tiempo restante hasta la fecha de vencimiento - tiempo de procesamiento restante

5. STR/OP El tiempo ocioso restante para cada operación. Se ejecutan primero los pedidos con el menor tiempo ocioso por número de operaciones.

$$\text{STR/OP} = \text{STR/operaciones restantes (número)}.$$

6. Proporción crítica CR. Se calcula dividiendo la diferencia entre la fecha de vencimiento y la fecha actual por el número de días hábiles restantes. Las órdenes con el CR más bajo se ejecutan primero.

7. LCFS es el último en llegar, el primero en ser atendido, el último en llegar, el primero en ser procesado. Esta regla suele aplicarse automáticamente. Cuando llegan los pedidos, generalmente se colocan en la parte superior de la pila; el operador toma primero el más alto.

8. Orden aleatorio o capricho. Los supervisores u operadores seleccionan los trabajos que desean ejecutar.

Planeación de la capacidad.

Ejemplo:

Rocket Propulsion CO. Está estudiando la posibilidad de expandir el proceso de manufactura de un explosivo sólido añadiendo una tonelada más de capacidad en el horno de secado. Cada lote (1tonelada) de explosivos debe soportar 30 minutos de tiempo de horneado, incluyendo las operaciones de carga y descarga, sin embargo, el horno, es usado sólo el 80% del tiempo, debido a restricciones de energía existentes en otras partes del sistema. La

producción requerida para la nueva distribución es de 16 toneladas por turno (8 horas). La eficiencia de la planta (sistema) está calculada en 50% de la capacidad del sistema. (Monarca Cruz, 2021).

- Calcular la capacidad que el sistema requiere, la capacidad de cada horno y el número de hornos necesarios.
- Determine el número de horas disponibles por turno, horas totales de uso por turno y el número de hornos que el sistema requiere.
- Calcule el porcentaje de tiempo que los hornos están ociosos.

Solución:

- Capacidad que requiere el sistema:

$$= \frac{\text{Producción real}}{ES} = \frac{16 \text{ toneladas / turno}}{0.50} = 5 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}.$$

$$\text{Capacidad de cada horno} = \frac{1 \text{ tonelada}}{0.5 \text{ horno}} = 2 \frac{\text{toneladas}}{\text{horno}}$$

$$\text{Número de hornos necesarios} = \frac{5 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}}{2 \frac{\text{toneladas}}{\text{horno}}} = 2.5 \text{ hornos} = 3 \text{ hornos}$$

- Horas disponibles por turno = 3 hornos x 8 horas = 24 horas horno

Horas totales de uso por turno: (16 toneladas) x (0.5 h / ton.) = 8 horas horno

- Porcentaje de tiempo ocioso = $\frac{16 \text{ horas ociosas}}{24 \text{ horas totales}} = 67\% \text{ ocioso}$

3.3.3 CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE INSTALACIONES.

El cálculo de instalaciones es uno de los aspectos que más complejidad está adquiriendo a la hora de desarrollar un proyecto. La concientización medioambiental, la sustentabilidad y el ahorro energético son conceptos claves que van de la mano de cualquier diseño de instalaciones. Conseguir que las instalaciones respeten estos conceptos pasa inevitablemente por tener un diseño y un cálculo de instalaciones eficiente y eficaz.

Ejemplo:

Rocket Propulsion CO. Requiere saber la capacidad máxima utilizable de sus instalaciones. Esta empresa cuenta con una capacidad de diseño de sus instalaciones de 20 hornos para la producción de cohetes y tiene un output real de 14 hornos. La instalación tiene a su disposición las 24 horas del día, de las cuales sólo utiliza 15 horas para poder llevar a cabo su producción.

- a) Calcular la utilización de las instalaciones.
- b) Calcular la eficiencia de las instalaciones.
- c) Calcular la capacidad máxima utilizable de las instalaciones.

Solución:

$$a) \text{ Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real (output real)}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{14 \text{ hornos}}{20 \text{ hornos}} = 70\% \text{ de utilización}$$

$$b) \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Horas de utilización reales}}{\text{Horas totales disponibles}} = \frac{15}{24} = 62.5 \text{ de eficiencia}$$

$$c) \text{ Capacidad máxima (CM)} = (\text{Capacidad de diseño}) (\text{Utilización}) (\text{Eficiencia})$$

$$CM = (20) * (0.7) * (0.625) = 8.75 \text{ hornos} = 9 \text{ hornos.}$$

La capacidad máxima utilizable es de 9 hornos.

3.3.4 DISEÑOS DE LOS PROCESOS.

Una estrategia de proceso (o transformación) es el enfoque que adopta una organización para transformar los recursos en bienes y servicios. El objetivo de la estrategia de procesos es encontrar formas de producir bienes y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y las especificaciones del producto en términos de costos y otras restricciones de gestión. El proceso elegido tendrá un impacto a largo plazo en la eficiencia y flexibilidad de la producción, así como en el costo y la calidad de los productos elaborados.

CUATRO ESTRATEGIAS PARA EL PROCESO

Casi todos los bienes o servicios se fabrican utilizando alguna variación de una de estas cuatro estrategias de proceso:

- (1) Centrarse en el proceso**
- (2) enfoque repetitivo**
- (3) Centrarse en los productos**
- (4) Centrarse en la personalización masiva.**

Relación de estas cuatro estrategias con la cantidad y la diversidad. Los gerentes de operaciones innovadores pueden crear procesos en cualquier parte del proceso para cumplir con los requisitos necesarios de volumen y variedad.

(1) Centrarse en el proceso:

La gran mayoría de la producción mundial se dedica a producir productos de gran variedad y bajo volumen en ubicaciones de "talleres de máquinas". Estas instalaciones se organizan en torno a actividades o procesos específicos. En una fábrica, estos procesos pueden ser departamentos dedicados a soldar, pulir y pintar. En la oficina, los procesos incluyen cuentas por pagar, ventas y nómina.

En un restaurante, podría ser el bar, la cocina y la panadería. Estas instalaciones están enfocadas al proceso en términos de equipamiento, diseño y supervisión. Proporcionan un alto grado de flexibilidad del producto cuando los productos se mueven intermitentemente entre procesos. Cada proceso está diseñado para realizar varias actividades y manejar cambios frecuentes.

Por lo tanto, también se denominan procesos intermitentes.

Estas instalaciones tienen costos variables altos y tasas de utilización de instalaciones muy bajas de hasta un 5%. Este es el caso de muchos restaurantes, hospitales y talleres mecánicos especializados. Sin embargo, algunas instalaciones funcionan mejor con el uso de equipos innovadores, a menudo con controles electrónicos. Con el desarrollo de máquinas controladas por software, es posible programar máquinas herramienta, movimientos de piezas y cambios de herramientas, e incluso automatizar la colocación de piezas en máquinas y el movimiento de materiales entre máquinas.

(2) Enfoque repetitivo:

El proceso repetitivo se divide en un proceso centrado en el producto y un proceso centrado en el proceso. Los procesos repetitivos utilizan módulos, que son piezas o ensamblajes preparados previamente, generalmente en un proceso continuo.

Una línea repetitiva es una línea de montaje clásica. Se usa ampliamente en el ensamblaje de casi todos los automóviles y electrodomésticos, pero tiene más estructura y, por lo tanto, menos flexibilidad que una instalación centrada en el proceso.

Una empresa de comida rápida es un ejemplo de un proceso iterativo que utiliza módulos. Este tipo de producción permite un mayor grado de personalización que un proceso continuo; estos módulos (por ejemplo, carne, queso, salsa, tomate, cebolla) se ensamblan para formar un producto casi individual, la hamburguesa con queso. De esta forma, la empresa obtiene tanto las ventajas económicas del modelo continuo, en el que se preparan muchos módulos, como las ventajas de personalización del modelo de bajo volumen y alta variedad.

(3) Centrarse en los productos:

Un proceso de alto rendimiento y baja variedad se centra en el producto. Las instalaciones se organizan en torno a los productos. También se les conoce como procesos continuos porque tienen corridas de producción grandes y continuas. Productos como vidrio, papel, papel de aluminio, bombillas, cerveza y tornillos se fabrican en procesos continuos. Algunos productos, como las bombillas, son discretos, otros, como los rollos de papel, son imprudentes. También hay servicios como la cirugía de hernia en el Hospital Shutis. Solo a través de la estandarización y el control de calidad efectivo, las empresas pueden construir instalaciones centradas en el producto. Una organización que produce las mismas bombillas o panes para perritos calientes día tras día puede organizarse en torno al producto. Tal organización tiene una capacidad inherente para establecer estándares y mantener una calidad específica, a diferencia de las organizaciones que producen productos únicos a diario, como imprentas u hospitales generales.

(4) Centrarse en la personalización masiva:

Nuestro mundo cada vez más complejo y sofisticado exige bienes y servicios personalizados. La personalización masiva se refiere a la producción rápida y de bajo costo de bienes y servicios que satisfacen cada vez más las necesidades individuales de los clientes. Sin embargo, la personalización no solo significa variedad, sino también hacer lo que los clientes quieren cuando lo necesitan y a bajo costo.

La personalización masiva nos brinda una variedad de productos que tradicionalmente se obtienen mediante la fabricación de bajo volumen (énfasis en el proceso), pero a expensas de la producción estandarizada de alto volumen (énfasis en el producto). Sin embargo, lograr la personalización masiva es un desafío y requiere capacidades operativas complejas. La creación de procesos ágiles que produzcan productos personalizados de forma rápida y económica requiere un uso imaginativo y dinámico de los recursos de la organización. Los vínculos entre ventas, diseño, producción, cadena de suministro y logística deben ser sólidos.

Pero hacer por encargo es difícil. Algunos desafíos importantes son:

- El diseño del producto debe ser imaginativo y rápido. Los diseños exitosos de fabricación bajo pedido suelen utilizar módulos.
- El diseño del proceso debe ser rápido, flexible y adaptable a los cambios de diseño y tecnología.
- La gestión de inventario requiere un control estricto. Para tener éxito, las empresas deben evitar verse plagadas de componentes no deseados u obsoletos.
- Un programa riguroso que rastrea pedidos y materiales desde el diseño hasta la entrega puede ser implementado de manera efectiva solo por personal dedicado.

- Los socios confiables de la cadena de suministro pueden establecer una colaboración efectiva.

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROCESO

Al analizar y diseñar procesos de conversión de recursos en bienes y servicios surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Está diseñado el proceso para lograr una ventaja competitiva en términos de diferenciación, capacidad de respuesta o bajo costo?
- ¿El proceso elimina pasos que no agregan valor??
- ¿El proceso maximiza el valor para el cliente según lo perciben los clientes?
- ¿El proceso permite pedidos?

Existen herramientas que nos ayudan a comprender las complejidades del diseño y rediseño de procesos. Son una manera fácil de entender lo que pasó o debería pasar en un proceso. Revisaremos cinco de estas herramientas: diagramas de flujo, diagramas de función de tiempo, mapas de flujo de valor, diagramas de flujo y diseño de servicio preliminar.

DIAGRAMAS DE FLUJO

La primera herramienta es un diagrama de flujo, un diagrama o dibujo del flujo de materiales, productos o personas.

GRÁFICA DE FUNCIÓN TIEMPO

La segunda herramienta para el análisis y diseño de procesos también es un diagrama de flujo, pero con el tiempo agregado en el eje horizontal. Este gráfico se llama gráfico de función de tiempo o mapa de proceso.

GRÁFICA DEL FLUJO DE VALOR

Una variante del diagrama de función-tiempo es el VSM (mapa de flujo de valor; mapa de flujo de valor); sin embargo, el mapa de flujo de valor se enfoca ampliamente en los puntos de valor agregado y no a lo largo del proceso de producción, incluida la cadena de suministro.

DIAGRAMAS DEL PROCESO

La cuarta herramienta es el diagrama de flujo. Un diagrama de flujo utiliza símbolos, tiempo y distancia para proporcionar una forma objetiva y estructurada de analizar y documentar

las actividades que componen un proceso. Ayudan a enfocarse en actividades que agregan valor. ("Estrategia del proceso", 2016).

Por otro lado, el impacto ambiental es otra consideración que está cobrando cada vez más importancia, especialmente en Europa y Estados Unidos. Un buen ejemplo es McDonald's, que realizó cambios sutiles en su proceso de envasado de alimentos, redujo los desechos en más de un 30 % desde 1990 y se convirtió en uno de los principales compradores de material reciclado en EE. UU. Eso significa reemplazar las cajas de "almejas" con papel ligero especial, introducir servilletas más pequeñas y reducir la dependencia del plástico para pajitas, platos y equipos de juego. McDonald's está trabajando actualmente en una iniciativa de conversión de residuos en fertilizantes con el objetivo de hacer que cenar en sus restaurantes produzca menos residuos que cenar en muchos hogares.

La fabricación también ha visto un aumento en las preocupaciones ecológicas en las decisiones de proceso. En 1991, General Motors descubrió que por cada automóvil producido, se generaban 40 kilogramos de desechos y basura. Después de estudiar su proceso y prestar especial atención a la eliminación de residuos, la cantidad de residuos sólidos se redujo a solo 6,8 kg. Las preocupaciones internacionales sobre la contaminación y los desechos cobraron impulso cuando la Organización Internacional de Normalización adoptó la serie de normas ISO 14001 en 1996. ISO 14001 es un conjunto de estándares que las empresas pueden usar para eliminar la contaminación, por ejemplo, al establecer un sistema formal y una base de datos para monitorear el desempeño ecológico.

Desde 1996, más de 250 000 empresas en más de 50 países han obtenido la certificación, y la tasa de certificación ha aumentado en al menos 50 000 cada año.

DECISIONES IMPORTANTES SOBRE EL PROCESO

Las decisiones sobre un proceso afectan directamente al proceso mismo e indirectamente a los servicios y productos que resultan de él. Ya sea que se trate de una oficina, un proveedor de servicios o un proceso de fabricación, los gerentes de operaciones deben considerar cuatro decisiones de proceso comunes.

1. La estructura del proceso determina cómo se diseña el proceso en términos del tipo de recursos requeridos, cómo se asignan los recursos entre los procesos y las características básicas del proceso. Cuando se trata de servicio, los primeros y más importantes aspectos que se deben considerar al tomar estas decisiones son la cantidad y el tipo de contacto requerido con los clientes y las prioridades contrapuestas que se deben considerar en el diseño del proceso. Cuando se trata de procesos de fabricación, lo primero que se debe

considerar son los niveles de rendimiento, los volúmenes de personalización y las prioridades competitivas. Comprender estos vínculos ayuda a los gerentes a detectar posibles desajustes en los procesos, allanando el camino para el rediseño y la mejora de los procesos.

2. El compromiso del cliente refleja cómo y en qué medida los clientes están involucrados en el proceso.

3. La flexibilidad de recursos se refiere a la facilidad con la que el personal y el equipo pueden manejar varios productos, niveles de producción, tareas y funciones.

4. La intensidad de capital es la combinación de equipos y habilidades humanas involucradas en el proceso. Cuanto mayor sea el costo relativo del equipo, mayor será la intensidad de capital.

Estas cuatro decisiones son más fáciles de entender a nivel de proceso o subproceso que a nivel empresarial. Las decisiones sobre los procesos actúan como bloques de construcción, que se utilizan de diferentes maneras para lograr procesos efectivos. (Krajewski, 2008).

3.4 HERRAMIENTAS PARA LA PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.

3.4.1 MODELOS DE LÍNEAS DE ESPERA.

Una fila de uno o más clientes que esperan ser atendidos se llama cola de espera. Un cliente puede ser una persona, un objeto, una máquina, un contenedor de mercancías que esperan ser enviadas o un artículo de inventario que está a punto de usarse. Las colas de espera se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda del servicio y la capacidad del sistema para brindar el servicio.

En la mayoría de los problemas de colas de la vida real, la tasa de demanda es variable; es decir, el intervalo de tiempo entre las llegadas de los clientes es impredecible. Más comúnmente, también hay variaciones en la productividad del servicio, dependiendo de las necesidades del cliente.

Desde el punto de vista de la producción y las operaciones, un paciente que espera a un médico en su consultorio y un taladro roto que espera en un centro de reparación tienen

mucho en común. Ambos utilizan recursos humanos y de equipo para mantener en buenas condiciones los valiosos activos de producción (personas y máquinas).

Los gerentes de operaciones reconocen la compensación entre el costo de brindar un buen servicio y el costo del tiempo de espera para los clientes o las máquinas. Los gerentes quieren que las filas sean lo suficientemente cortas para que los clientes no se disgusten y se vayan sin comprar, o compren y nunca regresen. Sin embargo, los administradores están dispuestos a permitir cierta espera si es proporcional a ahorros significativos en los costos del servicio. Cuando las empresas intentan mejorar los niveles de servicio, descubren que los costos aumentan.

La teoría de la línea de espera se aplica a las empresas de servicios o de fabricación porque relaciona la llegada del cliente y las características de procesamiento del sistema de servicio con las características de salida del sistema de servicio. Un sistema de servicio podría incluir una operación que corta el cabello en una peluquería o utiliza una máquina específica en el departamento de repuestos para cumplir con las órdenes de producción.

El análisis de un problema de colas comienza con una descripción de los elementos esenciales de la situación. Cada situación específica tiene características diferentes, pero hay cuatro cosas en común:

1. Una entrada o base de clientes que genera clientes potenciales.
2. Una fila o cola de espera de clientes.
3. Una instalación de servicio que consta de una persona (o un trabajador), una máquina (o un grupo de máquinas) o ambos (si es necesario para prestar el servicio solicitado por el cliente).
4. Seleccione las reglas de prioridad para el próximo cliente que será atendido por la instalación de servicio. La Figura 3.1 muestra estos elementos básicos.

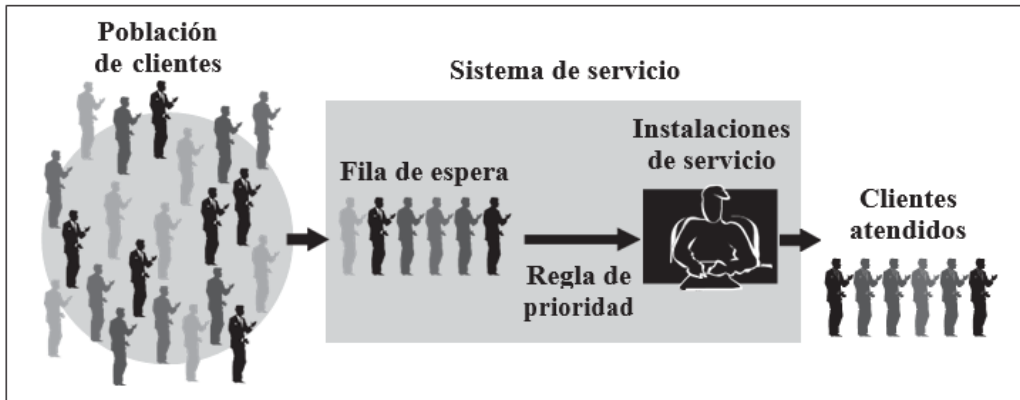


Figura 3.1. Elementos básicos de los modelos de líneas de espera.

POBLACIÓN DE CLIENTES.

La fuente de entrada del sistema de servicio es el grupo de clientes. Una fuente de entrada se considera limitada si la cantidad de nuevos clientes potenciales que prestan servicio al sistema se ve significativamente afectada por la cantidad de clientes que ya están en el sistema. Por ejemplo, suponga que se asigna una persona de mantenimiento para reparar 10 máquinas y devolverlas a su estado de funcionamiento. Con base en una función matemática de las tasas de falla de las máquinas, estas poblaciones generarán clientes para el personal de mantenimiento. A medida que más y más máquinas se descompongan y entren en el sistema de servicio para esperar su turno o ser reparadas de inmediato, la cantidad de clientes disminuirá y, por lo tanto, la tasa a la que la cantidad de clientes puede generar otro cliente disminuirá. Por lo tanto, se dice que la base de clientes es limitada.

Alternativamente, un grupo de clientes infinito significa que la cantidad de clientes que ingresan al sistema no afecta la tasa a la que se generan nuevos clientes a partir de ese grupo.

Los clientes que esperan en la fila pueden ser pacientes o impacientes, independientemente del idioma que el cliente pueda estar hablando en la fila en un día caluroso. En el caso del problema de las colas, los clientes pacientes son aquellos que ingresan al sistema y permanecen allí hasta que son atendidos; los clientes impacientes o deciden no ingresar al sistema (arrepentimientos) o salen del sistema antes de ser atendidos (desertores). Por simplicidad metodológica, en este suplemento asumiremos que todos los clientes son pacientes.

SISTEMA DE SERVICIO

Los sistemas de servicio generalmente se describen por el número de líneas y el diseño de las instalaciones.

FILAS. Las líneas de espera están diseñadas como líneas simples o múltiples. La Figura 3.2 muestra ejemplos de cada disposición. En términos generales, los mostradores de las aerolíneas, los cajeros de los bancos y algunos restaurantes de comida rápida utilizan colas únicas, mientras que los supermercados y los lugares públicos, como los teatros o los estadios de fútbol suelen tener varias colas. Cuando tiene varios servidores, cada uno de los cuales puede manejar transacciones comunes, una sola disposición de cola puede mantener todos los servidores ocupados de manera uniforme y brindar a los clientes una sensación de igualdad de condiciones. Asumen que serán atendidos por orden de llegada, no en función de cuánto adivinen los diferentes tiempos de espera mientras están en la fila. Es preferible un diseño de múltiples colas cuando ciertos servidores brindan un conjunto limitado de servicios. En este arreglo, los clientes seleccionan el servicio que necesitan y luego esperan en la fila donde se brinda el servicio, como en el caso de los supermercados, con filas exclusivas para clientes que pagan en efectivo o compran menos de 10 artículos.

A veces, los artículos que esperan su turno no están bien alineados. Las máquinas que necesitan ser reparadas en el taller de producción de la fábrica pueden permanecer en sus respectivos lugares, y el equipo de reparación debe ir a un solo lugar. No obstante, podemos considerar la organización de estas máquinas en pelotones únicos o múltiples, dependiendo de la cantidad de personal de mantenimiento y sus respectivas especialidades. Del mismo modo, los usuarios que toman un taxi por teléfono harán cola, incluso si todos están en un lugar diferente.

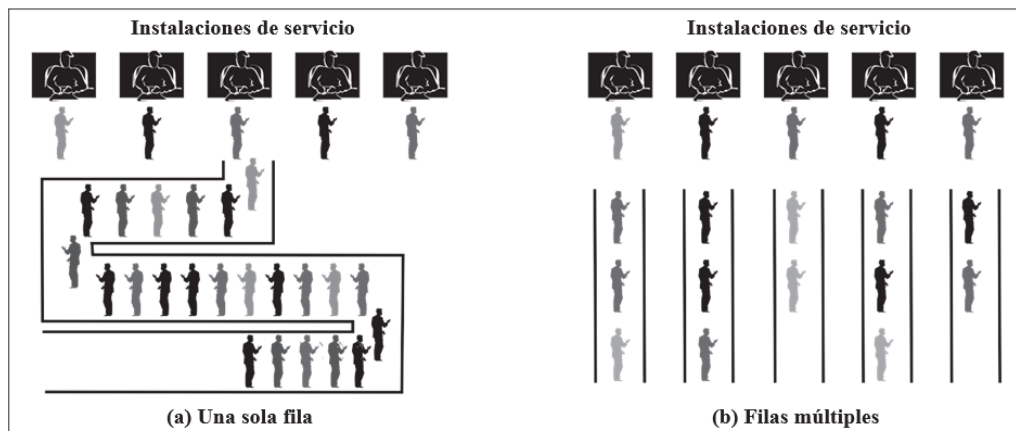


Figura 3.2. Diversas disposiciones de filas de espera.

Arreglo de instalaciones de servicio. Las instalaciones de servicio incluyen el personal y/o el equipo necesario para proporcionar dichos servicios a los clientes. La figura 3.3., muestra algunos ejemplos de los cinco tipos básicos de arreglos de instalaciones de servicio. El administrador tiene que elegir el diseño adecuado en función del número de clientes y la

naturaleza de los servicios prestados. Algunos servicios requieren un solo paso, también llamado etapa, mientras que otros requieren una serie de pasos.

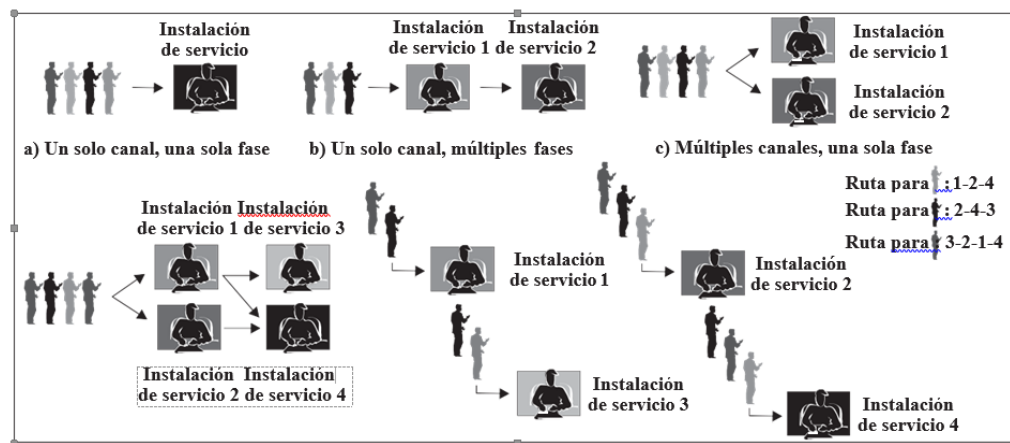


Figura 3.3. Ejemplos de disposiciones para instalaciones de servicio

En un sistema de un solo canal y una sola etapa, todos los servicios solicitados por los clientes suelen ser proporcionados por una instalación de un solo servidor. En este caso, los clientes forman una cola y recorren las instalaciones de servicio uno por uno. Por ejemplo, un servicio de lavado de coches automatizado (sin que el conductor tenga que bajarse del coche) o cualquier máquina que procese múltiples lotes de piezas.

Se puede usar un arreglo de un solo pasillo y varios niveles cuando es más conveniente brindar el servicio secuencialmente en varias instalaciones, pero la cantidad de clientes y otras limitaciones limitan el diseño a un solo pasillo. Los clientes se alinean y se mueven secuencialmente, de una instalación de servicio a la siguiente. Un ejemplo de esta regulación es que, entre las facilidades para la obtención de documentos personales como pasaportes, la primera facilidad toma el formulario de registro, la segunda facilidad toma las huellas dactilares y la tercera facilidad toma la foto del solicitante.

La disposición de múltiples canales y una sola fase se utilizan cuando la demanda es lo suficientemente grande como para justificar la prestación del mismo servicio en múltiples instalaciones, o cuando las instalaciones brindan servicios diferentes. Los clientes se alinean en una o más filas según el diseño. En un diseño de cola única, los clientes son atendidos por el primer servidor disponible, como una oficina de un banco. Si cada canal tiene su propia cola, los clientes esperan hasta que los servidores en sus respectivas colas puedan atenderlos.

La disposición de múltiples canales y múltiples fases ocurre cuando un cliente puede ser atendido por una de las instalaciones de la primera fase, pero luego requiere el servicio de una instalación de la SEGUNDA FASE, y así sucesivamente. En algunos casos, los clientes no pueden cambiar de canal una vez iniciado el servicio, en otros sí. Un ejemplo de tal arreglo es un negocio de servicio de lavandería. La lavadora es una instalación de la primera fase,

la secadora es una instalación de la segunda fase. Algunas lavadoras y secadoras están diseñadas para manejar cargas más grandes, lo que permite a los clientes elegir entre múltiples fuentes.

Un problema de colas más complejo involucra clientes cuyos servicios solicitados tienen una secuencia única; por lo tanto, los servicios no se pueden dividir claramente en distintas etapas. En este caso, se utiliza un arreglo mixto. En este arreglo, las colas de espera normalmente se forman frente a cada instalación, como en un taller de producción intermitente donde cada trabajo personalizado puede requerir el uso de múltiples máquinas y múltiples rutas.

REGLA DE PRIORIDAD

Las reglas de prioridad determinan qué cliente debe ser atendido a continuación. En la mayoría de los sistemas de servicio con los que estamos familiarizados, se aplica la regla del orden de llegada (FCFS del inglés, first-come, first-served). El cliente que llega primero en la cola tiene la prioridad más alta y el cliente que llega último tiene la prioridad más baja. Entre otras reglas de orden de prioridad, se da prioridad a los clientes con la fecha de vencimiento más temprana (EDD del inglés, earliest due date) o la fecha de vencimiento más corta (SPT del inglés, shortest processing time) (tiempo de procesamiento más corto).

Una regla de prioridad es una regla que permite que un cliente con mayor prioridad interrumpa el servicio de otro cliente. Por ejemplo, en la sala de urgencias de un hospital, se atiende primero a los pacientes con lesiones más graves y que ponen en peligro la vida, independientemente del orden en que lleguen. El modelado de sistemas con disciplinas prioritarias complejas generalmente se realiza con simulaciones por computadora.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

La variabilidad en el problema de las colas se deriva de la aleatoriedad de las llegadas de los clientes y la variabilidad registrada para diferentes tiempos de servicio. Cada una de estas fuentes suele describirse mediante una distribución de probabilidad.

Distribución de Llegadas

Los clientes llegan al centro de servicio al azar. La variación en los intervalos de llegada de los clientes a menudo se describe mediante una curva de distribución de Poisson, que especifica la probabilidad de que lleguen n clientes en T períodos de tiempo:

$$P_{(n)} = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} \quad \text{para } n = 0, 1, 2, \dots$$

Donde:

$P_{(n)}$ = probabilidad de n llegadas en T periodos de tiempo

λ = número promedio de llegadas de clientes por periodo

$e = 2.7183$

La medida de distribución de Poisson es λT , y la varianza también es λT . La distribución de Poisson es una distribución discreta, es decir, la probabilidad corresponde a que llegue una determinada cantidad por unidad de tiempo.

Un ejemplo de cálculo de la probabilidad de llegada del cliente. Los clientes acuden al departamento de quejas por productos defectuosos de una tienda de electrónica a razón de dos clientes por hora. ¿Cuál es la probabilidad de que haya cuatro clientes en la próxima hora?

Solución. En este caso $\lambda = 2$ clientes por hora, $T = 1$ hora y $n = 4$ clientes. La probabilidad de que lleguen cuatro clientes en la próxima hora es:

$$P_{(4)} = \frac{((2)(1))^4}{4!} e^{-(2)(1)} = \frac{16}{24} e^{-2} = 0.090$$

$P_{(4)} = 0.09 = 9\%$

Otra forma de especificar la distribución de llegadas es en términos del tiempo entre llegadas de clientes, es decir, el intervalo de tiempo entre dos llegadas consecutivas de clientes. Si la población de clientes produce clientes de acuerdo con una distribución de Poisson, entonces la distribución exponencial describe la probabilidad de que el próximo cliente llegue dentro del próximo período de tiempo T .

Distribución de tiempo de servicio

La distribución exponencial describe la probabilidad de que el tiempo de servicio al cliente de una instalación dada no sea más largo que T periodos de tiempo. La probabilidad: se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_{(t \leq T)} = 1 - e^{-\mu T}$$

donde:

μ = número medio de clientes que completan el servicio en cada periodo

t = tiempo de servicio del cliente

T = tiempo de servicio propuesto como objetivo

La media de la distribución del tiempo de servicio es $1/\mu$, y la varianza es $(1/\mu)^2$. A medida que T incrementa, la probabilidad de que el tiempo de servicio del cliente sea menor que T se va aproximando a 1,0.

Un ejemplo de cálculo de probabilidades de tiempo de servicio. La sección de atención al empleado para reclamos de productos defectuosos puede atender un promedio de tres clientes por hora. ¿Cuál es la probabilidad de que un cliente requiera servicio en menos de 10 minutos?

Solución. Es necesario expresar todos los datos en las mismas unidades de tiempo. Puesto que $\mu = 3$ clientes por hora, convertimos los minutos en horas, o sea, $T = 10 \text{ minutos} = 10/60 \text{ hora} = 0,167 \text{ hora}$. Entonces:

$$P(t \leq T) = 1 - e^{-\mu T}$$

$$P(t \leq 0,167 \text{ h}) = 1 - e^{-3(0,167)} = 1 - 0,61 = 0,39$$

Algunas características de la distribución exponencial no siempre se ajustan a la situación real. Los modelos de distribución exponencial se basan en la suposición de que cada tiempo de servicio es independiente del tiempo anterior. Sin embargo, en la vida real, la productividad puede mejorar a medida que los servidores humanos aprenden a hacer mejor su trabajo.

La suposición básica del modelo es que son posibles tanto tiempos de servicio muy cortos como tiempos de servicio muy largos. Sin embargo, las situaciones de la vida real generalmente requieren una duración fija para comenzar, algún límite en la duración total del servicio o un tiempo de servicio casi constante.

USO DE MODELOS DE FILAS DE ESPERA PARA ANALIZAR OPERACIONES

Los gerentes de operaciones a menudo usan modelos de colas para equilibrar los beneficios de mejorar la eficiencia del sistema de servicio con los costos resultantes. Además, los gerentes deben considerar el costo de no mejorar el sistema: las largas filas o las largas esperas resultantes pueden provocar el arrepentimiento o la pérdida del cliente. Por lo

tanto, los gerentes deben estar interesados en las siguientes características operativas del sistema:

1. Longitud de la fila. La cantidad de clientes que hacen cola refleja una de dos condiciones: una cola corta indica un buen servicio al cliente o exceso de capacidad, y una cola larga indica servidores ineficientes o actualizaciones de capacidad.

2. El número de clientes en el sistema. El número de clientes haciendo cola y siendo atendidos también está relacionado con la eficiencia y capacidad de ese servicio. Una gran cantidad de clientes en el sistema provoca congestión y puede generar clientes insatisfechos a menos que el servicio aumente su capacidad.

3. Tiempo de espera en la fila. Una larga fila no siempre significa una larga espera. Las colas largas se pueden atender de manera eficiente si el servicio es rápido. Sin embargo, cuando el tiempo de espera es largo, los clientes tendrán la impresión de una mala calidad del servicio. Los gerentes intentan cambiar las tasas de llegada de clientes o diseñar sistemas para que los largos tiempos de espera parezcan más cortos de lo que realmente son.

4. Tiempo total en el sistema. El tiempo total transcurrido desde el inicio hasta el cierre de la sesión puede indicar problemas del cliente, la eficiencia del servidor o la capacidad. Si algunos clientes pasan demasiado tiempo en el sistema de servicio, puede ser necesario cambiar las reglas de priorización, aumentar la productividad o ajustar la capacidad de alguna manera.

5. Uso de las instalaciones del servicio. El uso colectivo de los servicios refleja el porcentaje de tiempo que están ocupados. El objetivo de la gerencia es mantener altos niveles de utilización y rentabilidad sin afectar adversamente otras características operativas.

La mejor forma de analizar el problema de las colas es relacionar las cinco características operativas y sus respectivas alternativas con sus valores monetarios. Sin embargo, es difícil asignar valor económico a ciertas características, como el tiempo de espera del cliente en un banco. En estos casos, es necesario que el analista compare los costos requeridos para aplicar las alternativas relevantes con una evaluación subjetiva de los costos que implica no realizar los cambios anteriores.

Ahora presentaremos tres modelos y algunos ejemplos de cómo los modelos de colas pueden ayudar a los gerentes de operaciones en su toma de decisiones. Analizaremos problemas que requieren el uso de modelos de servidor único, servidor múltiple y fuente finita, todos los cuales tienen una sola etapa.

Modelo A: de un solo servidor

El modelo de cola más simple es un servidor y una línea de clientes. Para especificar más el modelo, haremos las siguientes suposiciones:

1. La población de clientes es infinita y todos los clientes son pacientes.

2. Los clientes llegan de acuerdo con una distribución de Poisson y con una tasa media de llegadas de λ .
3. La distribución del servicio es exponencial, con una tasa media de servicio de μ .
4. A los clientes que llegan primero se les atiende primero.
5. La longitud de la fila de espera es ilimitada.

A partir de ellas, podemos aplicar varias fórmulas para describir las características de operación del sistema:

$$p = \text{utilización promedio del sistema} = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_{(n)} = \text{probabilidad de que } n \text{ clientes estén en el sistema} = (1 - p)p^n$$

$$L = \text{número promedio de clientes en el sistema de servicio} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L_q = \text{número promedio de clientes en la fila de espera} = pL$$

$$W = \text{tiempo promedio transcurrido en el sistema, incluido el servicio} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$W_q = \text{tiempo promedio de espera en la fila} = pW$$

Ejemplo de cálculo de las características operativas de un sistema con un solo canal y una sola fase. El gerente de un supermercado desea brindar un buen servicio a los ancianos que compran en su tienda. Actualmente, los supermercados tienen cajas registradoras reservadas para los jubilados. Según la distribución de Poisson, estas personas llegan a la caja registradora a una tasa promedio de 30 por hora y son atendidas a una tasa promedio de 35 clientes por hora, con un tiempo de servicio que aumenta exponencialmente. Calcule los siguientes promedios:

- a. Utilización del empleado de la caja de salida.
- b. Número de clientes que entran al sistema.
- c. Número de clientes formados en la fila.
- d. Tiempo transcurrido dentro del sistema.
- e. Tiempo de espera en la fila.

Solución. La caja de salida puede representarse como un sistema con un solo canal y una sola fase. Usamos las ecuaciones correspondientes a las características de operación del modelo con un solo servidor para calcular las características promedio:

- a. La utilización promedio del empleado de la caja de salida es:

$$p = \lambda/\mu = 30/35 = 0.857; \text{ o sea, } 85.7\%$$

- b. El número promedio de clientes que entran al sistema es:

$$L = \lambda / (\mu - \lambda) = 30 / (35 - 30) = 6 \text{ clientes}$$

- c. El número promedio de clientes formados en la fila es:

$$L_q = pL = 0.857 (6) = 5.14 \text{ clientes}$$

- d. El tiempo promedio transcurrido dentro del sistema es:

$$W = 1 / (\mu - \lambda) = 1 / (35 - 30) = 0.20 \text{ hora; o sea, } 12 \text{ minutos}$$

- e. El tiempo promedio transcurrido en la fila es:

$$W_q = pW = 0.857 (0.20) = 0.17 \text{ hora; o sea, } 10.28 \text{ minutos}$$

Un ejemplo de análisis de tarifas de servicio utilizando el modelo de un solo servidor. El gerente del supermercado de arriba quiere respuestas a las siguientes preguntas:

- a). ¿Qué tasa de servicio se requiere para permitir que los clientes pasen solo 8 minutos en el sistema en promedio?
- b) A esta tasa de servicio, ¿cuál es la probabilidad de tener más de cuatro clientes en el sistema?
- c) ¿Qué tasa de servicio se requiere si la probabilidad de tener más de cuatro clientes en el sistema es solo del 10%?

Solución.

- a. Usamos la ecuación correspondiente al tiempo promedio dentro del sistema y resolvemos para μ .

$$W = 1 / (\mu - \lambda)$$

$$8 \text{ minutos} = 0.133 \text{ horas} = 1/(\mu - 30)$$

Despejamos μ

$\mu = 37.52$ clientes / hora.

- b. La probabilidad de que haya más de cuatro clientes en el sistema es igual a 1 menos la probabilidad de que haya cuatro o menos clientes en el sistema.

$$p = 1 - \sum_{n=0}^4 P_{(n)}$$
$$= 1 - \sum_{n=0}^4 (1-p)p^n$$

$$\text{y } p = \frac{30}{37,52} = 0,80 \quad ; \quad \text{entonces,}$$

$$p = 1 - 0,2 (1 + 0,8 + 0,8^2 + 0,8^3 + 0,8^4)$$

$$p = 1 - 0,672 = 0,328$$

Por lo tanto, existe una probabilidad de casi 33% de que más de cuatro clientes estén en el sistema.

- c. Aplicamos la misma lógica que en la parte (b), excepto que μ es ahora una variable de decisión. La forma más fácil de proceder es encontrar primero la utilización promedio correcta y después resolver para la tasa de servicio.

$$p = 1 - (1-p) (1 + p + p^2 + p^3 + p^4)$$
$$= 1 - (1 + p + p^2 + p^3 + p^4) + p (1 + p + p^2 + p^3 + p^4)$$
$$= 1 - 1 - p - p^2 - p^3 - p^4 + p + p^2 + p^3 + p^4 + p^5$$
$$= p^5$$

$$\text{o bien; } p = \mu^{1/5}$$

$$\text{Si } \mu = 0,10 \quad ; \quad \text{entonces,}$$

$$p = (0,10)^{1/5} = 0,63$$

En consecuencia, para una tasa de utilización de 63%, la probabilidad de que más de cuatro clientes se encuentren en el sistema es de 10%. Para $\lambda = 30$, la tasa de servicio media deberá ser de:

$$30/\mu = 0,63$$

$$\mu = 47,62 \text{ clientes/hora}$$

El gerente ahora tiene que encontrar una manera de aumentar la tasa de servicio de 36 llamadas por hora a alrededor de 48 llamadas por hora. Las tasas de servicio se pueden aumentar de varias maneras, desde la contratación de trabajadores para ayudar a empacar los artículos, hasta la instalación de dispositivos electrónicos más modernos y rápidos en las cajas para que se dedique menos tiempo a leer los precios en la información impresa en los códigos.

Modelo B: de múltiples servidores

En el modelo múltiples servidores, los clientes forman una cola y eligen uno de los servidores disponibles. Sólo hay una fase del sistema de servicio. Además de las suposiciones hechas para el modelo de servidor único, comenzaremos con la suposición de que tenemos “s” servidores idénticos, cada uno atendido por una distribución exponencial con un tiempo de servicio promedio igual a $1/\mu$.

Con estos supuestos establecidos, podemos aplicar varias fórmulas para caracterizar el funcionamiento de los sistemas de servicio:

$$P_0 = \text{probabilidad de que cero clientes estén en el sistema} = \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{1}{1-p} \right) \right]^{-1}$$

$$p = \text{utilización promedio del sistema} = \frac{\lambda}{s\mu}$$

$$P_0 = \text{probabilidad de que cero clientes estén en el sistema} = \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{1}{1-p} \right) \right]^{-1}$$

$$P_n = \text{probabilidad de que haya } n \text{ clientes estén en el sistema} = \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0 & ; \quad 0 < n < s \\ \frac{(\lambda/\mu)^n}{s! s^{n-s}} P_0 & ; \quad 0 < n < s \end{cases}$$

$$L_q = \text{número promedio de clientes en la fila de espera} = \frac{P_0 (\lambda/\mu)^s p}{s! (1-p)^2}$$

$$W_q = \text{tiempo promedio de espera en la fila} = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W = \text{tiempo promedio transcurrido en el sistema, incluido el servicio} = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L = \text{tiempo promedio de clientes en el sistema de servicio} = \lambda W$$

Ejemplo de estimación de tiempo libre y costos operativos por hora usando un modelo con múltiples servidores. La gerencia de DHL International en su sede cerca de Mataderos en Buenos Aires está preocupada por la cantidad de tiempo que los camiones de la empresa permanecen inactivos esperando que los descarguen. La terminal cuenta con cuatro andenes de descarga. Cada proyecto requiere una cuadrilla de dos empleados, cada uno a \$30 por hora. El costo estimado de un camión inactivo es de \$50 por hora. Los camiones llegan en promedio tres por hora, siguiendo una distribución de Poisson. En promedio, las cuadrillas pueden descargar un semirremolque en menos de una hora y los tiempos de servicio aumentan exponencialmente. ¿Cuál es el costo total por hora del sistema operativo?

solución. Un modelo con varios servidores es adecuado. Para encontrar el costo total de mano de obra y camiones inactivos, tenemos que calcular el tiempo de espera promedio en el sistema y el número promedio de camiones en el sistema. Sin embargo, primero debemos calcular el número promedio de camiones en la cola y el tiempo promedio de espera en la cola.

La utilización promedio de las cuatro plataformas es:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{3}{1(4)} = 0,75 \quad ; \quad \text{o bien } 75\%$$

Para este nivel de utilización, ahora podemos calcular la probabilidad de que no haya ningún camión en el sistema

$$\begin{aligned} P_0 &= \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1} = \left[\sum_{s=0}^{4-1} \frac{(3/1)^n}{n!} + \frac{(3/1)^4}{4!} \left(\frac{1}{1-0,75} \right) \right]^{-1} \\ &= \frac{1}{1 + 3 + \frac{9}{2} + \frac{27}{6} + \frac{81}{24} + \left(\frac{1}{1-0,75} \right)} = 0,0377 \end{aligned}$$

El número promedio de camiones en la fila es:

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda / \mu)^s p}{s!(1-p)^2} = \frac{0,0377 (3/1)^4 (0,75)}{4!(1-0,75)^2} = 1,53 \text{ camiones}$$

El tiempo promedio de espera en la fila es:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1,53}{3} = 0,51 \text{ hora}$$

El tiempo promedio transcurrido en el sistema es:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} = 0,51 + \frac{1}{1} = 1,51 \text{ hora}$$

Por último, el número promedio de camiones en el sistema es:

$$L = \lambda W = 3 (1,51) = 4,53 \text{ camiones}$$

Ahora podemos calcular los costos por hora correspondientes a mano de obra y camiones ociosos:

$$\text{Costo de mano de obra: } \$30 (s) = \$30 (4) = \$120,00$$

$$\text{Costo de camiones ociosos: } \$50 (L) = \$50 (4,53) = \$226,50$$

$$\text{Costo total por hora} = \$346,50$$

Activar
Ve a Cont

Modelo C: con fuente finita

Ahora considere una situación en la que se aplican todos los supuestos del modelo de servidor único excepto uno. En este caso, la base de clientes es limitada porque solo hay N clientes potenciales. Si N es mayor que 30 clientes, entonces es apropiado un modelo con un solo servidor, asumiendo que el número de clientes es infinito. En todos los demás casos, el modelo de fuente finita es el más conveniente de usar. La fórmula utilizada para calcular las características de funcionamiento del sistema de servicio es:

$$P_0 = \text{probabilidad de que cero clientes estén en el sistema} = \left[\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]^{-1}$$

$$p = \text{utilización promedio del servidor} = 1 - P_0$$

$$L_q = \text{número promedio de clientes en la fila de espera} = N - \frac{(\lambda + \mu)}{\lambda} (1 - P_0)$$

$$L = \text{tiempo promedio de clientes en el sistema} = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

$$W_q = \text{tiempo promedio de espera en la fila} = L_q [(N - L) \lambda]^{-1}$$

$$W = \text{tiempo promedio transcurrido en el sistema, incluido el servicio} = L [(N - L) \lambda]^{-1}$$

Ejemplo. De un análisis de costos de mantenimiento aplicando un modelo de fuentes finitas. Hace unos tres años, Gear Tandil, S.A. instaló una flota de 10 robots que incrementaron

considerablemente la productividad de sus empleados, pero más recientemente la atención se ha centrado en el mantenimiento. La empresa no realiza mantenimiento preventivo a los robots debido a la amplia variación en la distribución de fallas observada. Cada máquina tiene una distribución exponencial (o distribución entre llegadas) de fallas con un tiempo promedio entre fallas de 200 horas. Cada hora de máquina perdida debido al tiempo de inactividad cuesta \$30, lo que significa que la empresa tiene que reaccionar rápidamente cuando una máquina se descompone. La empresa solo emplea a una persona de mantenimiento y se tarda un promedio de 10 horas en reparar un robot. Los tiempos reales de mantenimiento se distribuyen exponencialmente. Al encargado de mantenimiento se le paga \$ 10 por hora, y cuando no hay robots para reparar, puede dedicarse productivamente a otras actividades. Calcule los costos diarios de tiempo de inactividad para humanos y robots.

Solución. El modelo con fuente finita es apropiado para este análisis, porque sólo 10 máquinas constituyen la población de clientes y las demás suposiciones se han cumplido. En esta caso, $\lambda = 1/200$, o sea, 0,005 averías por hora, y $\mu = 1/10 = 0,10$ robots por hora. Para calcular el costo del tiempo ocioso para la mano de obra y los robots, tenemos que estimar la utilización promedio del empleado de mantenimiento y L , es decir, el número promedio de robots incluidos en el sistema de mantenimiento. Sin embargo, para mostrar cómo se utiliza el modelo con fuente finita, computaremos primero todas las estadísticas de operación.

La probabilidad de que el sistema de mantenimiento esté vacío es:

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]^{-1} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{10} \frac{10!}{(10-n)!} \left(\frac{0,005}{0,10} \right)^n} = 0,538$$

La utilización promedio del empleado de mantenimiento es:

$$p = 1 - P_0 = 1 - 0,538 = 0,462 \quad ; \quad \text{o sea, } 46\%$$

El número promedio de robots en espera de ser reparados es:

$$L_q = N - \frac{(\lambda + \mu)}{\lambda} (1 - P_0) = 10 - \frac{0,005 + 0,10}{0,005} (1 - 0,538) = 0,30 \text{ robots}$$

El número promedio de robots que están en la fila y en proceso de reparación es:

$$L = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0) = 10 - \frac{0,10}{0,005} (1 - 0,538) = 0,76 \text{ robots}$$

El tiempo promedio de espera de los robots, para ser atendidos por el encargado del mantenimiento es:

$$W_q = L_q [(N - L) \lambda]^{-1} = 0,30 \frac{1}{(10 - 0,76) (0,005)} = 6,49 \text{ horas}$$

Finalmente, el tiempo promedio que transcurre desde que un robot averiado empieza a requerir el servicio hasta que se lleva a cabo su reparación es:

$$W = L [(N - L) \lambda]^{-1} = 0,76 \frac{1}{(10 - 0,76) (0,005)} = 16,45 \text{ horas}$$

El costo diario por concepto de tiempo ocioso de la mano de obra y los robots es:

$$\text{Costo de mano de obra: } (\$10/\text{hora}) (8 \text{ horas/día}) (0,462 \text{ de utilización}) = \$ 36,96$$

$$\text{Costo de camiones ociosos: } (0,76 \text{ robot}) (\$30/\text{robots hora}) (8 \text{ horas/día}) = \$182,40$$

$$\text{Costo total diario} = \underline{\$219,36}$$

ÁREAS DE DECISIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN

Después de analizar los problemas de colas, la gerencia puede mejorar el sistema de servicio haciendo cambios en uno o más de los siguientes:

1. Tasa de llegada. Las administraciones a menudo tienen el potencial de influir en la llegada de clientes a través de publicidad, promociones especiales o precios diferenciales. Por ejemplo, las compañías telefónicas utilizan precios diferenciales para cambiar los patrones de llamadas residenciales de larga distancia para que, en lugar de llamar durante el día, los clientes prefieran llamar durante la noche.

2. El número de instalaciones de servicio. Los administradores pueden aumentar la capacidad del sistema de un proveedor de servicios aumentando la cantidad de recursos o

instalaciones del servicio, como almacenes de herramientas, cabinas de peaje o cajeros automáticos bancarios, o dedicando algunos recursos a un solo conjunto de servicios en una etapa determinada.

3. Número de fases. Si los gerentes sienten que dos instalaciones de servicio consecutivas son más eficientes que una, pueden optar por asignar tareas de servicio a etapas consecutivas. Por ejemplo, en un problema típico de una línea de montaje, la decisión se refiere al número de etapas requeridas en él. Determinar la cantidad de trabajadores necesarios en una línea de producción también implica asignar a cada trabajador un conjunto específico de elementos de trabajo. Los cambios en el diseño de las instalaciones generalmente aumentan la tasa de servicio de cada recurso y la capacidad del sistema en general.

4. Número de servidores por instalación. Los gerentes influyen en las tarifas de servicio asignando personal múltiple a la misma instalación de servicio.

5. Eficiencia del servidor. Al ajustar la relación entre capital y mano de obra, al idear métodos de trabajo mejorados o al crear programas de incentivos, la gerencia puede aumentar la eficiencia de los servidores asignados a las instalaciones de servicio. Este cambio se refleja en μ .

6. Reglas de precedencia. El gestor establece las reglas de prelación a aplicar, decide si cada instalación de servicio debe tener reglas de prelación diferentes, y si se permiten cambios en el orden previsto por razones de prelación, en este último caso, indicar en qué circunstancias. Estas decisiones afectan los tiempos de espera del cliente y la utilización del servidor.

7. Disposición de filas. Los gerentes pueden influir en los tiempos de espera de los clientes y la utilización del servidor al decidir si hay una cola única o si cada instalación tiene su propia cola para una etapa o período de servicio determinado.

Obviamente, todos estos factores están interrelacionados. Es probable que un ajuste en la tasa de llegada de clientes λ deba ir acompañado de un aumento en la tasa de servicio μ , de una forma u otra. Las decisiones sobre el número de instalaciones, el número de pases y el diseño de las líneas de espera también están interrelacionadas.

En cada uno de los problemas que analizamos con el modelo de colas, la tasa de llegada muestra una distribución de Poisson, es decir, el tiempo exponencial entre llegadas, el tiempo de servicio muestra una distribución exponencial, el diseño de las instalaciones de servicio es simple y la regla de prioridad es el primero en llegar, primero en servir. La teoría de colas se ha utilizado para desarrollar otros modelos que no cumplen estos criterios, pero estos modelos son muy complejos. Muy a menudo, las características de los grupos de clientes, las restricciones de las colas, las reglas de prioridad, la distribución del tiempo de

servicio y el diseño de las instalaciones son tan específicas que la teoría de las colas ya no es útil. En estos casos, a menudo se utilizan simulaciones. (Carro, Paz, s/a).

3.4.2 ÁRBOLES DE DECISIÓN.

Un árbol de decisiones es un gráfico que representa condiciones y acciones en secuencia, mostrando qué condiciones se consideran en primer lugar, qué condiciones se consideran en segundo lugar, y así sucesivamente. Este método le permite mostrar la relación entre cada condición y su conjunto asociado de acciones permitidas. Consulte la Figura 3.4.

Los árboles de decisión se utilizan para modelar funciones discretas cuyo objetivo es determinar los valores combinados de un conjunto de variables y determinar la acción a tomar en función del valor de cada variable. Los árboles de decisión generalmente se construyen a partir de una descripción del problema. Proporcionan una vista gráfica de las decisiones necesarias, especificando las variables evaluadas, las acciones que se deben tomar y el orden en que se deben tomar las decisiones. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión se sigue un solo camino, con base en los valores actuales de las variables evaluadas.

Los árboles de decisión se recomiendan cuando el número de operaciones es pequeño y no todas las combinaciones son factibles.

La necesidad de describir condiciones y acciones lleva al analista a formalizar las decisiones que deben tomarse en el momento. De esta forma, les resulta difícil ignorar cualquier etapa del proceso de toma de decisiones, ya sea que dependa de variables cuantitativas o cualitativas. Los árboles también obligan a los analistas a considerar las consecuencias de las decisiones.

Los árboles de decisión son efectivos cuando existe la necesidad de describir un problema con múltiples dimensiones o condiciones. También son útiles para identificar las necesidades de datos clave en torno al proceso de toma de decisiones, es decir, el árbol indica los conjuntos de datos que la gerencia necesita para tomar una decisión o realizar una acción. Los analistas deben identificar y enumerar todos los datos utilizados en el proceso de toma de decisiones, aunque el árbol de decisiones no muestra todos los datos.

Si el árbol de decisión se construye después de que se completa el análisis del flujo de datos, es posible que los datos clave ya estén definidos. Usando solo árboles de decisión, el analista debe asegurarse de que cada pieza de información necesaria para tomar una decisión se identifique con precisión. “Los árboles de decisión no siempre son la mejor herramienta para el análisis de decisiones. El árbol de decisiones de un sistema complejo con muchas secuencias de pasos y combinaciones de condiciones puede tener un tamaño considerable. El gran número de ramas que pertenecen a varias trayectorias constituye más un problema que una ayuda para el análisis. En estos casos los analistas corren el riesgo de

no determinar qué políticas o estrategias de la empresa son la guía para la toma de decisiones específicas. Cuando aparecen estos problemas, entonces es momento de considerar las tablas de decisión.” (Uriel, s/a,).

Componentes y estructura de un árbol de decisiones.

Los árboles de decisión poseen:

Ramas: se representan con líneas

Nodos de decisión: de ellos salen las ramas de decisión y se representan con cuadrados

Nodos de incertidumbre: de ellos salen las ramas de los eventos y se representan con círculos. Ver la figura 3.4

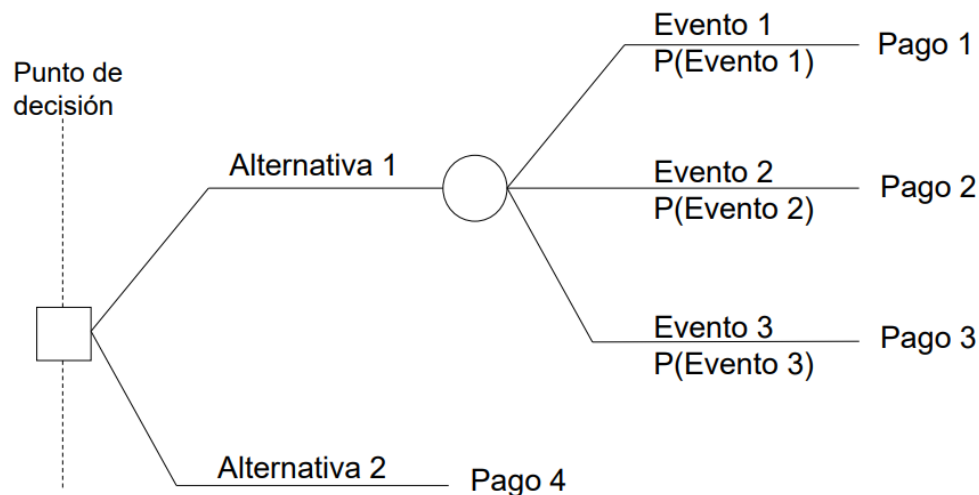


Figura 3.4. Ejemplo de un árbol de decisiones.

Ejemplo:

Suponga que usted puede compra en \$1,000 un número (de 00 a 99) de una rifa, la cual paga un premio de \$50.000.

Hay dos eventos posibles: Juega la rifa o no juega.

Dos posibles resultados: Usted gana la rifa con una probabilidad de 0.01, o Pierde la rifa con una probabilidad de 0.99.

Elaborar el árbol de decisiones correspondiente.

Solución:

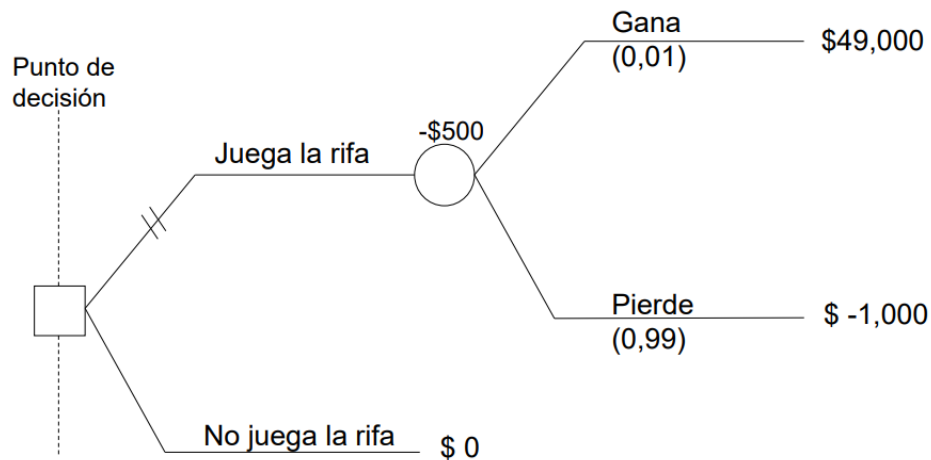


Figura 3.5. Ejemplo de un árbol de decisiones para juego de rifa.

En el nodo de evento se calculó el valor esperado de jugar la rifa.

Luego se selecciona, en este caso el valor más alto (por ser ganancias).

La decisión desechada se marca con //

En este caso la decisión es no jugar la rifa.

La estructura del árbol nos permite:

Organizar las opciones

Investigar posibles resultados

Visualizar el riesgo y los beneficios.

Resultados:

$$Valor\ esperado = V.E. = \sum_{i=1}^n r_i p_i$$

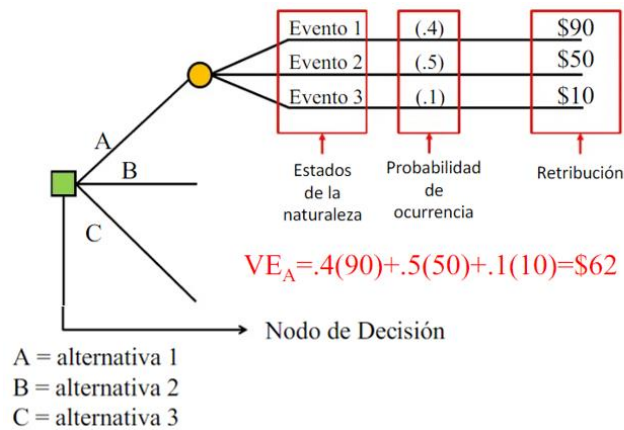


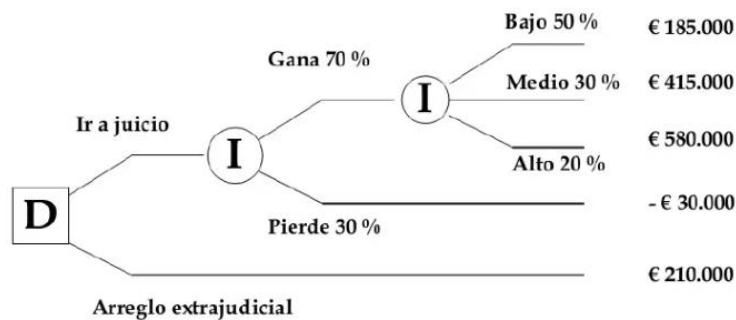
Figura 3.6. Ejemplo de un árbol de decisiones con Valor Esperado.

Ejemplo:

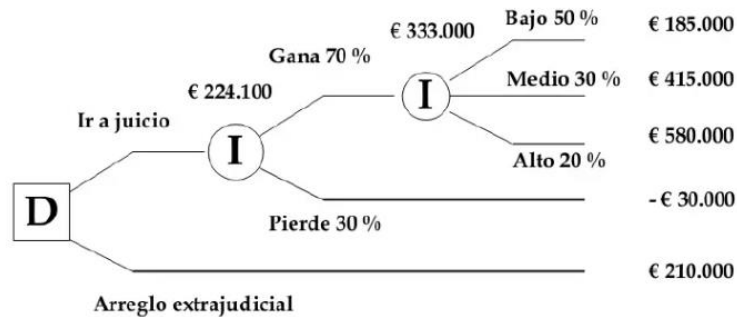
Una compañía de seguros nos ofreció € 210.000 en concepto de indemnización por accidente. Si no aceptamos la oferta y decidimos ir a juicio, podemos recibir € 185.000,00, € 415.000,00 o € 580.000,00 según los argumentos que el juez considere aceptables. Si perdemos el caso, tenemos que pagar una tarifa de € 30.000.00. Se sabe que el 70% de los juicios se ganan, el 50% recibe daños mínimos, el 30% recibe daños medios y el 20% recibe daños máximos. determinar la mejor decisión. (Árbol de Decisiones, s/a).

Solución:

El árbol de decisiones quedaría de la siguiente manera:



Asignándole los datos se tiene:



El valor esperado de ganar el juicio es: V. E. = $(0.5)(185) + (0.3)(415) + (0.2)(580) = 333$

El valor esperado de ir a juicio es: V. E. = $(0.7)(333) + (0.3)(-30) = 224.1$

La decisión más adecuada es IR A JUICIO.

3.4.3 SIMULACIÓN.

La simulación es útil cuando el modelo de cola se vuelve demasiado complejo. Hay otras razones para usar simulaciones para analizar procesos. En primer lugar, cuando la relación entre las variables no es lineal o cuando los métodos de optimización deben tratar demasiadas variables o restricciones, se utilizan modelos de simulación para estimar las características operativas de las funciones o los valores objetivo y analizar el problema.

En segundo lugar, los modelos de simulación se pueden utilizar para realizar experimentos sin interferir con el funcionamiento real del sistema. Experimentar con sistemas reales suele ser muy costoso. Por ejemplo, los modelos de simulación se pueden usar para evaluar los beneficios de comprar e instalar un nuevo sistema de fabricación flexible sin tener que instalar el sistema primero. Además, el mismo modelo se puede utilizar para evaluar diferentes configuraciones o reglas de decisión de procesos sin interrumpir la planificación de la producción.

En tercer lugar, los modelos de simulación se pueden utilizar para obtener estimaciones de las características operativas en comparación con el tiempo necesario para recopilar estos mismos datos operativos de los sistemas reales. Esta característica de la simulación se llama compresión de tiempo. Por ejemplo, con la ayuda de computadoras, los modelos de simulación de operaciones aeroportuarias pueden generar estadísticas durante todo el año sobre llegadas de aeronaves, retrasos en aterrizajes y retrasos en terminales en cuestión de minutos. De esta forma, se pueden analizar otros diseños de aeropuertos y se pueden tomar decisiones rápidamente.

Finalmente, las simulaciones ayudan a perfeccionar las habilidades de toma de decisiones gerenciales por medio de juegos. Se puede desarrollar un modelo descriptivo que vincule las decisiones de gestión con importantes características operativas (por ejemplo, utilidades, participación de mercado, etc.). Partiendo de un conjunto de condiciones iniciales, los participantes toman periódicamente decisiones encaminadas a mejorar una o más características operativas. En este tipo de prácticas, unas pocas horas de "juego" son suficientes para simular un año completo. El juego también permite a los gerentes probar nuevas ideas sin interrumpir las operaciones normales.

El proceso de simulación incluye la recopilación de datos, la asignación de números aleatorios, la formulación y el análisis de modelos. Debido a los números aleatorios que se utilizan para generar los eventos simulados, este proceso se conoce como simulación Monte Carlo, en honor a la capital europea del juego.

RECOLECCIÓN DE DATOS. Las simulaciones requieren la recopilación de grandes cantidades de datos sobre costos, productividad, capacidades y distribuciones de probabilidad. Por lo general, se utiliza uno de los dos métodos de recopilación de datos. Los procedimientos de muestreo estadístico se utilizan cuando los datos no están fácilmente disponibles en fuentes públicas o cuando el costo de buscar y recopilar datos es alto. Utilice la búsqueda histórica cuando los datos necesarios estén disponibles en registros corporativos, informes gubernamentales y de la industria, revistas profesionales y científicas o periódicos.

ASIGNACIÓN DE NÚMEROS ALEATORIOS. Antes de analizar este problema a través de la simulación, debemos especificar cómo se generará la demanda y la capacidad cada semana. Supongamos que queremos simular 100 ciclos de operaciones de torneado con 10 máquinas. Podríamos esperar que el 5% del tiempo (5 semanas de 100) haya suficiente demanda para 200 horas. Además, esperamos que el 30 % del tiempo (30 semanas de 100) las 10 máquinas tengan 320 horas de capacidad existente. Sin embargo, en nuestra simulación no fue posible utilizar estos promedios de demanda porque el sistema no funciona así en la vida real. La demanda puede ser de 200 horas una semana y aumentar a 550 horas la semana siguiente.

Para lograr el efecto deseado, utilice una tabla de números aleatorios o un generador de números aleatorios, como una calculadora, para determinar la demanda y la capacidad semanales. Un número aleatorio se conoce como un número que tiene la misma probabilidad de ser elegido que cualquier otro número.

Si a los eventos en una simulación se le asignan números aleatorios proporcionales a su respectiva probabilidad de ocurrencia, su generación es completamente imparcial. Estimamos que el requisito de tiempo del 5% es de 200 horas. Si tenemos 100 números aleatorios (00-99), podemos asignar 5 números (es decir, el 5% de ellos) al evento "demanda 200 horas". Por lo tanto, podemos asignar los números 00-04 a este evento. Si elegimos al azar un número en el rango 00-99 suficientes veces, el 5% de las veces el número

elegido estará en el rango 00-04. Asimismo, podemos asignar los números 05-10, o 6%, al evento "Demanda 250 horas". En la Tabla 3.2, vemos la distribución de 100 números aleatorios entre eventos de demanda en proporción a su respectiva probabilidad de ocurrencia. Asimismo, asignamos números aleatorios a los eventos de capacidad correspondientes a 10 máquinas. Los eventos de capacidad simulada con 11 máquinas tendrán la misma asignación de números aleatorios, pero con eventos de 360, 400 y 440 horas.

Acontecimiento					
Demanda semanal (h)	Probabilidad	Número aleatorio	Capacidad semanal existente (h)	Probabilidad	Números aleatorios
200	0.05	00-04	320	0.30	00-29
250	0.06	05-10	360	0.40	30-69
300	0.17	11-27	400	0.30	70-99
350	0.05	28-32			
400	0.30	33-62			
450	0.15	63-77			
500	0.06	78-83			
550	0.14	84-97			
600	0.02	98-99			

Tabla 3.2. Asignaciones de números aleatorios a acontecimientos de simulación.

FORMULACIÓN DEL MODELO. Para formular un modelo de simulación, es necesario especificar la relación entre las variables. Un modelo de simulación consta de variables de decisión, variables incontrolables y variables dependientes. El tomador de decisiones controla las variables de decisión, que normalmente varían de un ejercicio a otro a medida que se simulan diferentes eventos. Por ejemplo, el número de tornos es una variable de decisión en el problema planteado en el ejemplo. Las variables incontrolables, sin embargo, son eventos contingentes que están más allá del control del tomador de decisiones. En el ejemplo, la demanda de producción semanal y las horas de máquina reales disponibles son variables incontrolables en el análisis hipotético. La variable dependiente refleja los valores de las variables de decisión e incontrolables. En este ejemplo, las características operativas como el tiempo de inactividad, las horas extra y las horas subcontractadas son variables dependientes.

La relación entre variables se expresa en términos matemáticos, por lo que la variable dependiente se puede calcular para cualquier valor de la variable de decisión y la variable no controlable. Por ejemplo, en un modelo de simulación, primero debe especificar el método para determinar la demanda de producción semanal y la disponibilidad de

capacidad real. Más adelante se especificará el método de cálculo de las horas de trabajo ociosas, las horas extras y las horas de trabajo subcontratadas por demanda de producción y horas de trabajo por capacidad. (Krajewski, 2000).

ANÁLISIS. La Tabla 3.3., contiene simulaciones correspondientes a las dos alternativas de capacidad que ofrecen las empresas productoras de aceros especiales. Se usa una secuencia única de números aleatorios para representar la demanda de producción semanal para cada alternativa de capacidad, y se usa otra secuencia para representar la capacidad semanal existente para establecer una comparación directa entre las dos alternativas de capacidad.

Tomando como base las simulaciones de 20 semanas, es lógico esperar que el promedio de tiempo extra semanal (41.5 y 29.50) se reduzca en $41.5 - 29.5 = 12$ horas y que las horas subcontratadas (18.0 y 10.0) se reduzcan en $18 - 10 = 8$ horas por semana. En ese caso, los ahorros semanales promedio serían de:

Tiempo extra: (12 horas) (\$25/horas) = \$300

Subcontratación: (8 horas) (\$35/horas) = 280

Ahorro total por semana = \$580

Esta cantidad es menor que el requisito de ahorro mínimo de \$650 por semana. ¿Significa esto que no se deben agregar máquinas ni trabajadores? Antes de responder, examinaremos la Tabla 3.4, que muestra los resultados de la simulación durante 1000 semanas para cada alternativa. Los costos (1.851,50 y 1.159,50) son muy diferentes a los que aparecían en la simulación de 20 semanas. Los ahorros calculados ahora son $\$1,851.50 - \$1,159.50 = \$692$, que es más que el ahorro mínimo requerido para la inversión adicional. Este resultado subraya la importancia de elegir una duración adecuada para cada análisis de simulación. Se pueden utilizar pruebas estadísticas para comprobar que la duración es adecuada.

El análisis hipotético se puede considerar como un método para probar hipótesis en el que los resultados de un conjunto de simulaciones proporcionan datos de muestra que se pueden analizar estadísticamente. Registre los datos y compárelos con los resultados de otros juegos de simulación. También se pueden realizar pruebas estadísticas para determinar si las diferencias observadas en las características operativas sustitutas son estadísticamente significativas.

Incluso si la diferencia entre los experimentos simulados es estadísticamente significativa, es posible que no sea administrativamente significativa. Por ejemplo, suponga que ha construido un modelo para simular el funcionamiento de un lavado de autos. Al cambiar la velocidad del lavado de autos de 3 minutos a 2.75 minutos por auto, es posible que pueda reducir el tiempo de espera promedio por cliente en 0.20 minutos. Si bien existe una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de espera promedio, la diferencia es

tan pequeña que es posible que los clientes ni siquiera la noten. A menudo se requiere juicio para decidir qué es administrativamente significativo.

DESARROLLO DE MODELOS DE SIMULACIÓN.

Desarrolle un modelo de simulación de productos de acero especiales para estimar el tiempo de inactividad, las horas extra y el tiempo de subcontratación para un número específico de tornos. Diseñe el modelo de simulación para terminar después de 20 semanas de operación en el departamento de torneado simulado.

SOLUCIÓN

Para simular un nivel de capacidad en particular, se procederá de la siguiente forma:

Paso 1: Extraiga un número aleatorio de las dos primeras filas de la tabla o de calculadora. Comience con el primer número de la primera fila, continúe con el segundo número de la primera fila, y así sucesivamente.

Paso 2: Encuentre el intervalo de números aleatorios correspondiente a los requisitos de producción asociados al número aleatorio.

Paso 3: Tome nota de las horas de producción (PROD) que se requerirán para la semana en curso.

Paso 4: Tome otro número aleatorio de la fila tres o cuatro de la tabla. Empiece con el primer número de la fila tres, continúe con el segundo número de la fila tres, y así sucesivamente.

Paso 5: Encuentre el intervalo de números aleatorios correspondiente a la (CAP) asociada al número aleatorio.

Paso 6: Tome nota de las horas de capacidad disponibles para la semana en curso.

Paso 7: Si $CAP \geq PROD$, entonces $H\ OCHO = CAP - PROD$.

Paso 8: Si $CAP < PROD$, entonces $FALTANTE = PROD - CAP$.

Si $FALTANTE \leq 100$, entonces $T\ EXTRA = FALTANTE$ y $H\ SUBCONTRAT = 0$.

Si $FALTANTE > 100$, entonces $T\ EXTRA = 100$ y $H\ SUBCONTRAT = FALTANTE - 100$.

Paso 9: Repita los pasos 1 a 8 hasta que haya simulado 20 semanas en total.

10 Máquinas							11 Máquinas				
Sema- na	Número aleatorio de la demanda	Producción semanal (h)	Número aleatorio de la capacidad	Capacidad semanal existente (h)	Horas de ocio	Tiempo extra	Horas subcontra- tadas	Capacidad semanal existente (h)	Horas de ocio	Tiempo extra	Horas subcontra- tadas
1	71	450	50	360		90		400		50	
2	68	450	54	360		90		400		50	
3	48	400	11	320		80		360		40	
4	99	600	36	360		100	140	400		100	100
5	64	450	82	400		50		440		10	
6	13	300	87	400	100			440	140		
7	36	400	41	360		40		400			
8	58	400	71	400				440	40		
9	13	300	00	320	20			360	60		
10	93	550	60	360		100	90	400		100	50
11	21	300	47	360	60			400	100		
12	30	350	76	400	50			440	90		
13	23	300	09	320	20			360	60		
14	89	550	54	360		100	90	400		100	50
15	58	400	87	400				440	40		
16	46	400	82	400				440	40		
17	00	200	17	320	120			360	160		
18	82	500	52	360		100	40	400		100	
19	02	200	17	320	120			360	160		
20	37	400	19	320		80		360		40	
Total					490	830	360		890	590	200
Promedio semanal					24.5	41.5	18.0		44.5	29.5	10.0

Tabla 3.3. Simulaciones de alternativas durante 20 semanas.

	10 Máquinas	11 Máquinas
Horas de ocio	26.0	42.2
Tiempo extra	48.3	34.2
Horas subcontratadas	18.4	8.7
Costo	\$1,851.50	\$1,159.50

Tabla 3.4. Comparación de simulaciones de 1000 semanas

SIMULACIÓN POR COMPUTADORA.

La simulación manual del proceso de torneado en el ejemplo anterior demuestra los conceptos básicos de la simulación. Sin embargo, cubre solo un paso del proceso, dos variables incontrolables (requisitos de producción semanales y horas de máquina disponibles reales) y 20 ciclos. Es importante simular un proceso durante el tiempo suficiente para alcanzar un estado estacionario de modo que el resultado promedio de la medida de rendimiento permanezca constante si la simulación se repite el tiempo suficiente. Las simulaciones manuales pueden consumir mucho tiempo, especialmente cuando contienen muchos subprocesos, muchos servicios o productos con patrones de proceso únicos, muchas variables incontrolables, lógica compleja para liberar nuevos puestos y asignar trabajo, etc.

Simular estas situaciones del mundo real manualmente puede llevar mucho tiempo y requiere el uso de una computadora. Los modelos de simulación simples (es decir, con una o dos variables no controladas) se pueden crear en Excel. La capacidad del programa para generar números aleatorios, combinada con fórmulas agregadas en otra parte de la hoja de cálculo para especificar la relación entre la demanda, el servicio al cliente, el inventario y la producción, permite un enfoque de simulación de Monte Carlo. El software comercial para crear modelos de simulación proporciona potencia informática adicional.

A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.

Para esta unidad, los alumnos formarán equipos de trabajo para elaborar presentaciones en POWER POINT de los temas que se les asignen.

B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.

Siguiendo con la participación de los alumnos, en sus presentaciones, presentarán y desarrollarán la solución del problema seleccionado.

C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.

Como resultado de los pasos anteriores, los alumnos elaborarán los cuestionarios de evaluación de los temas asignado los cuales se aplicarán al grupo en general.

4.- ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.

4.1 DEFINICIÓN Y TIPOS DE INVENTARIOS.

El inventario es un grupo de bienes o artículos que una empresa debe comercializar, lo que permite la compra y venta o la fabricación antes de la venta en un período económico determinado. Deben aparecer en el grupo de activos circulantes. Es uno de los mayores activos existentes de la compañía. El inventario aparece tanto en el balance general como en el estado de resultados. El inventario suele ser el activo corriente más grande en un balance general. En el estado de resultados, el inventario final se resta del costo de los bienes disponibles para la venta para determinar el costo de los bienes vendidos durante un período determinado.

TIPOS DE INVENTARIOS:

En términos generales, los inventarios son importantes para los fabricantes, pero los inventarios varían mucho entre los grupos industriales. La composición de esta parte de los activos es variada, por lo que se divide en los siguientes tipos según el uso:

- Inventario de materia prima
- Inventario de producción en proceso
- Inventario de artículos terminados
- Inventario de materiales y suministros.

Inventario de materia prima. Incluye los elementos básicos o principales en el proceso de producción de los artículos. En todas las actividades industriales se producen diversos artículos (materias primas) y materiales los cuales pasarán por un determinado proceso dando lugar a un producto acabado o terminado. Los materiales que tienen un alto impacto en la producción se consideran "materias primas" porque se utilizan en cantidades suficientes en el producto terminado. Las materias primas son artículos que pasan por el proceso de fabricación y eventualmente se convierten en productos terminados.

Inventario de producción en proceso: El inventario de producción en proceso consta de todos los artículos o elementos utilizados en el proceso de producción actual. Es decir, son productos semielaborados con un nivel de producción moderado y aplican la mano de obra directa y los gastos generales inherentes al proceso productivo en un momento dado. Una de las características del inventario de producción en proceso es que las materias primas aumentan de valor a medida que se transforman en productos terminados durante el proceso de producción.

Inventario de artículos terminados: Incluye los artículos transferidos por el departamento de producción al almacén de productos terminados para su almacenamiento, han alcanzado el grado de finalización completa y todavía están en el almacén cuando se toma

el inventario real, es decir, los bienes que no han sido vendidos. . Los niveles de inventario de productos terminados dependerán directamente de los volúmenes de ventas, es decir, sus niveles están determinados por la demanda.

Inventario de Materiales y Suministros:

Los inventarios de materiales y suministros incluyen:

- Materias primas secundarias, cuya especificación varía según el tipo de industria, por ejemplo, para la industria cervecera es: sal para tratamiento de agua.
- Consumibles para operaciones industriales, siendo los más importantes los consumibles operativos, compuestos por combustibles y lubricantes, que son de gran relevancia en la industria.
- Los elementos y materiales utilizados para la reparación y el mantenimiento de la maquinaria y el equipo en funcionamiento deben controlarse adecuadamente debido a la gran cantidad de elementos de reparación y su presencia varía según sea necesario.

STOCK DE SEGURIDAD: este tipo de stock se utiliza para protegerse contra las interrupciones del suministro durante los períodos de reposición debido a retrasos en la entrega o aumentos imprevistos de la demanda. Su importancia está relacionada con los cambios en los niveles de servicio, las fluctuaciones de la demanda y los retrasos en las entregas.

4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS INVENTARIOS.

Ventajas de llevar un inventario:

- 1).- Manejo fluido y eficiente de las operaciones
- 2).- Economías de producción con tamaño de lotes adecuados.
- 3).- Estabilización de las cargas de trabajo

Desventajas de llevar un inventario:

La principal desventaja es que el mantenimiento del inventario cuesta dinero, como el alquiler de la tienda, la depreciación y el deterioro, los intereses sobre el capital invertido, el manejo físico y la contabilidad. Desde una perspectiva contable, el inventario es un activo y, como tal, puede generar ganancias como cualquier otro activo. El exceso de inventario puede generar gastos innecesarios y congelar los fondos de la empresa, pero por otro lado, un inventario insuficiente puede causar que la producción se detenga por falta de materias primas, repuestos o componentes; o que las ventas por falta de productos terminados entregados a los clientes se reduzcan.

4.3 ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIO.

Es la eficiencia del buen manejo de los registros, la rotación y valoración de las acciones según se clasifiquen y el tipo de acciones que tenga la empresa, pues a través de todo ello determinaremos un resultado (ganancia o pérdida). De manera razonable, es posible conocer la condición financiera de la empresa y las medidas necesarias para mejorar o mantener dicha condición.

Para entender lo que significa la administración de inventarios, se deben considerar dos factores importantes:

1. Minimice la inversión en inventarios.

El inventario mínimo es cero, la empresa puede no tener ningún producto y construir a pedido, lo que es imposible para la gran mayoría de las empresas, porque debe satisfacer las necesidades de los clientes de inmediato, de lo contrario, el pedido irá a los competidores, ellos pueden hacerlo. El inventario debe estar disponible para garantizar el programa de producción. La empresa trata de minimizar el inventario porque los costos de mantenimiento son altos.

2. Hacer frente a la demanda.

Si el propósito de la administración de inventarios es simplemente minimizar las ventas al satisfacer la demanda de inmediato, entonces las empresas tendrán un exceso de existencias de productos sin tener en cuenta los costos asociados con cosas como la alta satisfacción o la pérdida de clientes. Sin embargo, el costo del inventario estático es extremadamente alto, lo que puede paralizar el capital rentable. La empresa debe determinar el nivel de inventario apropiado con base en la elección entre el beneficio esperado de no tener escasez y el costo de inventario requerido.

4.3.1 TIPOS DE COSTOS.

Costo del pedido.

Los costos de pedido son los costos incurridos por las actividades realizadas en la solicitud de reabastecimiento, por ejemplo, pueden incluir costos de papel, costos de teléfono, costos de preparación, etc.

Costos de almacenamiento de inventario.

Los costos de almacenamiento se refieren a todos los procesos y actividades que se realizan para mantener el orden, buen estado y existencia de stock en la fábrica, incluyendo costos fijos de producto, costos de limpieza, costos de espacio.

Costo total del inventario.

El costo total de inventario es la suma de los dos primeros costos: costo anual de almacenamiento y costo anual de pedido, según la siguiente fórmula:

Costo Total Anual = Costo de preparación (ordenar) + Costo de Mantener

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

Q = Número de unidades por orden

D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario

S = Costo de ordenar o de preparación para cada orden

H = Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año.

4.3.2 CLASIFICACIÓN ABC.

Cada empresa utiliza productos diferentes, y cada producto tiene sus propias características, por lo tanto, cada producto requiere un tratamiento especial, dependiendo de su importancia en el proceso de la empresa y la posibilidad de adquisición. Pensar que todos los productos deben ser controlados de la misma manera es una visión realista limitada que significa desgaste y sobrecostos innecesarios. La clasificación ABC es un método para categorizar productos de acuerdo con criterios preestablecidos, y la mayoría de los textos que tratan el tema utilizan el valor de las existencias como criterio y dan porcentajes relativamente arbitrarios para esta categorización. Por ejemplo, el 10% de los productos representan el 60% de las compras de la empresa, entonces esta es la zona A, el 40% de los productos representan el 30%, que serían productos ubicados en la zona B, y el resto, 50% de los productos, es un producto C. Los valores anteriores son arbitrarios, cada empresa es única, y si alguien decide utilizar este estándar, debe comprender la situación real de su empresa. Sin duda, la principal dificultad de este tipo de análisis es que no solo debemos considerar el costo, sino, lo que es más importante, ver otros criterios. Pero es innegable que existe una pequeña cantidad de productos, que bajo cualquier estándar son esenciales para el funcionamiento de la empresa y para mejorar la rentabilidad, estos productos serán clasificados como productos típicos de Clase A, y de acuerdo a estas opiniones, seleccionarlos. En otros casos, considerar la posibilidad de agregar una región D, si se considera apropiado, para productos realmente insignificantes y de muy bajo costo.

Otra forma de obtener la clasificación ABC es la siguiente: De acuerdo al Principio de Pareto, por lo general, alrededor del 20 % del total de artículos representa el 80 % del valor del inventario, mientras que el 80 % restante de los artículos del inventario constituye el 20 % del valor total del inventario.

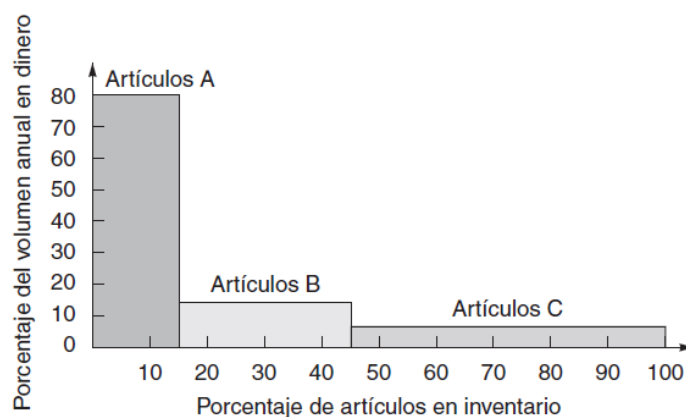


Figura 4.1. Gráfico típico de un análisis ABC.

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

ARTICULOS A: Los más importantes a los efectos del control.

ARTICULOS B: Aquellos artículos de importancia secundaria.

ARTICULOS C: Los de importancia reducida.

Ejemplo:

Silicon Chips, Inc., fabricante de los rapidísimos chips DRAM, desea clasificar los 10 artículos principales del inventario mediante el análisis ABC.

El análisis ABC organiza los artículos según su volumen monetario anual. La tabla 4.1., describe los 10 artículos (identificados por número de inventario), su demanda anual y costo unitario.

Solución: Calcule el volumen anual en dólares en la columna 5 y el porcentaje del total en la columna 6. La columna 7 divide los 10 elementos en las categorías A, B y C.

1	2	3		4		5	6		7
Número de artículos en inventario	Porcentaje del número de artículos almacenados	Volumen anual (unidades)	×	Costo unitario	=	Volumen anual en dinero	Porcentaje del volumen anual en dinero		Clase
#10286	} 20%	1,000		\$90.00		\$90,000	38.80%	} 72%	A
#11526		500		154.00		77,000	33.20%		A
#12760	} 30%	1,550		17.00		26,350	11.30%	} 23%	B
#10867		350		42.86		15,001	6.40%		B
#10500		1,000		12.50		12,500	5.40%		B
#12572	} 50%	600		14.17		8,502	3.70%	} 5%	C
#14075		2,000		0.60		1,200	0.50%		C
#01036		100		8.50		850	0.40%		C
#01036		100		8.50		850	0.40%		C
#01307		1,200		0.42		504	0.20%		C
#10572		250		0.60		150	0.10%		C
		8,550				\$232,057	100%		

Tabla 4.1. Cálculo ABC del ejemplo.

El desglose en las categorías A, B y C no es una regla rígida. El objetivo es sólo tratar de separar lo “importante” de lo “no importante”.

4.4 MODELOS DE INVENTARIO DETERMINÍSTICOS.

La esencia del problema del inventario es colocar y recibir repetidamente una cierta cantidad de pedidos en ciertos intervalos de tiempo. Las políticas de inventario responden a las siguientes preguntas.

¿Cuánto se debe ordenar?

Esto determina el **LOTE ECONÓMICO (EOQ)** al minimizar el siguiente modelo de costo:

(Costo total del inventario) = (Costo de compra) + (costo de preparación) + (Costo de almacenamiento) + (costo de faltante).

Todos estos costos deben expresarse en términos del tamaño de lote económico requerido y el tiempo entre pedidos. El costo de compra se basa en el precio unitario del artículo. Puede ser constante u ofrecer un descuento en función del volumen del pedido. Los costos de preparación son tarifas fijas en las que se incurre cuando se realiza un pedido. Este costo es independiente del volumen del pedido. Los costos de almacenamiento representan el costo de mantener existencias suficientes en el inventario. Incluye intereses de capital, así

como costos de mantenimiento y eliminación. Los costos de faltante son penalizaciones en las que incurrimos cuando nos quedamos sin existencias. Incluye la posible pérdida de ingresos, así como el costo más subjetivo de la pérdida de la buena voluntad de los clientes.

¿Cuándo se deben colocar los pedidos?

Depende del tipo de sistema de inventario que tenemos. Si el sistema requiere una revisión periódica (por ejemplo, semanal o mensual), el momento para hacer un nuevo pedido coincide con el inicio de cada periodo. De manera alternativa, si el sistema se basa en una revisión continua, los nuevos pedidos se colocan cuando el nivel del inventario desciende a un nivel previamente especificado, llamado el punto de reordenar.

4.4.1 MODELOS DE CANTIDAD OPTIMA DEL PEDIDO.

EOQ (cantidad económica de pedido) es una de las técnicas más antiguas y conocidas para el control de inventario. La técnica es relativamente fácil de usar y se basa en varios supuestos:

1. La demanda es conocida, constantes e independientes.
2. El tiempo de entrega, el tiempo que transcurre entre realizar un pedido y recibirlo, es conocido y constante.
3. La recepción del inventario es inmediata y completa. En otras palabras, el inventario de un pedido llega en un lote al mismo tiempo.
4. Los descuentos por cantidad no están disponibles.
5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o realizar un pedido (costos de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventario a lo largo del tiempo (costos de llevar o mantener).
6. Si el pedido se realiza en el momento adecuado, los faltantes (inexistente) se puede evitar por completo.

Bajo estos supuestos, el gráfico de uso de existencias a lo largo del tiempo tiene forma de diente de sierra, como se muestra en la Figura 4.2.

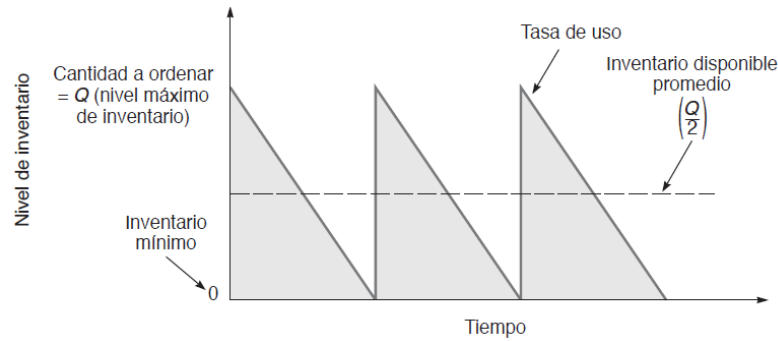


Figura 4.2. Inventario a través del tiempo.

El objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es minimizar el costo total. De acuerdo con los supuestos que se acaban de dar, los costos importantes son el costo de preparación y el costo de mantener. Todos los demás costos, como el costo del inventario mismo, son constantes. De esta forma, si minimizamos la suma de los costos de preparación y mantenimiento, también minimizamos el costo total.

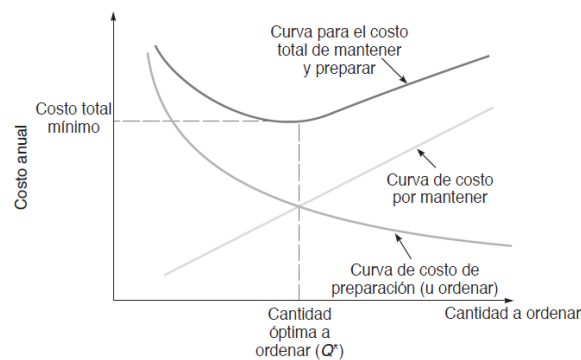


Figura 4.3. Costos que impactan en Q^*

Como se muestra en la Figura 4.3, una reducción en los costos de instalación o mantenimiento reducirá la curva de costo total. Una reducción en la curva de costo de instalación también reduce la cantidad óptima de pedido (tamaño del lote). Además, los tamaños de lote más pequeños tienen un impacto positivo en la calidad y la flexibilidad de producción. (Heizer, 2009).

Como se puede ver en la figura 4.3, la cantidad óptima de pedido se produce en el punto donde la curva de costo de pedido se cruza con la curva de costo de mantenimiento. Esto no sucedió por accidente. Usando el modelo EOQ (modelo de cantidad económica de pedido), la cantidad de pedido óptima Q^* ocurrirá en el punto donde el costo total de preparación sea igual al costo total de mantenimiento. Aprovecharemos este hecho para crear ecuaciones que den directamente el valor de Q^* . Los pasos necesarios son:

1. Desarrolle expresiones para los costos de preparación o pedido.
2. Cree una expresión para el costo de transporte.

3. Establezca el costo de instalación igual al costo de mantenimiento.

4. Resuelva la ecuación para obtener la cantidad de pedido óptima.

Usando las siguientes variables, podemos determinar los costos de ordenar y mantener y despejar Q^* :

Q = Número de unidades por orden

Q^* = Número óptimo de unidades a ordenar (EOQ)

D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario

S = Costo de ordenar o de preparación para cada orden

H = Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año.

1. Costo anual de preparación = (Número de órdenes colocadas por año) x (Costo de preparación u ordenar por orden)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} \right) (\text{Costo por preparar u ordenar una orden}) \\ &= \left(\frac{D}{Q} \right) (S) \end{aligned}$$

2.- Costo anual de mantener = (Nivel de inventario promedio) x (Costo de mantener por unidad por año)

$$= \left(\frac{Q}{2} \right) (H)$$

3.- La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo anual de preparación es igual al costo

$$\left(\frac{D}{Q} \right) (S) = \left(\frac{Q}{2} \right) (H)$$

4.- Se despeja Q de la ecuación anterior. Se obtiene Q^* (Cantidad óptima a ordenar).

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

Ejemplo. A Sharp, Inc., una compañía que comercializa agujas hipodérmicas indoloras para los hospitales, le gustaría reducir su costo de inventario al determinar el número óptimo de agujas hipodérmicas que debe solicitar en cada orden. Su demanda anual es de 1,000

unidades; el costo de preparar u ordenar es de \$10 por orden, y el costo anual de mantener por unidad es de \$.50.

Solución:

Se está buscando Q^*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{(2)(1,000)(10)}{0.5}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ unidades.}$$

Por lo tanto: se recomienda pedir $Q^* = 200$ Unidades.

También se puede determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N), el tiempo esperado entre órdenes (T) y el Costo Total anual (TC).

Sus fórmulas son:

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*}$$

$$\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{N}$$

$$\text{Costo Total Anual} = \text{Costo de preparación (ordenar)} + \text{Costo de Mantener}$$

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

Ejemplo. Sharp, Inc. (presentada en el ejemplo anterior), tiene un año de 250 días hábiles y desea encontrar el número de órdenes (N), el tiempo esperado entre órdenes (T) para este periodo y Costo Total Anual.

Solución:

$$N = \frac{D}{Q^*} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ órdenes por año}$$

$$T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{N} = \frac{250}{5} = 50 \text{ días entre órdenes.}$$

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H = \frac{1000}{200} (10) + \frac{200}{2} (50) = \$ 100.00 \text{ por año.}$$

Ahora la compañía no sólo sabe cuántas agujas pedir por orden $Q^* = 200$, sino también que el tiempo entre órdenes es de 50 días, que hay cinco órdenes por año y que el costo total anual es de \$100.00.

Con la observación de que en el modelo EOQ, los costos de mantener siempre son iguales a los costos de preparación (ordenar).

4.4.2 MODELO CON DESCUENTOS.

Para aumentar las ventas, muchas empresas ofrecen descuentos por volumen a los clientes. Los descuentos por cantidad son simplemente reducciones de precio (P) para compras al por mayor. Los programas de descuento con varios descuentos no son infrecuentes para pedidos grandes.

Un programa típico de descuento por cantidad es el siguiente: El precio regular del artículo es \$5.00. El precio baja a \$4,80 por unidad cuando se piden de 1000 a 1999 unidades a la vez, y \$4,75 por unidad para pedidos de 2000 o más. Como siempre, la gerencia debe decidir cuánto ordenar y cuándo. Sin embargo, ante la oportunidad de ahorrar dinero a través de descuentos por volumen, ¿cómo toman estas decisiones los gerentes de operaciones?

Al igual que con otros modelos de inventario, el objetivo general es minimizar el costo total, pero debido a los pedidos más grandes, los costos de mantenimiento aumentan. Por lo tanto, la compensación más importante en los descuentos por volumen es entre costos de producto más bajos y costos de mantenimiento más altos. Cuando se incluyen los costos del producto, el costo total anual del inventario se calcula de la siguiente manera:

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

o bien

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

donde

Q = Cantidad ordenada

D = Demanda anual en unidades

S = Costo de ordenar o preparar por orden o por preparación

P = Precio por unidad

H = Costo de mantener por unidad por año

Ahora debemos determinar la cantidad que minimizará el costo total anual del inventario. Como existen varios descuentos, este proceso implica cuatro pasos:

Paso 1: Para cada descuento, calcule el valor del tamaño óptimo de la orden Q^* usando la siguiente ecuación:

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

Tenga en cuenta que el costo de mantenimiento es IP , no H . Dado que el precio de la mercancía es un factor en el costo de mantenimiento anual, es imposible suponer que el costo de mantenimiento permanece constante cuando cambia el precio unitario por cantidad de descuento. Por lo tanto, el costo de mantenimiento (I) generalmente se expresa como un porcentaje del precio unitario (P) en lugar de un costo constante H por unidad por año.

Paso 2: Para cualquier descuento, si la cantidad a ordenar es muy baja como para calificar para el descuento, ajuste la cantidad a ordenar hacia arriba hasta la menor cantidad que califique para el descuento.

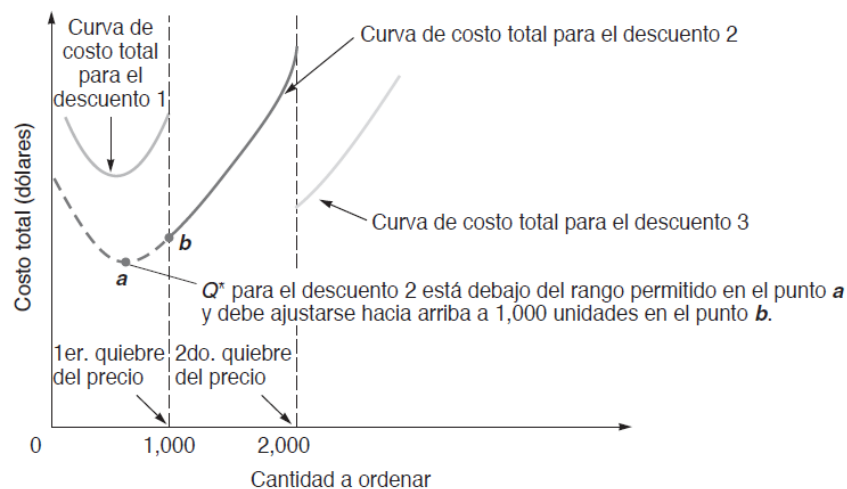


Figura 4.4. Curva del costo total para el modelo de descuento por cantidad.

Entonces, si Q^* es menor que 1,000 unidades, la cantidad de la orden se ajustará a 1,000 unidades.

El razonamiento para el paso 2 puede no ser obvio. Si la cantidad del pedido Q^* está por debajo del rango elegible para el descuento, las cantidades dentro de ese rango aún pueden resultar en el costo total más bajo. Como se muestra en la Figura 4.4, la curva de costo total se divide en tres curvas de costo total diferentes. Hay una curva de costo total para el primer descuento ($0 \leq Q \leq 999$), el segundo descuento ($1000 \leq Q \leq 1999$) y el tercer descuento ($Q \geq 2000$). Vea la curva de costo total (TC) para el descuento 2. El valor Q^* para el descuento 2 está por debajo del rango de descuento (1000 a 1999 unidades). Como se muestra, la cantidad más pequeña permitida en el rango (1000 unidades) es la cantidad que minimiza

el costo total. Por tanto, el segundo paso es necesario para asegurar que no se descarten pedidos que puedan generar el coste mínimo. Tenga en cuenta que, si la cantidad del pedido calculada en el paso 1 es mayor que el intervalo elegible para el descuento, se puede descartar.

Paso 3: usando la ecuación de costo total anterior, calcule el costo total para cada Q^* determinado en los pasos 1 y 2. Si Q^* necesita ajustarse hacia arriba porque es menos que una cantidad aceptable de rango, asegúrese de usar el valor del Q^* ajustado.

Paso 4: Elija Q^* con el costo total más bajo calculado en el Paso 3. Esta será la cantidad que minimice el costo total de inventario.

Veamos cómo aplicar este proceso con un ejemplo.

ejemplo. The Wall Discount Store vende autos de carrera. Recientemente se le ha ofrecido un programa de descuento por cantidad para estos carritos de compras. La tabla de cantidades se muestra en la Tabla 12.2. Por lo tanto, el costo normal del carrito es de \$5.00. Para pedidos de 1000 a 1999 unidades, el costo unitario se reduce a \$ 4,80; 2000 o más unidades cuestan solo \$ 4,75. Además, con un costo de pedido de \$49.00 por pedido y una demanda anual de 5000 autos, la tarifa de retención como porcentaje del costo I es 20%, o 0.2. ¿Qué cantidad ordenar para minimizar el costo total de inventario?

Método: Seguiremos los cuatro pasos que se acaban de describir para un modelo de descuentos por cantidad.

Solución: El primer paso es calcular Q^* para cada descuento de la tabla 12.2. Esto se hace de la siguiente manera:

$$Q^*_1 = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(0.2)(5.00)}} = 700 \text{ carritos por orden.}$$

$$Q^*_2 = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(0.2)(4.80)}} = 714 \text{ carritos por orden.}$$

$$Q^*_3 = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(0.2)(4.75)}} = 718 \text{ carritos por orden.}$$

El segundo paso es ajustar al alza los valores de Q^* que sean menores al intervalo permitido para el descuento. Dado que Q^*_1 está entre 0 y 999, no se requiere ningún ajuste. Dado que Q^*_2 está por debajo del rango permitido de 1000 a 1999, debe establecerse en 1000 unidades. Lo mismo ocurre con Q^*_3 : debe establecerse en 2.000 unidades. Después de este paso, las siguientes cantidades de pedido deben probarse en la ecuación de costo total:

$$Q^*_1 = 700$$

$$Q^*_2 = 1000 - \text{Ajustada.}$$

$$Q^*_3 = 2000 - \text{Ajustada.}$$

El tercer paso es usar la ecuación de costo total y calcular el costo total para cada cantidad a ordenar. Este paso se realiza con ayuda de la tabla 1., la cual presenta los cálculos para cada nivel de descuento.

Número de descuento	Precio unitario	Cantidad a ordenar	Costo anual del producto	Costo anual de ordenar	Costo anual de mantener	Costo Total
1	\$5.00	700	\$25,000	\$350	\$350	\$25,700
2	\$4.80	1,000	\$24,000	\$245	\$480	\$24,725
3	\$4.75	2,000	\$23,750	\$122.50	\$950	\$24,822.50

Tabla 1. Costo total para cada nivel de descuento.

El cuarto paso es seleccionar la cantidad a ordenar con el menor costo total. Se observa la tabla 1, donde una cantidad a ordenar de 1,000 carritos de carreras minimiza el costo total.

Sin embargo, también se observa que el costo total por ordenar 2,000 carritos es sólo un poco mayor que el costo por ordenar 1,000 carritos. Entonces se requeriría que el proveedor mejorara los precios unitarios para ordenar 2,000 carritos.

4.4.3 MODELO DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO.

En el modelo de inventario que vimos antes, se suponía que los pedidos se recibían completos al mismo tiempo. Sin embargo, a veces las empresas reciben inventario durante un período de tiempo. Estas situaciones requieren un modelo diferente que no requiera el supuesto de entrega inmediata. El modelo es adecuado para dos situaciones: (1) la situación en la que el inventario fluye continuamente o se acumula durante un período de tiempo después de realizar un pedido; (2) la situación en la que la producción y las ventas son simultáneas. En este caso, se debe considerar la tasa de producción diaria (o stock to flow) y la tasa de demanda diaria. En la Figura 4.5, los niveles de inventario se muestran en función del tiempo.

Debido a que este modelo **es particularmente adecuado para entornos de producción**, se denomina modelo de producción de volumen económico. Es útil cuando el inventario se acumula con el tiempo y cumple con los supuestos tradicionales de una cantidad económica de pedidos. El modelo se obtiene al igualar los costos de preparación o pedido con los costos de mantenimiento y resolviendo el tamaño de lote óptimo Q^* .

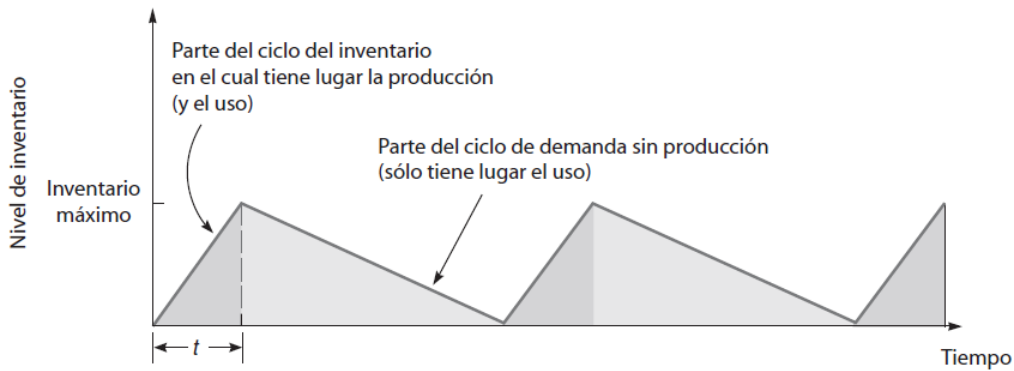


Figura 4.5. Niveles de inventario en función del tiempo.

Usando la siguiente simbología es posible determinar la expresión del costo anual de mantener inventario para la cantidad económica a producir:

Q = número de unidades por orden

H = Costo de mantener inventario por unidad por año

p = Tasa de producción diaria

d = Tasa de demanda diaria, o tasa de uso

t = Longitud de la corrida de producción en días.

1.- Costo anual de mantener inventarios = (Nivel de inventario promedio) x (Costo de mantener x unidad por año)

2.- Nivel de inventario promedio = Nivel de inventario máximo / 2

3.- Nivel de inventario máximo = (Total producido durante la corrida de producción) – (Total usado durante la corrida de producción) o con literales:

Nivel de inventario máximo = $pt - dt$

Sin embargo, $Q = pt$, y así $t = Q/p$. Por lo tanto

$$\text{Nivel de inventario máximo} = p \left(\frac{Q}{p} \right) - d \left(\frac{Q}{p} \right) = Q - \frac{d}{p} Q$$

$$\text{Nivel de inventario máximo} = Q \left(1 - \frac{d}{p} \right)$$

4. Costo anual de mantener inventarios (o simplemente costo de mantener) =

$$\frac{\text{Nivel de inventario máximo}}{2} (H) = \frac{Q}{2} \left[1 - \frac{d}{p} \right] (H)$$

Usando esta expresión de costo de mantenimiento y la expresión de costo de instalación desarrollada en el modelo EOQ básico, resuelva la cantidad óptima de piezas por pedido al igualar el costo de instalación con el costo de mantenimiento:

$$\text{Costo de preparación} = \left(\frac{D}{Q} \right) S$$

$$\text{Costo de mantener} = \frac{Q}{2} \left[1 - \frac{d}{p} \right] (H)$$

Se iguala el costo de ordenar con el costo de mantener para obtener Q_p^* :

$$\frac{D}{Q} S = \frac{Q}{2} \left[1 - \frac{d}{p} \right] (H)$$

Despejando:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right]}}$$

También podemos calcular Q_p^* cuando se dispone de datos anuales. Cuando se usan los datos anuales, Q_p^* se puede expresar como:

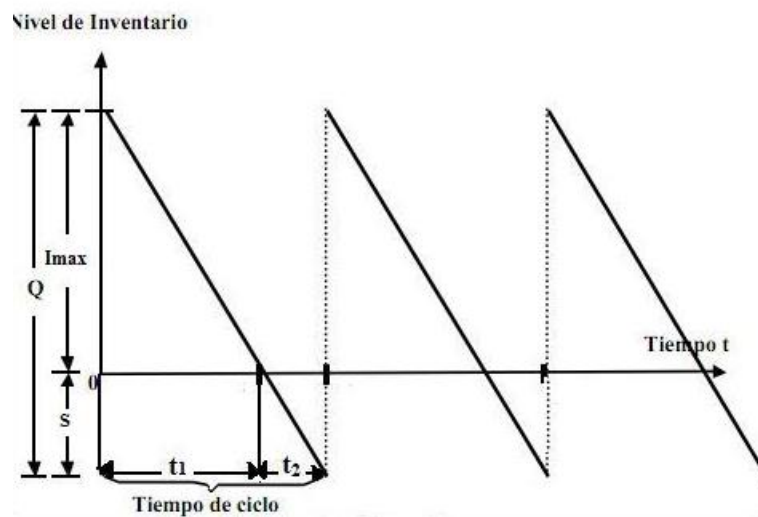
$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}} \right)}}$$

4.4.4 MODELO CON FALTANTES.

Los pequeños faltantes son normales cuando los lotes solicitados para ahorrar tiempo de entrega no son suficientes para cubrir el ciclo completo. Sin embargo, también hay costos asociados con la escasez, lo que significa que estos costos no son excesivos. (“Modelos de inventarios”, s/a).

Supuestos:

- Demanda constante y conocida.
- Se admiten faltantes.
- El costo del faltante por una unidad de demanda insatisfecha por unidad de tiempo es C_f
- Existe un costo de mantener en inventario C_{mi}
- Existe un costo de pedir C_p
- Los costos no sufren fluctuaciones por el cambio del peso.
- La reposición es instantánea.



Gráfica 4.6. Representación gráfica del modelo con faltantes

Podemos ver en la Figura 4.6 que los niveles de inventario se extienden a valores negativos, lo que refleja la cantidad de unidades de producto que faltan o están pendientes. Además, podemos extraer algunas relaciones que necesitaremos más adelante.

Puede observarse que:

$$I_{max} = Q - S$$

$$t = t_1 + t_2$$

Por relación de triángulos:

$$\frac{t_1}{t} = \frac{I_{max}}{Q}$$

sustituyendo I_{max} por $(Q-S)$ y despejando t_1 se obtiene:

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

Por relación de triángulos nuevamente: (Nótese que $t = Q/D$)

$$\frac{t_2}{t} = \frac{S}{Q}$$

$$\frac{t_2}{t} = \frac{S}{Q}$$

$$t_2 = \frac{S}{Q} \left(\frac{Q}{D} \right)$$

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

Para calcular el costo total de un período, debe incluir los costos de pedido, los costos de compra, los costos de inventario y los costos de faltante (C_f) en función de Q y S , donde S es la cantidad faltante.

El costo promedio de faltante por período, correspondiente al área encerrada entre S , t_2 y el eje horizontal, es:

$$C_f = \frac{St_2}{2}$$

Teniendo en cuenta lo anterior el costo total para un periodo obedece a la expresión:

$$C(Q, S) = CaQ + Cp + Cmi \frac{I_{max}t_1}{2} + C_f \frac{St_2}{2} \quad (1)$$

Ahora necesitaremos las relaciones encontradas anteriormente, reemplazándolas en la ecuación (1) y multiplicando a ambos lados de la igualdad por $N=D/Q$ para obtener el costo total anual resulta:

$$CTA = CaQ \left(\frac{D}{Q} \right) + Cp \frac{D}{Q} + Cmi \frac{I_{max}t_2}{2} \left(\frac{D}{Q} \right) + C_f \frac{St_2}{2} \left(\frac{D}{Q} \right)$$

$$CTA = CaD + Cp \frac{D}{Q} + \frac{Cmi (Q - S)}{2} \left(\frac{Q - S}{D} \right) \left(\frac{D}{Q} \right) + \frac{S Cf}{2} \left(\frac{S}{D} \right) \left(\frac{D}{Q} \right)$$

$$CTA = CaD + Cp \left(\frac{D}{Q} \right) + \frac{(Q - S)^2}{2Q} Cmi + \frac{S^2}{2Q} Cf \quad (2)$$

Derivamos la ecuación (2) con respecto a Q, y con respecto a S, para encontrar sus valores óptimos para los cuales se obtiene un costo mínimo:

$$\frac{\partial CTA}{\partial S} = \frac{-2(Q - S)Cmi}{2Q} + \frac{2S}{2Q} Cf \quad (3)$$

$$\frac{\partial CTA}{\partial Q} = \frac{DCp}{Q^2} + \frac{2(Q - S)2Q - 2(Q - S)^2}{4 Q^2} Cmi - S^2 Cf \quad (4)$$

Igualando a 0 y despejando S y Q de las ecuaciones (3) y (4) respectivamente se obtiene:

$$0 = - \frac{(Q - S)}{Q} Cmi + \frac{S}{Q} Cf$$

$$SCf = (Q - S) Cmi$$

$$S = \frac{Q Cmi}{Cmi + Cf} \quad (5)$$

$$0 = - \frac{D Cp}{Q^2} + \frac{4 Q (Q - S) - (Q - S)^2}{4 Q^2} Cmi - \frac{S^2 Cf}{2 Q^2}$$

Realizando operaciones, llegamos a:

$$Q^2 = \frac{2 D Cp + S^2 Cf + S^2 Cmi}{Cmi} \quad (6)$$

Finalmente, reemplazando (5) en (6), tenemos:

$$Q^2 = \frac{2DCp + \left(\frac{QCmi}{Cmi + Cf} \right)^2 Cf + \left(\frac{QCmi}{Cmi + Cf} \right)^2 Cmi}{Cmi}$$

Realizando operaciones llegamos a:

$$Q^2 = \frac{2DCp (Cmi + Cf)}{Cmi Cf}$$

Finalmente, la Q^* para este modelo será:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 D Cp (Cmi + Cf)}{Cmi Cf}}$$

4.5 MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS.

4.5.1 NIVEL DE SERVICIO E INVENTARIO DE SEGURIDAD.

Elija una política de nivel de servicio adecuada. Los gerentes deben sopesar los beneficios de mantener inventarios de seguridad frente a los costos de mantenerlas. Una forma de determinar el inventario de seguridad es establecer un nivel de servicio, o nivel de servicio de ciclo, que es la probabilidad esperada de no quedarse sin inventario dentro de un ciclo de pedido que comienza en el momento en que se realiza un pedido y termina cuando se recibe el pedido y los artículos solicitados llegan al inventario. En una librería, un gerente puede elegir un nivel de servicio de ciclo del 90% para un libro determinado. En otras palabras, hay un 90% de probabilidad de que la demanda no sea mayor que la oferta durante el tiempo de entrega. **Para el sistema Q, el tiempo de entrega es también el intervalo de protección, o el período durante el cual el inventario de seguridad debe proteger al usuario de los desabastecimientos.** Solo hay un 10% (100 - 90) de posibilidades de quedarse sin inventario durante el intervalo de seguridad, lo que resulta en un agotamiento de existencias o un pedido pendiente. Este riesgo de falta de existencias ocurre solo durante el tiempo de espera en el sistema Q, que es mayor que el riesgo general de falta de existencias porque no existe fuera del ciclo de pedido y recepción.

Para traducir esta política en un nivel específico de inventario de seguridad, es necesario comprender la distribución de la demanda durante el tiempo de entrega. Si la demanda no varía mucho de la demanda promedio, es probable que el stock de seguridad sea pequeño. Por el contrario, el stock de seguridad debe ser grande si los requisitos de tiempo de entrega varían mucho de un ciclo de pedido al siguiente. La variabilidad se mide en términos de distribuciones de probabilidad, especificadas en términos de media y varianza.

Cálculo del inventario de seguridad. Al seleccionar existencias de seguridad, los planificadores de inventario suelen suponer que la demanda se distribuye normalmente a lo largo de los plazos de entrega, como se muestra en la Figura 4.1. La demanda promedio

durante el tiempo de entrega es la línea central del gráfico, con el 50 % del área bajo la curva a la izquierda y el 50 % a la derecha. Por lo tanto, si se elige un nivel de servicio de ciclo del 50 %, el punto de pedido R será la cantidad representada por esta línea central. Dado que R es igual a la demanda promedio en el tiempo de entrega más el inventario de seguridad, este último es cero cuando R es igual a la demanda promedio. El 50 % de la demanda de tiempo está por debajo del promedio, por lo que el stock de seguridad solo se puede cumplir el 50 % del tiempo. (Krajewski, 2008).

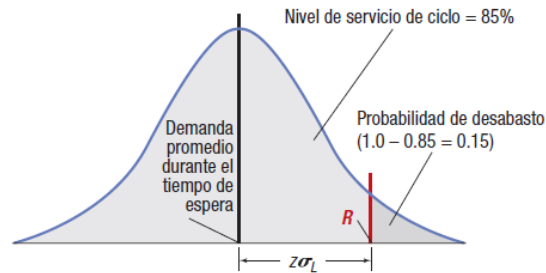


Figura 4.7. Cálculo del inventario de seguridad con una distribución normal de probabilidad para un nivel de servicio de ciclo del 85%

Para proporcionar un nivel de servicio superior al 50 %, el punto de reorden debe ser mayor que la demanda promedio durante el tiempo de entrega. En la Figura 4.7, esto requiere mover el punto de reorden a la derecha de la línea central para que más del 50% del área bajo la curva esté a la izquierda de R . En la Figura 4.7, el nivel del ciclo de trabajo es del 85%, colocando el 85% del área bajo la curva (gris claro) a la izquierda de R y solo el 15% a la derecha (gris oscuro). Para calcular el inventario de seguridad, multiplique el número de desviaciones estándar de la media requerida para el nivel de servicio del período z por la desviación estándar de la demanda σ_L a lo largo del tiempo de la distribución de probabilidad.

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_L$$

Cuanto mayor sea el valor z , mayor debe ser el inventario de seguridad y el nivel de servicio del ciclo. Si $z = 0$, no hay existencias de seguridad y se producirán desabastecimientos el 50 % del ciclo del pedido.

Ejemplo:

Se registra que la demanda de detergente para lavavajillas se distribuye normalmente con un promedio de 250 cajas y $\sigma_L = 22$ durante el tiempo de entrega. ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantenerse para lograr un nivel de servicio de ciclo del 99 %? ¿Cuál es el valor del punto de pedido R ?

solución

El primer paso es utilizar la tabla correspondiente (curva de distribución normal de área inferior) con un valor z de 2.33. Con esta información, se pueden calcular el inventario de seguridad y los puntos de pedido.

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_L = 2.33 (22) = \mathbf{51.3 \text{ o } 51 \text{ cajas}}$$

Punto de reorden = R = Demanda promedio durante el tiempo de espera + Inventario de seguridad = $250 + 51 = \mathbf{301 \text{ cajas}}$.

$$\mathbf{\text{Punto de reorden} = R = 301 \text{ cajas}}$$

En la práctica, para encontrar puntos de pedido y existencias de seguridad adecuados, es necesario estimar la distribución de la demanda durante el tiempo de entrega. A veces, la demanda promedio durante el período de tiempo de entrega y la desviación estándar σ_L de la demanda de tiempo de entrega no se pueden obtener directamente, y es necesario combinar la información de la tasa de demanda con la información del tiempo de entrega para calcular. Este cálculo adicional se basa en dos razones:

1. Puede ser más fácil estimar primero la demanda y luego calcular el tiempo de entrega. La información sobre la demanda proviene de los clientes, mientras que los plazos de entrega provienen de los proveedores.
2. Puede que no sea posible recopilar registros dentro de un intervalo exactamente igual al tiempo de espera. El mismo sistema de control de inventario se puede utilizar para administrar miles de artículos diferentes, cada uno con diferentes plazos de entrega.

Para manejar casos más difíciles, se pueden hacer algunas suposiciones razonables. Suponga que se conocen la demanda promedio d durante algún intervalo de tiempo t (por ejemplo, días o semanas) y la desviación estándar σ_t de la demanda, donde t no es igual al tiempo de entrega.

También se supone que las distribuciones de probabilidad de la demanda para cada intervalo de tiempo t son iguales e independientes entre sí. Por ejemplo, si el intervalo de tiempo es una semana, entonces la distribución de probabilidad de la demanda semanal es la misma (d y σ_t son iguales), y la demanda total en una semana no afecta la demanda total en otra semana. Sea L un tiempo de espera constante expresado como múltiplo (o fracción) de t . Si t representa una semana y el tiempo de espera es de tres semanas, entonces $L = 3$. Bajo estos supuestos, la demanda promedio durante el período de espera será la suma de las medias correspondientes a cada una de L distribuciones de demanda idénticas e independientes, o $d + d + d + \dots = dL$. Además, la varianza de la distribución de la demanda de tiempos de espera será la suma de las varianzas de L distribuciones de demanda idénticas e independientes $\sigma_t^2 + \sigma_t^2 + \sigma_t^2 + \dots = \sigma_t^2 L$. Finalmente, la desviación estándar de la suma de dos o más variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas es igual a la raíz cuadrada de la suma de sus varianzas, es decir

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_t^2 L} = \sigma_t \sqrt{L}$$

Tenemos el siguiente caso: tenemos $L = 3$ semanas, $d = 75$ y $\sigma_t = 15$, entonces la demanda promedio durante el tiempo de espera es de $(75)(3) = 225$ unidades y

$$\sigma_L = 15 \sqrt{3} = 25.98 \text{ o sea } 26 \text{ unidades.}$$

Cálculo de los costos totales en el sistema Q. Los costos totales en el sistema de revisión continua (Q) es la suma de tres componentes de costo:

Costo Total = Costo anual por mantenimiento de inventario de ciclo + Costo anual por hacer pedidos + Costo anual por mantener el inventario de seguridad

$$C = \frac{Q}{2} (H) + \frac{D}{Q} (S) + H z \sigma_L$$

Ejemplo. Suponga que la demanda promedio es de 18 unidades por semana (18×52 semanas = 936 unidades por año), la desviación estándar es de 5 unidades y el proveedor cobra \$60.00 por unidad. El costo de realizar un pedido con el proveedor es de \$45.00. El costo anual de mantenimiento del inventario es igual al 25% del valor del alimentador ($\$60,00 \times 0,25 = \$15,00$) y el museo está abierto 52 semanas al año. La gerencia optó por un tamaño de lote de 390 unidades para que no tuvieran que volver a pedir con tanta frecuencia. El tiempo de espera es constante e igual a dos semanas. Si la gerencia desea lograr un nivel de servicio de ciclo del 90 %, identifique el inventario de seguridad y los puntos de reorden. Calcular Q y costo total

Solución:

$$EOQ = Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(936)(45)}{15}} = 75 \text{ unidades.}$$

Como tenemos $t = 1$ semana, $\sigma_t = 5$, $d = 18$ unidades y $L = 2$ semanas, entonces:

$$\sigma_L = \sigma_t \sqrt{L} = 5\sqrt{2} = 7.1$$

De la tabla de valores para z con un nivel de servicio de 90%, $z = 1.28$, calculamos

Inventario de seguridad = $z\sigma_L = 1.28 (7.1) = 9.1$ o 9 unidades.

Punto de reorden = dL + Inventario de seguridad = $2(18) + 9 = 45$ unidades.

Por lo tanto, el sistema Q para el comedero para pájaros funcionará de la siguiente manera: siempre que la ubicación del inventario alcance las 45 unidades, se debe realizar un pedido EOQ de 75 unidades. El costo total del sistema Q del comedero para pájaros es:

$$C = \frac{Q}{2} (H) + \frac{D}{Q} (S) + H z \sigma_L$$

$$C = \frac{75}{2} (15) + \frac{936}{75} (45) + (15) 9 = \$ 1,259.10$$

Varias cantidades de pedido y niveles de existencias de seguridad están disponibles en el sistema Q. Por ejemplo, la gerencia puede especificar una cantidad de pedido diferente (debido a restricciones de envío) o un inventario de seguridad diferente (debido a restricciones de almacenamiento). El costo total de dicho sistema se puede calcular para establecer un equilibrio entre el costo y el nivel de servicio requerido. (Krajewski, 2008,).

4.5.2 MODELO DE CANTIDAD FIJA.

El modelo de cantidad fija de pedido intenta determinar el punto exacto **R** en el que se realiza un pedido y el tamaño **Q** del pedido. El punto de pedido **R** es siempre una cantidad unitaria específica. Cuando el inventario disponible (inventario actual o pedidos) alcanza el punto **R**, se realiza un pedido de tamaño **Q**. La posición del inventario se define como la cantidad disponible más la cantidad ordenada menos la acumulada.

Los modelos más simples de este tipo surgen cuando se han determinado todos los aspectos de la situación. Si la demanda anual de cierto producto es de 1000 unidades, entonces exactamente 1000 unidades, no 1000 unidades más o menos 10%. Lo mismo ocurre con los costos de instalación y mantenimiento. Aunque el supuesto de determinismo perfecto rara vez es válido, proporciona una base adecuada para la cobertura del modelo de inventario.

La figura 4.8 y la discusión sobre la obtención de la cantidad óptima de pedido se basan en las siguientes características del modelo. Estas suposiciones son poco realistas, pero representan un punto de partida y permiten el uso de un ejemplo simple.

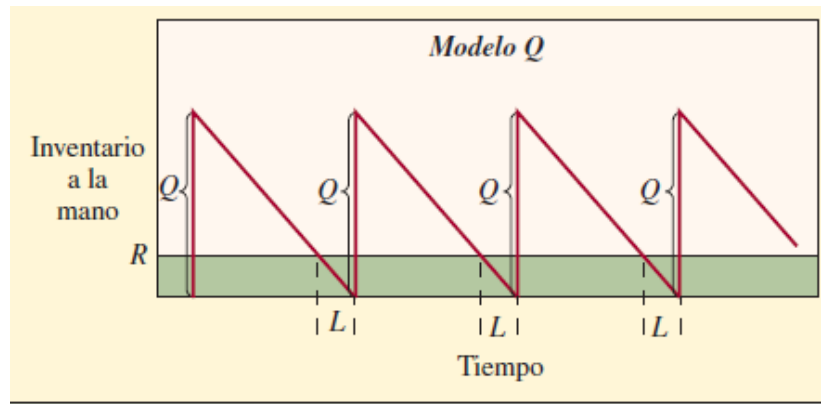


Figura 4.8. Modelo básico de cantidad de pedido fijo

- La demanda del producto es constante y uniforme durante todo el periodo.
- El tiempo de entrega (tiempo para recibir el pedido) es constante.
- El precio por unidad del producto es constante.
- El costo por mantener el inventario se basa en el inventario promedio.
- Los costos de pedido o preparación son constantes.
- Se van a cubrir todas las demandas del producto (no se permiten pedidos acumulados).

El "efecto de diente de sierra" asociado con Q y R en la figura 4.8 permite que se realicen nuevos pedidos cuando la posición del inventario cae al punto R . La orden se recibe al final del período L , que no cambia en este modelo.

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso es establecer una relación funcional entre la variable de interés y la medida de efectividad. En este caso, dado que el costo es un problema, la siguiente ecuación es apropiada:

Costo total anual = Costo de compra anual + Costo de pedido anual + Costo de mantenimiento anual

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

Del lado derecho de la ecuación, DC es el costo de compra anual para las unidades, $(D/Q)S$ es el costo de pedido anual (el número real de pedidos hechos, D/Q , por el costo de cada pedido, S) y $(Q/2)H$ es el costo de mantenimiento anual (el inventario promedio, $Q/2$, por el costo de mantenimiento y almacenamiento de cada unidad, H). Estas relaciones entre los costos se muestran en la figura 4.9.

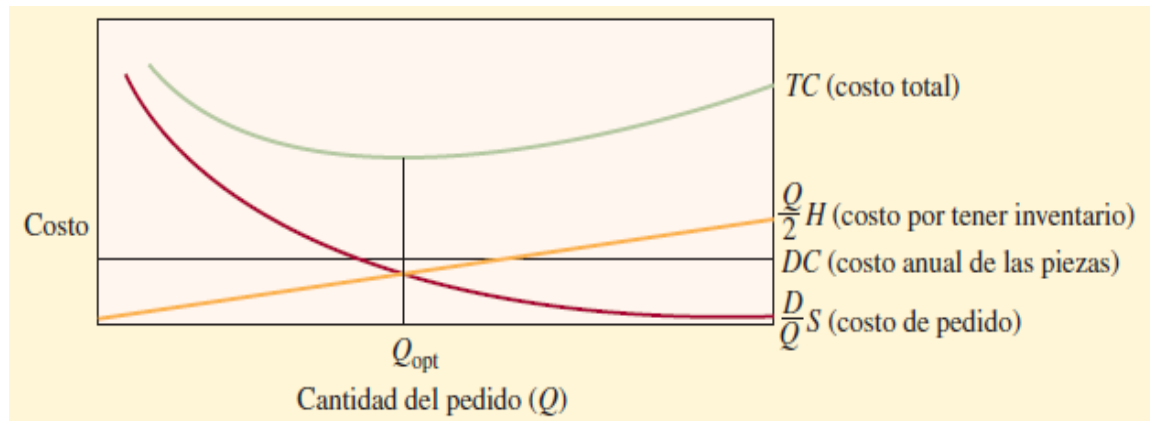


Figura 4.9. Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido.

Donde:

TC = Costo anual total

D = Demanda (anual)

C = Costo por unidad

Q = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido, EOQ o Q_{opt})

S = Costo de preparación o costo de hacer un pedido

R = Punto de volver a pedir

L = Tiempo de entrega

H = costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (el costo de mantenimiento a menudo se ve como un porcentaje del costo de la pieza, por ejemplo, $H = iC$, donde i es un porcentaje del costo de manejo).

El segundo paso en el desarrollo del modelo es encontrar el número de pedidos Q_{opt} con el menor costo total. En la Figura 4.9, el costo total se minimiza en el punto donde la pendiente de la curva es cero. Usando cálculo, encuentre la derivada del costo total con respecto a Q y póngala a cero. Para el modelo básico estudiado aquí, se calcula como:

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

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = 0 + \left(\frac{-DS}{Q^2} \right) + \frac{H}{2} = 0$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Como este modelo sencillo supone una demanda y un tiempo de entrega constantes, no es necesario tener inventario de seguridad y el punto de volver a pedir, R, simplemente es

$$R = \bar{d} L$$

donde

$\bar{d}$ = Demanda diaria promedio (constante)

L = Tiempo de entrega en días (constante)

Ejemplo:

Encuentre la cantidad económica de pedidos y el punto de volver a pedir, con los siguientes datos:

Demanda anual (D) = 1 000 unidades

Demanda diaria promedio ($\bar{d}$) = 1 000/365

Costo de pedido (S) = 5 dólares por pedido

Costo de mantenimiento (H) = 1.25 dólares por unidad al año

Tiempo de entrega (L) = 5 días

Costo por unidad (C) = 12.50 dólares

¿Qué cantidad es necesario pedir?

Solución:

La cantidad de pedido óptima es

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{(2)(1000)(5)}{1.25}} = 89.4 \text{ unidades}$$

El punto de volver a pedir es

$$R = \bar{d} L = \frac{1000}{365} (5) = 13.7 \text{ unidades}$$

Redondeando a la unidad más próxima, la política de inventario es la siguiente: cuando la posición del inventario baja a 14, hacer un pedido de 89 piezas más.

El costo anual total será

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$
$$TC = 1000 (12.50) + \frac{1000}{89}(5) + \frac{89}{2} 1.25 = \$ 12,611.81$$

Tenga en cuenta que, en este ejemplo, no se requiere el costo de compra de la unidad para determinar la cantidad del pedido o el punto de pedido porque el costo es constante e independiente del tamaño del pedido.

4.5.3 MODELO DE PERIODO FIJO.

En un sistema de periodo fijo, el inventario solo se cuenta en ciertos momentos, como semanal o mensualmente. Se recomienda realizar inventarios y pedidos periódicos en situaciones en las que los proveedores visitan rutinariamente a los clientes y hacen pedidos de una línea completa de productos, o los compradores desean consolidar pedidos para ahorrar en costos de envío. Otras empresas operan en un ciclo fijo, lo que facilita la planificación de los recuentos de inventario; por ejemplo, el Distribuidor X llama cada dos semanas y los empleados saben que todos los productos del Distribuidor X deben contarse.

El número de pedidos generados por el modelo de período fijo varía a lo largo de los períodos de tiempo, según el uso. Por lo general, esto requiere un nivel más alto de existencias de seguridad que un sistema de cantidad de pedido fijo. Un sistema de cantidad de pedido fija asume que el inventario disponible se rastrea constantemente y los pedidos se realizan cuando se alcanza el punto correcto. Por el contrario, el modelo estándar de periodo fijo supone que el inventario solo se cuenta en los momentos de auditoría designados. La alta demanda puede hacer que el inventario llegue a cero inmediatamente después de realizar un pedido. Esta situación no se notará hasta el próximo periodo de revisión, además, los nuevos pedidos tardarán en llegar. Por lo tanto, durante todo el período de revisión T y el período de entrega L , existe una alta probabilidad de que se agoten las existencias. Por tanto, el stock de seguridad debe proporcionar protección contra roturas de inventario durante el propio período de revisión, así como durante la entrega desde el momento en que se realiza un pedido hasta que se recibe

En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T), y el inventario de seguridad que es necesario volver a pedir es

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_T + L$$

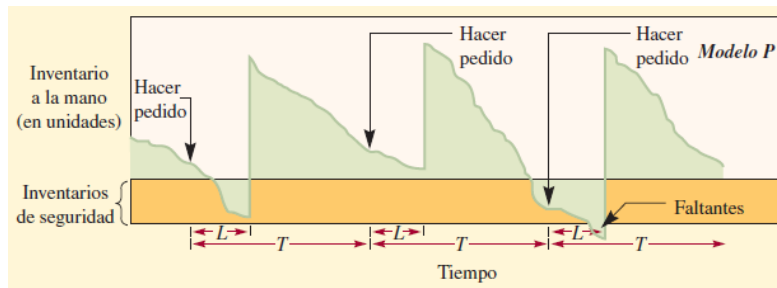


Figura 4.10. Modelo de inventario de periodo fijo

La figura 4.10 muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de T y un tiempo de entrega constante de L . En este caso, la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media $\bar{d}$. La cantidad a pedir, q , es

Cantidad de pedido = Demanda promedio durante el periodo vulnerable + Inventarios de seguridad – Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno)

$$q = \bar{d} (T + L) + z\sigma_{T+L} - I$$

donde

q = Cantidad a pedir

T = El número de días entre revisiones

L = Tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo)

$\bar{d}$ = Demanda diaria promedio pronosticada

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega

I = Nivel de inventario actual (incluye las piezas pedidas)

Nota: Los requisitos, los plazos de entrega, los períodos de revisión, etc. pueden ser cualquier unidad de tiempo, como días, semanas o años, siempre que sean coherentes en toda la ecuación.

En este modelo, la demanda ($\bar{d}$) puede ser pronosticada y revisada en cada periodo de revisión o se puede utilizar el promedio anual, siempre y cuando sea apropiado. Se supone que la demanda tiene una distribución normal.

El valor de z depende de la probabilidad de tener faltantes.

Ejemplo:

El requerimiento diario del producto es de 10 unidades con una desviación estándar de 3 unidades. El período de revisión es de 30 días y el tiempo de entrega es de 14 días. La gerencia tiene la política de satisfacer el 98% de la demanda con inventario. Al comienzo del período bajo revisión, había 150 unidades en inventario. ¿Cuántas unidades se deben pedir?

Solución:

La cantidad que se va pedir es:

$$q = \bar{d} (T + L) + z\sigma_{T+L} - I$$

$$q = 10 (30 + 14) + z\sigma_{T+L} - 150$$

Antes de completar la solución, se necesita encontrar σ_{T+L} y z . Para encontrar σ_{T+L} , se usa la idea, como antes, de que la desviación estándar de una secuencia de variables aleatorias independientes es igual a la raíz cuadrada de la suma de las varianzas. Por tanto, la desviación estándar durante el periodo $T + L$ es la raíz cuadrada de la suma de las varianzas para cada día:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma_{d_i}^2}$$

Como cada día es independiente y σ_d es constante:

$$\begin{aligned}\sigma_{T+L} &= \sqrt{(T + L)\sigma_{d_i}^2} \\ &= \sqrt{(30 + 14)(3)^2} = 19.90\end{aligned}$$

El valor de Z para P = 0.98 es 2.05

Entonces la cantidad a pedir es:

$$\begin{aligned}q &= 10 (30 + 14) + (2.05) (19.90) - 150 = 331 \text{ unidades} \\ q &= 3310 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Para garantizar una probabilidad de 98% de que el inventario no se va a agotar, es necesario pedir 331 unidades en este periodo de revisión.

4.6 USO DE SOFTWARE EN INVENTARIOS

El software de inventario es un programa informático diseñado para ayudar y facilitar la gestión del inventario de la empresa. ¿Cómo lo consigue? Contabilizando los bienes tangibles que una empresa utiliza para fabricar o satisfacer las necesidades de los clientes. Para ello, el programa tiene en cuenta la entrada y salida de productos elaborados en las diferentes instalaciones, puntos de venta, almacenes, etc.

Así, el software de inventario se puede utilizar para gestionar el inventario de manera eficiente y en tiempo real para optimizar el estado de los diferentes tipos de stock, mantenerlo constantemente actualizado y saber qué pedidos deben estar listos en un momento dado.

Implementar un software de inventario en una empresa puede traer, entre otras, las siguientes ventajas logísticas:

Control de inventario. Saber exactamente qué hay de inventario en el almacén (qué productos hay y en qué cantidad) puede evitar compras innecesarias y permitirle tener un inventario de seguridad para evitar cortes de inventario.

Aumento de ventas. Con el software de inventario se reduce el riesgo de no poder cumplir con ciertos pedidos, lo que se traduce en un aumento de las ventas a corto y mediano plazo.

Satisfacción y fidelidad de clientes. La gestión eficiente del inventario es fundamental para respetar los tiempos de entrega y garantizar la satisfacción del cliente.

Optimización del tiempo. ¿Por qué dedicar tiempo a administrar el inventario cuando se puede automatizar? De esta manera, facilita la reasignación de recursos a actividades más productivas y necesarias.

Reducir costos. Establecer inventarios máximos y mínimos puede ayudar a reducir los costos de logística. Al mismo tiempo, el software de inventario puede reducir la cantidad de inventario, lo que ahorra costos de almacenamiento.

Escalabilidad empresarial. La gestión de inventario se vuelve más compleja a medida que una empresa crece en tamaño y actividad. Con el software de inventario, es más fácil adaptarse a los cambios en la demanda mientras se planifican estrategias futuras.

Todo esto contribuye a una mejor planificación logística, aumento de la productividad y reducción de errores, ayudándonos a garantizar la satisfacción total del cliente.

SOFTWARE EASY WMS

¿Cómo funciona un software de inventario? El funcionamiento de un software de inventario puede variar de un programa a otro, pero, en general, hay una serie de pasos que cabe

seguir. Para explicarlos, hemos seleccionado Easy WMS, un software desarrollado por Mecalux, para ilustrar cómo se utilizan estos sistemas.

En primer lugar, en la base de datos de un software como Easy WMS, es necesario introducir toda la información relativa a los artículos con los que colabora la empresa: descripción, unidad de medida, propiedades, imágenes, peso, etc. Es importante entender la diferencia entre mercancía e inventario. El artículo consiste en una lista general de características del producto (dimensiones, peso, características, etc.), mientras que el inventario son las unidades que realmente existen en un almacén, tienda o fábrica.

Generación de etiquetas de artículos. Utilizando toda la información contenida en la base de datos, Easy WMS genera una etiqueta para cada artículo. Por defecto, una etiqueta contiene al menos un código de producto. También puede optar por agregar una breve descripción. Las etiquetas de los artículos se pueden imprimir desde computadoras y terminales de RF y luego se pueden colocar en el inventario existente.

Es necesario ingresar al sistema todo el inventario utilizado por el almacén. Además de los atributos de logística y varios estados, el software de inventario como Easy WMS le permite realizar varias operaciones relacionadas con el almacenamiento de inventario, que incluyen:

Alta y baja del Inventario: cuando se detectan discrepancias, es fácil crear o eliminar inventario.

Consulta de Inventario: Puede consultar toda la información sobre el inventario existente en el almacén actual.

Ajuste de Inventario: Cualquier dato relacionado con el inventario puede ser corregido.

Cambio de ubicación o contenedor: La ubicación del inventario puede cambiar.

Impresión de etiquetas: la operación de crear una etiqueta para el artículo al que pertenece el inventario.

Recepción de existencias. Cada vez que el almacén recibe un artículo, la cantidad recibida debe ingresarse por separado para mantener el stock perpetuo. Estas son las diferentes funciones que se pueden realizar:

Recepción de proveedores. Este es el proceso estándar para cualquier tipo de recibo.

Recibir contenedor completo. Se refiere a mercancías que llegan al almacén en un único palet de referencia. Dado que WMS registra el inventario por bloque, su proceso es más ágil.

Reciba múltiples artículos de referencia. Gestione las entradas de palés con múltiples referencias para registrar cada SKU de forma individual.

Recepción temprana. El sistema se llama ASN (Advance Shipment Notice), y es posible saber con anticipación que llegarán los artículos notificados por el ERP.

Recepción ciega. Desde la terminal de RF, se pueden abrir órdenes de entrada de inventario sin planificación previa en el sistema.

Después de recibir estrictamente el artículo, el software del almacén marca los siguientes pasos a seguir, indicando al operador (o máquina, en el caso de un almacén automático) dónde debe colocar el artículo.

Gestión de contenedores. Un contenedor es una caja o tarima identificada por un código y normalmente etiquetada. Easy WMS proporciona información útil sobre el inventario del almacén de contenedores. Destaca por su utilidad la función de reubicación, que se utiliza cuando se desea cambiar la ubicación física de un contenedor. Hay varias opciones:

Automático: El sistema busca ubicaciones para reubicar contenedores en el almacén y aplica políticas de ubicación.

A un pasillo: El sistema busca una ubicación en nuestro pasillo seleccionado para reposicionar el contenedor y aplica la política de ubicación.

A una ubicación: el sistema reubica el contenedor en una ubicación específica. Sólo se considerará válido el lugar donde el contenedor quepa realmente (por tipo, altura, peso, etc.).

Gestión de ubicaciones: Easy WMS proporciona una visibilidad completa de las ubicaciones de los almacenes y sus atributos clave, así como la capacidad de realizar tareas administrativas relacionadas con las ubicaciones de los almacenes. A partir de todos los datos introducidos en el sistema, Easy WMS clasifica los productos y aplica reglas de ubicación predeterminadas por el responsable del almacén. Luego, el software desarrolla una estrategia de posicionamiento correcta y sin errores para un ranurado eficiente.

Conteos: Easy WMS puede monitorear automáticamente el movimiento de entrada y salida de productos del almacén. Nuevamente, se recomienda hacer un inventario de vez en cuando para asegurarse de que no haya discrepancias en el sistema (por descuido, robo, etc.).

El software de inventario como Easy WMS puede:

Conteo por ubicación. Es decir, definir el área de almacén en la que se va a realizar el recuento (por ejemplo, para stock rotativo).

Organizar conteos no planificados. Contenedores (palets, cajas...) o artículos específicos pueden ser contados siempre que se requiera.

Determinar reglas de prioridad. Como, por ejemplo, nivel de rotación, costo unitario, fecha de caducidad, número de lote, etc. La finalidad es empezar el inventario por los productos más relevantes para la empresa.

Integrar todo tipo de dispositivos de escaneo. Fácil integración con terminales de radiofrecuencia o sistemas de picking por voz, entre otros.

Entonces, el inventario está vinculado a un registro de ventas, por lo que cada vez que se vende un producto, el sistema deduce ese producto del inventario, ingresando el valor de venta. De esta forma, se puede mantener un registro continuo de cada artículo en inventario, lo que le permite saber qué artículos están disponibles y qué productos están a punto de agotarse. Todos estos datos se pueden convertir en información útil a través del módulo de análisis de la cadena de suministro de Easy WMS, que se encarga de segmentar y estructurar la enorme cantidad de datos que se generan en el almacén todos los días.

Conexiones con otros almacenes y tiendas. Puede conectar el inventario de los diferentes almacenes y tiendas físicas de la empresa, y gestionar de forma centralizada todo el inventario de la empresa. Para ello, Mecalux cuenta con el módulo Store Fulfillment, encargado de integrar el SGA del almacén con el terminal del punto de venta. A través del software se sincronizan las tareas de almacén y tienda, lo que mejora el picking, la reposición y el traslado de mercancías entre tiendas (los productos se envían automáticamente a las tiendas para mantener un determinado nivel de stock).. (“Software...”, 2021).

SOFTWARE DE EXCEL.

Excel. Usted puede crear sus propias hojas de cálculo en Excel para resolver problemas de inventarios.

SOFTWARE EXCEL OM.

“Excel OM. Permite modelar con facilidad los problemas de inventarios, desde el análisis ABC, el modelo básico EOQ, el modelo de producción y las situaciones de descuento por cantidad”. (Rendel, 2007, p.306)

Excel OM es un programa de software integral diseñado para personas y empresas que buscan optimizar su proceso de gestión de operaciones. Excel OM tiene una interfaz fácil de usar y herramientas fáciles de usar que permiten a los usuarios administrar fácilmente sus proyectos, inventarios y recursos con solo unos pocos clics.

Una de las principales características de Excel OM es su capacidad de gestión de proyectos. El software incluye una variedad de herramientas y plantillas que los usuarios pueden usar para configurar y administrar proyectos, realizar un seguimiento del progreso y garantizar que se cumplan los plazos. Esto permite a las empresas completar proyectos complejos de manera más eficiente, aumentando la productividad y la rentabilidad.

Otra gran característica de Excel OM es su herramienta de gestión de inventario. Estos permiten a los usuarios realizar un seguimiento de los niveles de inventario en tiempo real, asegurando que las empresas siempre tengan lo que necesitan en stock. El software también genera informes y alertas cuando los niveles de inventario son demasiado bajos o cuando hay problemas o inconsistencias en los datos.

Además de estas características, Excel OM también incluye herramientas de administración de recursos. Estos permiten a las empresas optimizar la utilización de recursos como mano de obra, equipos e instalaciones. Al obtener una comprensión clara de cómo se utilizan los recursos, las empresas pueden identificar áreas de mejora, aumentando la eficiencia y reduciendo costos.

En general, Excel OM es un potente programa de software que puede ayudar a las empresas a optimizar su proceso de gestión de operaciones. Con su interfaz fácil de usar y amplias herramientas y plantillas, Excel OM es una herramienta esencial para cualquiera que busque mejorar su práctica de gestión de operaciones. (“Excel OM”, s/a).

SOFTWARE ALVENDI

“Alvendi es un programa gratuito, sin límites de registros ni caducidad para la gestión de inventarios, ventas y compras. Permite emitir reportes impresos o en vista previa. Incluyendo varios reportes exportados a MS Excel, funciona con el sistema operativo Windows.

“Este software es sencillo de utilizar al tener una interfaz totalmente intuitiva, sin embargo, es a su vez un programa eficaz en el control de ventas y compras con muchas funciones y, sobre todo, reportes de productos, clientes, proveedores y de movimientos de venta o compra, resumidos y en detalle”. (Delgado Soto, 2019, s/p).

A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.

Para esta unidad, los alumnos formarán equipos de trabajo para elaborar presentaciones en POWER POINT de los temas que se les asignen.

B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.

Siguiendo con la participación de los alumnos, en sus presentaciones, presentarán y desarrollarán la solución del problema seleccionado.

C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.

Como resultado de los pasos anteriores, los alumnos elaborarán los cuestionarios de evaluación de los temas asignado los cuales se aplicarán al grupo en general.

5. ADMINISTRACIÓN DE ALMACENES.

5.1 FUNCIONES Y MANEJO FÍSICO DE LOS INVENTARIOS, RECEPCIÓN, ORGANIZACIÓN, DESPACHO, MANTENIMIENTO DE LOS REGISTROS.

FUNCIONES:

Un almacén es una unidad de servicio dentro de la estructura orgánica y funcional de una empresa comercial o industrial con objetivos definidos para la protección, custodia, control y suministro de materiales y productos. En la investigación y aplicación de la gestión moderna, el almacén es un medio para realizar la economía potencial y aumentar las ganancias de la empresa. Este concepto disipa la idea de que los almacenes son un mal inevitable cuya función principal es aumentar los gastos y reducir las ganancias. Ahora están pensando científicamente al integrar funciones como ventas, compras, control de inventario, producción y distribución.

El inventario definido como material proporcionado para facilitar la continuidad del proceso productivo y el cumplimiento de los pedidos de los consumidores y clientes, existe en casi cualquier organización, especialmente en las empresas industriales, ya sean pequeñas, medianas o pequeñas. grande.

Con el fin de prestar un servicio eficiente, todos los tipos de almacenes tienen las siguientes características comunes:

1. Recepción de materiales de almacén.
2. Registros de entrada y salida.
3. Almacenamiento de materiales.
4. Mantenimiento de materiales y almacenes.
5. Entrega de materiales.
6. Coordinación de almacén con el departamento de control de inventarios y contabilidad.
7. Asegurar que las materias primas estén protegidas contra incendios, robos y deterioro.
8. Permitir que el personal autorizado acceda al material almacenado.
9. Mantienen al departamento de compras constantemente al tanto del inventario físico de materias primas.
10. Control estricto de las materias primas (entradas y salidas)

11. Tenga cuidado de no quedarse sin materiales (Max - Min).

GESTIÓN DE INVENTARIO FÍSICO:

El inventario es un activo tangible mantenido en el curso ordinario del negocio para la venta o consumido en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Las existencias, además de las materias primas, los trabajos en curso, los productos terminados o los bienes para la venta, también incluyen los materiales, repuestos y accesorios consumidos en el proceso de producción de los bienes para la venta o la prestación de servicios, los envases y embalajes y las existencias en tránsito.

La base de todo negocio es la compra y venta de bienes o servicios, por lo que el manejo de inventarios es muy importante. La gestión contable permite a una empresa mantener el control de manera oportuna y conocer un estado confiable de la situación económica de la empresa al cierre del ejercicio contable.

Para propósitos de balance contable, los inventarios físicos se toman a intervalos regulares, casi siempre al final del período contable de la empresa. En ese entonces, el inventario se hacía en toda la empresa, en almacenes, en áreas, en almacenes, etc. El inventario físico es importante por las siguientes razones:

- a) Se pueden verificar las diferencias entre los registros contables del inventario físico y el inventario físico (cantidades reales del inventario).
- b) Permite verificar diferencias de valor monetario entre existencias contables reales.
- c) Para fines de balance, cuando se realiza un inventario hacia el final del ejercicio, se proporciona una aproximación del valor total del inventario (libros).

LA NECESIDAD DEL INVENTARIO FÍSICO SE FUNDAMENTA EN DOS RAZONES:

- 1. El inventario físico cumple con los impuestos porque debe registrarse en un libro de inventario por ley.
- 2. El inventario físico satisface las necesidades de contabilidad, verificación real de presencia material y aproximación del consumo real.

RECEPCIÓN DE INVENTARIOS:

Generalmente, las plantas de fabricación o las empresas de compra y venta deben dividir tres áreas en el almacén como base de su planificación.

- Recepción
- Almacenamiento
- Entregar bienes

El tamaño y distribución de estas áreas depende del volumen de negocio y de la estructura organizativa de cada empresa. Estos pueden estar completamente separados e independientes entre sí, o dentro de un único recinto cerrado. Cuando se da esta última situación, basta con marcar la zona en el suelo o levantar la mampara.

-RECEPCIÓN:

Los materiales entrantes pueden fluir rápidamente para evitar congestiones o demoras, lo que requiere una planificación adecuada de las áreas de recepción y su uso óptimo.

Condiciones que impiden el flujo rápido:

1. Reducido el espacio de maniobra.
2. Instalaciones deficientes para el manejo de materiales.
3. Retrasos en la inspección y documentos de entrada

El objetivo que persigue toda empresa es ganar rapidez en la descarga y conseguir que la menor cantidad de mercancía posible se quede en la zona de recepción.

El espacio requerido en la zona de recepción depende del número máximo de mercancías a descargar y del tiempo de permanencia de las mismas. Se deberá estudiar la forma más práctica de facilitar y agilizar las operaciones de descarga de vehículos a la luz de las instalaciones del área de recepción. Estas operaciones se pueden realizar sobre una plataforma elevada que esté próxima a la altura de la plataforma del vehículo o a ras del suelo del almacén, en este caso se puede utilizar una plataforma telescópica para levantar la mercancía.

ORGANIZACIÓN DEL INVENTARIO:

ZONA DE ALMACENAMIENTO:

La planificación de áreas de almacenamiento (por espacio para cada grupo de materiales o mercancías con características similares) requiere un buen conocimiento de los productos y las condiciones requeridas para su protección, protección y manipulación. Aquí hay algunas sugerencias:

1. Reducir el riesgo de incendio:

Aísle productos inflamables como cartón, papel, estopa, tela, tela, tinta, gasolina, pintura, etc.

Evitar la combustión espontánea de estopas, telas o papeles impregnados de aceite o grasa oxidados. Requiere un lugar separado con un contenedor ignífugo y buena ventilación.

Aísle el producto explosivo; fuera del almacén si es posible.

Revise los extintores de incendios con regularidad.

Despeje el acceso a los extintores de incendios; mantenga los materiales inflamables a una distancia mínima de 45 cm.

2. Evita la corrosión y el moho.

Mantenga todos los artículos hechos de metal en un lugar seco lejos de las líneas de agua o vapor.

Reparación de goteras en techos y cañerías

Protege suelos y paredes de la humedad.

Retire el producto y el material de los recipientes que contengan ácidos que liberen gases corrosivos.

Recubrir acero o productos con grasa, aceite o barnices especiales.

Coloque los productos químicos higroscópicos en las áreas de almacenamiento de acero.

Evite salpicar agua o líquidos en el suelo.

3. Para evitar daños

Evite que los productos choquen entre sí, especialmente cuando se almacenan en cubas o cajas o cuando pasan por equipos de manipulación de materiales.

No permita que los medios de almacenamiento dañen o rayen los elementos.

El vidrio o los materiales frágiles deben mantenerse alejados de la maquinaria o el tráfico en el área de almacenamiento.

Cubra las entradas y salidas de los estantes con tela para proteger los materiales y productos del polvo.

4. Evite el deterioro

Proteja los materiales o productos que hayan sido descoloridos por la luz de la ventana, o guárdelos con poca luz.

Evitar que se ensucien o manchen las mercancías ya materiales al manejarlos o almacenarlos.

Las condiciones del piso deben observarse en los proyectos de mejoras.

DESPACHO DE INVENTARIOS:

ÁREA DE ENTREGA

Las unidades retiradas del almacenamiento y enviadas a la entrega deben:

1. Traslado por medios mecánicos apropiados.
2. Anexado con documentos de salida, albarán, factura o albarán de entrega.
3. Realizar auditorías de calidad y cantidad, comparando las mercancías con los documentos de exportación.
4. Los materiales de empaque deben ser provistos por la tienda de accesorios, y hay suficientes expectativas y cantidades.
5. Las mesas de trabajo, básculas y herramientas necesarias para el flejado, encolado y suministro deberán contar con un área ordenada para facilitar las operaciones de manipulación y embalaje del producto.

MANTENIMIENTO DE INVENTARIO Y REGISTROS:

REGISTROS DE INVENTARIO:

Existen dos métodos o sistemas de registro de inventario, lo que quiere decir que cuando adquirimos artículos que componen nuestro inventario, se puede registrar de dos maneras diferentes así:

1. Sistema de Registro de Inventario Periódico o Físico: Las mercancías que ingresan se registran en la cuenta de compras con el propósito de realizar un único asiento de ajuste para acumular el costo de las ventas en una cuenta separada.
2. Sistema de registro de inventario perpetuo: Los bienes entrantes se registran directamente en la cuenta de inventario. En este método de inventario, los registros se mantienen de tal manera que siempre muestren la existencia de artículos disponibles y la cantidad o el valor de los artículos disponibles, es decir, cargos o créditos, o más bien,

compras y ventas de artículos. El inventario se registra cuando ocurre una transacción o movimiento.

5.2 UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TIENDAS.

La ubicación de las instalaciones es el proceso de seleccionar una ubicación geográfica en la que realizar operaciones comerciales. Seis grupos de factores impulsan las decisiones de ubicación para nuevas plantas de fabricación:

- Buen ambiente de trabajo.
- Proximidad a mercados, calidad de vida.
- Proximidad a proveedores y recursos.
- Proximidad a las instalaciones de la casa matriz.
- Gastos de servicios públicos, impuestos e inmobiliarios aceptables.

CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA TIENDAS:

Las siguientes consideraciones de aplicación general son más importantes en los almacenes que en cualquier otro lugar:

1. La carga del piso debe ser suficiente para las condiciones más adversas.
2. El almacén debe ser seguro y nadie más que el almacén puede ingresar.
3. La impermeabilización del almacén debe ser especialmente buena, las fugas pueden ocurrir en lugares ocultos y pueden causar daños considerables antes de ser descubiertas.
4. El equipo especial, los ganchos, las grúas, las sierras y las cuchillas de compuerta motorizadas se pueden compartir con otros departamentos.
5. Los estantes del almacén dificultarán el flujo de aire normal, lo que afectará seriamente la distribución de la temperatura.
6. Los corredores deben ser lo suficientemente anchos para permitir la circulación.
7. Los artículos de uso frecuente deben colocarse lo más cerca posible de la ventana de distribución.
8. Los artículos pesados o voluminosos deben almacenarse lo más bajo posible.
9. Los estantes y los compartimentos no deben ser demasiado profundos para permitir un fácil acceso a la parte trasera.
10. Proporcione un área de recepción para que los artículos puedan separarse y desempacarse antes de la distribución.

11. Siempre que sea posible, las cintas métricas deben estar libres de corrientes de aire.

12. Un sistema de seguimiento es fundamental para saber la ubicación de cualquier elemento que cambia de ubicación con frecuencia. Un sistema sencillo es dar a cada fila de compartimentos una letra de referencia y numerarlos consecutivamente desde un extremo.

13. El almacenamiento es esencialmente una cuestión de volumen, es decir, depende de la altura y el espacio ocupado. Se puede agregar altura útil utilizando algunas carretillas elevadoras modernas con elevadores verticales y cestas especiales.

PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES:

Artículos con mayor movimiento deben estar en un lugar de fácil acceso.

Los artículos pesados deben estar ubicados de tal manera que minimicen el trabajo de manipulación en el almacén.

Los espacios en alto deben usarse para artículos ligeros y protegidos.

Materiales peligrosos deben ubicarse en un anexo o externos al almacén general.

ETAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL ALMACÉN:

1. Determinar la ubicación de almacenamiento y establecer un sistema de almacenamiento.
2. Establecer un sistema de manejo de materiales.
3. Mantener el sistema de control de inventario
4. Establecer procedimientos para el procesamiento de pedidos.
5. Seleccione el medio de transporte.

5.3 SELECCIÓN DE MOBILIARIO Y EQUIPO DE ALMACÉN.

Estrategias y cajas o casilleros: al usar el equipo adecuado, puede aumentar en gran medida la eficiencia y flexibilidad general de su proceso de almacenamiento.

Función receptora: Ya sea una unidad corporativa o un operador público, la función receptora es la misma.

PROCESO DE SELECCIÓN:

Después de recibir la mercancía: verificar si la mercancía está en buenas condiciones, si el contenedor está dañado o no se ha recibido la cantidad requerida de paquetes. Es importante que las restricciones correspondientes se realicen de inmediato y que no se proporcione la recepción de los bienes, ya sea por aire, mar o carretera, ya que es posible que se deban hacer cumplir las reclamaciones derivadas de los bienes ocultos.

Asimismo, el material que se reciba en las fábricas de la Compañía deberá someterse a una inspección inicial antes de ingresar al área de almacenamiento, debiendo ser rechazado si de la inspección inicial se desprende que el material es de baja calidad o en mal estado.

POR SU NATURALEZA:

a) Bienes instrumentales: Aquellos bienes que se consideran herramientas o medios para realizar las actividades que realizan, tienen una vida útil prolongada y pueden inventariarse y conservarse por separado.

b) Bienes de Consumo: Bienes que, como consecuencia de su uso en el desarrollo de la actividad que realizan, se encuentran parcial o totalmente desgastados o tienen una vida útil corta y no pueden ser inventariados individualmente.

PARA SU USO:

a) Mobiliario: Elementos que se utilizan indirectamente para la realización de actividades y que no requieren de ningún equipo para su funcionamiento.

b) Equipos: Elementos que se utilizan más directamente para la realización de actividades y requieren de equipos para su funcionamiento.

POR SU ORIGEN:

1. Bienes de propiedad de la entidad: Bienes que forman parte del patrimonio y se incorporan a través de la adquisición por parte de fuentes federales o fuentes externas al programa.

2. Bienes comodato: Bienes de propiedad de terceros y de propiedad por contrato o convenio. Están disponibles temporalmente.

3. Bienes de propiedad personal: bienes de propiedad de los funcionarios de la empresa para uso personal, de los cuales la empresa no es responsable.

SEGÚN SU CONDICIÓN FÍSICA:

- 1. Elementos útiles:** Mobiliario y equipo que aún permitan un uso y operación segura.
- 2. Obsoletos:** Mobiliario y equipo que debido a su uso ya no brinda las mínimas medidas de seguridad operativa.
- 3. Artículos inasequibles:** Mobiliario y equipo que se ha deteriorado o desintegrado con un valor de reparación mayor o casi igual a su valor de reemplazo o cuyo mantenimiento es costoso.
- 4. Severamente dañado:** El mobiliario y el equipo se encuentran en tan malas condiciones físicas que no se pueden reparar.

POR SU SITUACIÓN JURÍDICA:

- 1. Bienes perdidos:** Se desconoce el paradero del usuario por extravío, pudiendo atribuirse la causa a los muebles y equipos del usuario.
- 2. Propiedad Robada:** Mobiliario y equipo robado a los usuarios, ya sea de forma violenta o no violenta.
- 3. Bienes dañados:** muebles y equipos dañados por accidente y reclamables a la compañía de seguros.

5.4 SISTEMA INFORMÁTICO DE ADMINISTRACIÓN DE ALMACENES.

La función de un sistema de gestión de almacenes es apoyar el proceso de almacenamiento en la cadena de suministro. Su objetivo es encontrar la mejor solución para la configuración del almacén y simplificar el proceso de administración de inventario. Los beneficios son minimizar una pérdida de inventario, costos operativos reducidos, mayor capacidad de almacenamiento y precisión de inventario, control operativo en tiempo real y mejores niveles de servicio al cliente. Cabe señalar que estos sistemas pueden ser independientes o formar parte de un sistema y pueden incluir tecnologías complejas como la identificación por radiofrecuencia y el reconocimiento de voz. Sin embargo, el principio básico del sistema de almacenamiento sigue siendo el mismo, que es proporcionar información para permitir un control efectivo de los artículos en el almacén.

TIPOS DE SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS:

Gestión integrada de inventario: el objetivo es tener el artículo correcto en el lugar correcto en el momento correcto. Con las unidades de almacenamiento de existencias (SKU), los artículos se registran cuando llegan a la tienda y cuando se venden. Simplemente escanee el código de barras en el momento de la compra y el número de SKU, el nombre del producto, el precio de venta y el costo se registrarán en la base de datos de la empresa.

Optimización dinámica de inventario (ODI): esta es una técnica eficiente de administración de inventario. Esto permite la administración y control de stocks de productos terminados comprados para su uso o venta, y caracterizados por una demanda futura incierta.

Sistema de Gestión de Almacenes (WMS): Este sistema permite realizar todos los movimientos de mercancías desde uno o varios almacenes (incluidos los de terceros) de forma organizada, lo que garantiza la optimización de las técnicas de almacenaje y de los medios técnicos y humanos implicados. Para ello, el software debe estar integrado en herramientas como lectores láser de código de barras, terminales de transmisión de datos por radiofrecuencia, etc., y contar con integración de acceso a Internet.

Sistemas Avanzados de Planificación y Programación (APS): Estas herramientas informáticas incluyen el uso de técnicas de optimización para obtener “soluciones inteligentes” en la gestión de la cadena de suministro. Para ello, el programa utiliza técnicas como la programación lineal, la clasificación ABC de acciones, los modelos heurísticos y la teoría de métodos restringidos.

A) PRESENTACIONES EN POWER POINT.

Para esta unidad, los alumnos formarán equipos de trabajo para elaborar presentaciones en POWER POINT de los temas que se les asignen.

B) APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS.

Siguiendo con la participación de los alumnos, en sus presentaciones, presentarán y desarrollarán la solución del problema seleccionado.

C) CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN.

Como resultado de los pasos anteriores, los alumnos elaborarán los cuestionarios de evaluación de los temas asignado los cuales se aplicarán al grupo en general.

FUENTES DE INFORMACIÓN.

Alonso Breede, Olivia. "Análisis de las relaciones públicas en los hoteles de 4 estrellas". (Documento PDF). 2017. Universidad de Valladolid.Facultad de Ciencias Sociales, Jurídicas y de la Comunicación. Campus Público "María Zambrano". Segovia, España.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24774/TFG-N.%20713.pdf?sequence=1>
2 de marzo del 2023.

Álvarez Díaz, José Alberto. "Administración de Almacenes". (Documento WEB). 2019. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Villahermosa. Villahermosa, Tabasco, México.
<https://es.scribd.com/document/435363400/Unidad-5-Administracion-de-Almacenes>
12 de julio del 2023.

"Árbol de Decisiones". Autor. (Documento WEB). s/a.
<https://es.scribd.com/presentation/246807776/Arbol-de-Decisiones>
7 de julio del 2023.

Caba Villalobos, Naim; Chamorro Altahona, Oswaldo y Fontalvo Herrera, Tomás José. "**Gestión de la Producción y Operaciones**". (Libro en la WEB en PDF). (s/a)
http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55847.pdf
26 de junio del 2019.

Cadenas Víctor, AO. "Definición concepto de sistemas de producción". (Documento web). s/a. Sites.google.com.
<https://sites.google.com/site/aocadenasvictor/1-1-defininicion-concepto-de-sistemas-deproduccion>
20 de febrero del 2023.

Capacidad de producción: ¿Qué es y cómo se calcula?". Autor. (Documento WEB). 2016.
<https://ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa/>
6 de noviembre del 2019.

Chase, Richard B., Jacobs, F. Robert y Aquilano, Nicholas J. 2009. **Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros**. Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores, s. a. de c. v. Duodécima edición, traducido de la duodécima edición de: operations and supply management. México, D. F., México.

Carro Paz, Roberto y González Gómez Daniel. "Capacidad y Distribución Física". (Documento PDF). s/a. Administración de las Operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y sociales. Universidad Nacional de Mar de Plata. Argentina.
http://nulan.mdp.edu.ar/1620/1/15_capacidad_distribucion.pdf

6 de noviembre del 2019.

Carro Paz, Roberto y González Gómez, Daniel. "Modelos de líneas de espera". (Documento PDF). s/a. Administración de las Operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional del Mar de la Plata. Argentina.

http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1622/1/17_modelos_lineas_espera.pdf

7 de julio del 2023.

Delgado Soto, Sandra E., Cruz Rivero, Lidilia y Lince Olguín, Ernesto. "El uso de software libre en el control de inventarios: caso de estudio". (Documento PDF). 2019.

<https://www.uv.mx/iiesca/files/2019/10/08CA201901.pdf>

20 de julio del 2023.

Díaz del Castillo Rodríguez, Felipe. "La manufactura esbelta". (Documento PDF). 2009. LECTURAS DE INGENIERÍA 6. Laboratorio de tecnología de materiales. Departamento de ingeniería. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Izcalli.

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf

30 de mayo del 2023.

"Estrategia de operaciones: la clave para el éxito de una empresa". Autor. (Página WEB). 2021.

<http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2014/01/estrategia-de-operaciones-la-clave-para-el-exito-de-una-empresa.htm>

13 de septiembre del 2021.

"Estrategia del proceso". Autor. (Documento WEB). 2016. Administración de la Producción.

<https://investy24.blogspot.com/2016/06/estrategia-del-proceso.html>

7 de julio del 2023.

"Excel OM". Autor. (Documento WEB). Updatestar. s/a.

<https://excel-om.updatestar.com/es>

24 de julio del 2023.

Heizer, Jay y Render, Barry. 2009. **Principios de Administración de operaciones**. Séptima edición. Editorial Prentice Hall Pearson Educación de México, S. A. de C. V. México, D. F., México.

Hernández Matías, Juan Carlos y Vizán Idoipe, Antonio. Lean manufacturing. 2013. *Conceptos, técnicas e implantación*. Libro en PDF. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela de Organización Industrial. Madrid, España.

<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnica-e-implantacion>

29 de mayo del 2023.

- Krajewski, Lee y Ritzman, Larry P. 2000. **Administración de operaciones. Estrategia y análisis**. Quinta edición. Editorial Pearson Educación. México, D. F., México.
- Krajewski, Lee; Ritzman, Larry y Malhotra, Manoj. 2008. **Administración de operaciones. Procesos y cadena de valor**. PEARSON EDUCACIÓN, México. Octava edición. (Libro en la WEB). México, D. F., México.
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion_De_Operaciones - LEE J. K-comprimido.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion_De_Operaciones_-_LEE_J._K-comprimido.pdf)
7 de julio del 2023.
- Laguna, Clara. “Correlación y regresión lineal”. Diplomado en Salud Pública. 2. Metodología en Salud Pública. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. España. (Documento PDF). 2014.
<http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>
22 de octubre del 2019.
- “Métodos estadísticos para la estimación de ingresos”. Autor. Diplomado en Gestión Estratégica de las Finanzas Públicas. D.R. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 2006. (Documento PDF).
http://www.cca.org.mx/funcionarios/biblioteca/html/finanzas_publicas/documentos/3/m3_metodos.pdf
22 de octubre del 2019.
- “Modelos de inventario”. Autor. (Documento WEB). s/a. Investigación de Operaciones II.
<http://modelosinventario.blogspot.com/p/modelos-de-inventario.html>
15 de julio del 2023.
- Monarca Cruz, Cristian. “Cálculo de Requerimientos Del Equipo”. (Documento WEB). 2021.
<https://es.scribd.com/document/538074998/Calculo-de-Requerimientos-del-Equipo>
6 de julio del 2023.
- Monsalve Fonnegra, Gisela Patricia. “Planificación de operaciones de manufactura y servicios. (Libro en WEB). 2018. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia.
<https://es.scribd.com/read/398570840/Planificacion-de-operaciones-de-manufactura-y-servicios>
4 de julio del 2023.
- “Producción artesanal”. Autor. (Documento PDF). s/f. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatecas.
https://enlinea.zacatecas.tecnm.mx/pluginfile.php/35820/mod_resource/content/1/Produccion%CC%81n%20Artesanal.pdf
12 de mayo del 2023.

- “Pronósticos para empresas en creación”. Autor. (Documento WEB). 2019. Instituto Tecnológico de Orizaba. Orizaba, Veracruz, México.
<https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-orizaba/administracion-de-operaciones/tema-25-26-2-25-pronosticos-en-el-sector-servicios-26-pronosticos-para-empresas-en-creacion/14297117>
 5 de julio del 2023.
- Quiroa, Myriam. “Sistema de producción”. (Documento WEB). 2020.
<https://economipedia.com/definiciones/sistema-de-produccion.html>
 5 de marzo del 2023.
- Render, Barry y Heizer, Jay. 2007. **Administración de la producción**. Primera Edición. Editorial Prentice-Hall. PEARSON EDUCACIÓN, México. México, D. F., México.
- Rodríguez, William. “Pronóstico de Relaciones Causales”. (Página WEB). 2019.
<https://es.scribd.com/document/423956520/Pronostico-de-Relaciones-Causales>
 15 de junio del 2023.
- Román, Angélica. “Producción de bienes”. (Página WEB). 2011. Medwave. Revista médica revisada por pares. Santiago, Chile.
<https://www.medwave.cl/series/GES01/5286.html>
 12 de mayo del 2023.
- Schroeder, Roger G.; Meyer Goldstein, Susan y Rungtusanatham, M. Johnny. 2011. **Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos**. Quinta Edición. Traducido de la octava edición en inglés de Operations Management. Contemporary concepts and cases. Editorial McGraw Hill. **Libro en PDF**. México, D. F., México.
https://www.academia.edu/32382275/Admon._de_Operaciones_Roger_G._Shroeder.pdf
 26 de junio del 2019.
- “Software de inventario, la herramienta que mantiene el stock bajo control”. Autor. (Documento WEB). 2021. Mecalux.
<https://www.mecalux.com.mx/blog/software-de-inventario>
 20 de julio del 2023.
- “Tipos de sistemas de producción”. Autor. s/a. (Documento PDF).
http://ual.dyndns.org/Biblioteca/Admon_de_la_Produccion/Pdf/Unidad_04.pdf
 9 de septiembre del 2021.
- Uriel, Carlos. “Herramientas para la planeación de la capacidad”. (Documento PDF). s/a.
https://www.academia.edu/33877356/3_4_HERRAMIENTAS_PARA_LA_PLANEACION_DE_LA_CAPACIDAD
 10 de julio del 2023.

Vargas Martinez, Jorge Enrique. "Administración de Operaciones I". Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Kalkiní en el estado de Campeche. Calkiní, Campeche, México

Villagrán Magallanes, Jackelyne. "Consideraciones de La Capacidad". (Página WEB). 2020. <https://es.scribd.com/document/454213268/Consideraciones-de-La-Capacidad>
5 de julio del 2023.

Villarreal, Fernanda. "Introducción a los Modelos de Pronósticos". (Documento PDF). 2016. Universidad Nacional del Sur- Departamento de Matemática. Buenos Aires, Argentina. fvillarreal@uns.edu.ar
[https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion a los Modelos de Pronosticos.pdf](https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion%20a%20los%20Modelos%20de%20Pronosticos.pdf)
4 de julio del 2023.

ANEXO 1. DOCUMENTOS FINALES.

1. INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA



Instituto Tecnológico de Jiquilpan

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

Gestión del Curso

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias del periodo: AGOSTO -DICIEMBRE 2022

Nombre de la asignatura: Administración De Las Operaciones I Grupo: IA

Carrera: Ingeniería Industrial Clave de la asignatura: INC1001 / INC1001

Horas teoría - Horas prácticas - Créditos: 2-2-4



1.- Objetivo de la asignatura

Utiliza técnicas de pronósticos y de planeación de la capacidad para tomar decisiones en la administración de sistemas de producción de bienes y servicios.

Aplica técnicas de inventarios y de administración de almacenes para optimizar los sistemas de almacenamiento.

2.- Caracterización de la asignatura

Esta asignatura es fundamental en la carrera de ingeniería industrial, debido a que aporta al perfil profesional las herramientas básicas para diseñar, mejorar e integrar sistemas productivos de bienes y servicios aplicando tecnologías para su optimización. Para cursar administración de las operaciones I, es requisito que los estudiantes tengan conocimientos previos de los temas: estadística inferencial I, estadística inferencial II. Asimismo, se ubica en quinto semestre y es requisito para cursar la de administración de operaciones II y formulación y evaluación de proyectos. Esta asignatura contribuye al desarrollo del estudiante con un pensamiento sistémico, el manejo de técnicas de pronósticos, de planeación de la capacidad e inventarios para la toma de decisiones y optimizar los sistemas de producción de bienes y servicios.

3.- Intención didáctica

La asignatura de administración operaciones proporciona al estudiante los conceptos y herramientas esenciales para aplicarlas en los sistemas de producción de bienes y servicios. El desarrollo de esta asignatura está organizado en cinco unidades. El tema uno hace referencia al estudio de los diferentes sistemas de producción, analizando sistemas reales, así como las funciones principales desarrolladas en la administración de operaciones. En el tema dos se dan a conocer los métodos de pronóstico de la demanda para planear la actividad futura de la empresa. El tema tres abarca desde los conceptos básicos hasta las herramientas para la planeación de la capacidad. El tema cuatro hace referencia a la administración de inventarios con demanda independiente con el fin de reducir faltantes y los costos de inventario, mediante la aplicación de los modelos y sistemas de inventarios. El tema cinco considera la importancia de administración de almacenes, las operaciones que se llevan a cabo, así como la selección del equipo de manejo del almacenamiento y la utiliza tecnologías de la información para un mejor control de los inventarios y reducción de los relacionados. El enfoque de esta asignatura es teórico-práctico ya que el contenido se aplica a situaciones reales para analizar, diseñar y mejorar los sistemas de producción de bienes y servicios. de igual manera, se recomienda que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio, casos prácticos, visitas a empresas de manufactura y resolver problemas contextuales, donde implica el enfoque de investigación, de modo que aplique modelos y técnicas cuantitativas para tomar decisiones sobre situaciones reales y mejorar la productividad de los sistemas productivos de bienes y servicios. Es recomendable el uso de software como: win qsb, ds for windows y hojas de cálculo como herramientas para la solución de problemas. Por otra parte, es importante que el estudiante se desempeñe con ética, que sea autónomo y estratégico en cada una de las actividades que realice en esta asignatura. El (la) docente actuará como un facilitador (a) del aprendizaje y debe asegurar el dominio de las competencias requeridas para cada subtema, con los tres saberes integrados saber conocer, saber hacer, saber convivir. Asimismo, durante el curso él o (la) docente llevará a cabo actividades para lograr la retroalimentación y la metacognición en los estudiantes, con el propósito de alcanzar las competencias planteadas.

4.- Análisis por competencias específicas

Competencia 1 - Sistemas De Producción

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividad de aprendizaje / enseñanza	Semanas programadas
Definición Y Concepto De Los Sistemas De Producción	Cátedra docente Investigación documental	22 de Agosto de 2022 - 26 de Agosto de 2022
La Evolución De Los Sistemas De Producción.		22 de Agosto de 2022 - 26 de Agosto de 2022
Clasificación De Los Sistemas De Producción.		29 de Agosto de 2022 - 2 de Septiembre de 2022
Sistemas Avanzados De Manufactura.		29 de Agosto de 2022 - 2 de Septiembre de 2022
Actividades Principales De La Administración De Operaciones.		5 de Septiembre de 2022 - 9 de Septiembre de 2022
Estrategias De Operaciones En Un Entorno Global		5 de Septiembre de 2022 - 9 de Septiembre de 2022

Indicador de alcances	Valor del indicador
A. Se adapta a situaciones y contextos complejos.	45
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	25
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	10
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	10
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	10
F. Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	0

Niveles de desempeño

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	A, B, C, D, E,	100-95
	Notable	A, B, C, D,	94-85
	Bueno	A, B, C,	84-75
	Suficiente	A, B,	74-70
Competencia no alcanzada	Insuficiente		NA

Matriz de evaluación

Evidencia de aprendizaje	%	Indicadores de alcances						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Evaluación escrita	80	25	25	10	10	10	0	Competencias específicas del tema
Asistencia a clases	20	20						
Total	100	45	25	10	10	10	0	

Competencia 2 - Pronóstico De La Demanda

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividad de aprendizaje / enseñanza	Semanas programadas
Importancia Estratégica Del Pronóstico Características De La Demanda. Métodos Cualitativos. Métodos Cuantitativos. Pronósticos En El Sector Servicios. Pronósticos Para Empresas En Creación. Uso De Software En Pronósticos	Cátedra docente Resolución de ejercicios	12 de Septiembre de 2022 - 16 de Septiembre de 2022 12 de Septiembre de 2022 - 16 de Septiembre de 2022 12 de Septiembre de 2022 - 16 de Septiembre de 2022 19 de Septiembre de 2022 - 23 de Septiembre de 2022 19 de Septiembre de 2022 - 23 de Septiembre de 2022 26 de Septiembre de 2022 - 30 de Septiembre de 2022 26 de Septiembre de 2022 - 30 de Septiembre de 2022

Indicador de alcances	Valor del indicador
A. Se adapta a situaciones y contextos complejos.	25
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	35
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	20
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	10
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	10
F. Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	0

Niveles de desempeño

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
	Excelente	A, B, C, D, E,	100-95
	Notable	A, B, C, D,	94-85
Competencia alcanzada	Bueno	A, B, C,	84-75
	Suficiente	A, B,	74-70
Competencia no alcanzada	Insuficiente		NA

Matriz de evaluación

Evidencia de aprendizaje	%	Indicadores de alcances						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Evaluación escrita	80	25	25	10	10	10	0	Competencias específicas del tema
Asistencia a clases	20	0	10	10	0	0	0	
Total	100	25	35	20	10	10	0	

Competencia 3 - Planeación De La Capacidad

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividad de aprendizaje / enseñanza	Semanas programadas
Conceptos Generales. Consideración Sobre La Capacidad. Planeación De La Capacidad. Herramientas Para La Planeación De La Capacidad	Cátedra docente Resolución de ejercicios	3 de Octubre de 2022 - 7 de Octubre de 2022 3 de Octubre de 2022 - 7 de Octubre de 2022 10 de Octubre de 2022 - 14 de Octubre de 2022 17 de Octubre de 2022 - 21 de Octubre de 2022

Indicador de alcances	Valor del indicador
A. Se adapta a situaciones y contextos complejos.	45
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	25
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	10
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	10
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	10
F. Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	0

Niveles de desempeño

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
	Excelente	A, B, C, D, E,	100-95
	Notable	A, B, C, D,	94-85
Competencia alcanzada	Bueno	A, B, C,	84-75
	Suficiente	A, B,	74-70
Competencia no alcanzada	Insuficiente		NA

Matriz de evaluación

Evidencia de aprendizaje	%	Indicadores de alcances						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Evaluación escrita	80	25	25	10	10	10	0	Competencias específicas del tema
Asistencia a clases	10	10						
Participación en clase	10	10						
Total	100	45	25	10	10	10	0	

Competencia 4 - Administración De Inventarios

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividad de aprendizaje / enseñanza	Semanas programadas
Definición Y Tipos De Inventarios. Ventajas Y Desventajas De Los Inventarios. Administración De Los Inventarios. Modelos De Inventario Determinísticos. Modelos De Inventario Probabilísticos. Uso De Software En Inventarios	Cátedra docente Resolución de ejercicios	24 de Octubre de 2022 - 28 de Octubre de 2022 24 de Octubre de 2022 - 28 de Octubre de 2022 31 de Octubre de 2022 - 4 de Noviembre de 2022 31 de Octubre de 2022 - 4 de Noviembre de 2022 7 de Noviembre de 2022 - 11 de Noviembre de 2022 7 de Noviembre de 2022 - 11 de Noviembre de 2022

Indicador de alcances	Valor del indicador
A. Se adapta a situaciones y contextos complejos.	45
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	25
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	10
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	10
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	10
F. Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	0

Niveles de desempeño

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
	Excelente	A, B, C, D, E,	100-95
	Notable	A, B, C, D,	94-85
Competencia alcanzada	Bueno	A, B, C,	84-75
	Suficiente	A, B,	74-70
Competencia no alcanzada	Insuficiente		NA

Matriz de evaluación

Evidencia de aprendizaje	%	Indicadores de alcances						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Evaluación escrita	80	25	25	10	10	10	0	Competencias específicas del tema
Participación en clase	10	10						
Asistencia a clases	10	10						
Total	100	45	25	10	10	10	0	

Competencia 5 - Administración De Almacenes

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividad de aprendizaje / enseñanza	Semanas programadas
Funciones Y Manejo Físico De Los Inventarios, Recepción, Organización, Despacho, Mantenimiento De Los Registros	Cátedra docente	14 de Noviembre de 2022 - 18 de Noviembre de 2022
Localización Y Distribución De Almacenes.	Resolución de ejercicios	21 de Noviembre de 2022 - 25 de Noviembre de 2022
Selección De Mobiliario Y Equipo De Almacén.		28 de Noviembre de 2022 - 2 de Diciembre de 2022
Sistemas Informáticos De Administración De Almacenes		5 de Diciembre de 2022 - 9 de Diciembre de 2022

Indicador de alcances	Valor del indicador
A. Se adapta a situaciones y contextos complejos.	35
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	25
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	20
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	10
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	10
F. Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	0

Niveles de desempeño

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
	Excelente	A, B, C, D, E,	100-95
	Notable	A, B, C, D,	94-85
Competencia alcanzada	Bueno	A, B, C,	84-75
	Suficiente	A, B,	74-70
Competencia no alcanzada	Insuficiente		NA

Matriz de evaluación

Evidencia de aprendizaje	%	Indicadores de alcances						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Evaluación escrita	60	15	15	10	10	10	0	Competencias específicas del tema
Exposición de temas	30	10	10	10				
Asistencia a clases	10	10						
Total	100	35	25	20	10	10	0	

5.- Fuentes de información y apoyo didácticos

Fuentes de información

1. Adam Everett E. y Ebert Ronald J. Administración de la Producción y las Operaciones (Cuarta edición), Pearson Educacion, 1991.2. Chase Richard B, Aquilano Nicholas J. y Jacobs F. Robert. Administración de Producción y Operaciones (Octava edición), McGraw-Hill, 2000.3. Gaither Norman y Frazier Greg. Administración de Producción y Operaciones (Cuarta edición), International Thomson Editores, 2000.4 Centro de Estudios Avanzados de Las Américas. Maestría En Negocios Internacionales. Administración de la Producción y Operaciones.5. Hay, Edward J. Justo a tiempo, Grupo editorial Norma, 19986. Hernández Arnoldo. Manufactura justo a tiempo. CECSA.7. Hopeman Richard J. Administración de Producción y Operaciones. CECSA, 1986.8. Krajewski Lee J. y Ritzman Larry P. Administración de Operaciones (Quinta edición), Prentice Hall, 2000.9. Lubben, Richard T. Just- in- Time manufacturing: an aggressive manufacturing strategy. McGraw-Hill, 1988.10. Nahmias Steven. Análisis de la Producción y las Operaciones (Quinta edición), McGraw-Hill, 2007.11. Narasimhan, Seetharama. Planeación de la Producción y Control de Inventarios (Segunda edición), Prentice Hall,1997.12. O'Grady, P.J. Just in Time, Una Estrategia Fundamental Para los Jefes de Producción, Mc Graw- Hill, 1992.13. Render Barry y Heizer Jay. Principios de Administración de Operaciones (Séptima edición), Pearson Educacion, 2009.14. Schonberger, Richard J. Técnicas Japonesas de Fabricación, Ed. Limusa, 1998.15. Shingo, Shigeo. El Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la Ingeniería. 2da. Edición.

6.- Calendarización de evaluación en semanas

Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-	ED	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9	EF10	EF11	EF12	EF13	EF14	EF15

ED = Evaluación diagnóstica

EF = Evaluación formativa

ES = Evaluación sumativa

Juan Carlos Gutierrez Castellanos

Joel Guerra Pizano

Nombre y Firma del Docente

Vo. Bo. Jefe del Departamento

Elaborado el 03 de Agosto de 2022

Instituto Tecnológico de Jiquilpan
Justicia Social en la Tecnificación Industrial

2. CARTA DE RECONOCIMIENTO DEL AUTOR DE LOS DERECHOS A FAVOR DEL TECNM

Ciudad de México, a 15 de octubre del 2023.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO.

PRESENTE

Bajo protesta de decir verdad, Juan Carlos Gutiérrez Castellanos, personal docente adscrito al Instituto Tecnológico de Jiquilpan del Tecnológico Nacional de México, manifiesto que en cumplimiento de mis actividades relacionadas con el Año Sabático elaboré la obra titulada

"Apuntes de la materia Administración de las Operaciones I (Clave INC-1001 Ingeniería Industrial IIND-2010-227)".

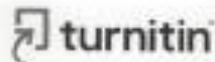
Con base en lo anterior, y con fundamento en los artículos 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y 46 de su Reglamento, reconozco que el Tecnológico Nacional de México es titular de los derechos patrimoniales sobre la misma y le corresponden las facultades relativas a la divulgación, integridad de la obra y de colección, conservando el derecho a figurar como autor. Asimismo, respondo por la autoría y originalidad de la citada obra; y relevo de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que considere que con esta obra es afectado en alguno de los derechos protegidos por la Ley en cita, asumiendo todas las consecuencias legales y económicas.

ATENTAMENTE

JUAN CARLOS GUTIÉRREZ CASTELLANOS

AUTOR

3. REPORTE DE SOFTWARE ESPECIALIZADO.



Identificación de reporte de similitud. cid:20755:262866236

NOMBRE DEL TRABAJO

APUNTES MODIFICADOS 05 09 23 (2).pdf

AUTOR

Juan Carlos Gutiérrez Castellanos

RECuento DE PALABRAS

44270 Words

RECuento DE CARACTERES

237064 Characters

RECuento DE PÁGINAS

158 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 13, 2023 10:21 AM CST

FECHA DEL INFORME

Sep 13, 2023 10:24 AM CST

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



Act
Ve a