

UNIDAD 5

PROGRAMACIÓN NO LINEAL

OBJETIVO

Crear modelos con ecuaciones no lineales basados en problemas organizacionales de la actualidad, donde el principal objetivo sea minimizar costos y maximizar las utilidades.

TEMARIO

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS NO LINEALES

5.2 FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS CON RESTRICCIONES U
OBJETIVOS NO LINEALES

5.3 MÉTODO DE RECURRENCIA

5.4 ALGORITMO DE POOLING

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

La programación no lineal forma parte de la investigación de operaciones y también, como la programación lineal, tiene como finalidad proporcionar los elementos para encontrar los puntos óptimos para una función objetivo. En este planteamiento, tanto la función objetivo como las restricciones son no lineales.

Se presenta un problema de programación no lineal cuando tanto la función objetivo que debe optimizarse, como las restricciones del problema, o ambas, tienen forma de ecuaciones diferenciales no lineales, es decir, corresponden a ecuaciones cuyas variables tienen un exponente mayor que 1.

El campo de aplicación de la programación no lineal es muy amplio, sin embargo, hasta la fecha los investigadores de esta rama del conocimiento no han desarrollado un método sistemático que sea práctico para su estudio. La programación no lineal también es conocida con el nombre de *programación cuadrática*, en virtud de que la mayor parte de los problemas que resultan contienen ecuaciones cuadráticas o de segundo grado.

Muchas veces se presentan casos en que se deben maximizar funciones no lineales que presentan restricciones lineales; esto es posible resolverlo, siempre y cuando se admita la hipótesis de que la utilidad marginal no es constante, en este caso, la función objetivo deja de ser lineal.

Las ventajas más importantes de la programación no lineal son dos:

1. En algunas ocasiones la distribución óptima del presupuesto excluye cualquiera de los bienes considerados en el presupuesto general; esta situación se refleja en cualquiera de las restricciones del modelo.
2. La programación no lineal aporta mayor información que la contenida en el análisis marginal. No sólo define el objetivo, sino que también señala la orientación específica para lograr el objetivo.

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS NO LINEALES

Los problemas no lineales se caracterizan por tener relaciones no lineales; es decir, no existe una relación directa y proporcional entre las variables que intervienen. Los problemas de programación no lineal, también son llamados curvilíneos, ya que el área que delimita las soluciones factibles en un gráfico se presenta en forma de curva.

La función objetivo en la programación no lineal, puede ser cóncavo o convexo. Es cóncavo cuando se trata de maximizar utilidades, contribuciones, etc. Es convexo cuando trata de minimizar recursos, costos, etc.

Los problemas que contienen restricciones lineales, se resuelven de una forma más sencilla que los problemas con restricciones no lineales.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue un problema no lineal y explique por qué cumple con las características de la no linealidad

5.2 FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS CON RESTRICCIONES U OBJETIVOS NO LINEALES.

Una forma de resolver los problemas de programación no lineal es convirtiendo los problemas de forma tal, que se pueda aplicar la programación lineal. Los problemas de programación no lineal abarcan problemas con función objetivo no lineal y restricciones no lineales, como se presenta en el ejemplo siguiente:

$$\text{Maximizar } Z = (\$9.6 X - \$0.06 X^2) + \$10Y$$

$$\text{Sujeto a: } 3 X^2 + 2Y^2 \leq 13,950$$

$$X \geq 0, Y \geq 0$$

Como se puede observar, tanto la función objetivo como la restricción presentan variables de segundo grado (potencia cuadrática); por lo tanto, son no lineales. Para comenzar con la resolución de un problema no lineal se representa la restricción en un gráfico, para ello, se utiliza el mismo

procedimiento empleado en el método gráfico de programación lineal (véase tema 2.3 Algoritmos de solución).

Considerando la desigualdad $3X^2 + 2Y \leq 13,950$, se le asigna un valor de 0 a la variable Y, para encontrar el punto de X en el gráfico. Así mismo, se asigna un valor de 0 a la variable X, para encontrar el punto Y en el gráfico:

Despejando la variable X se procede de la forma siguiente:

$$3X^2 + 2Y^2 \leq 13,950$$

$$3X^2 + 2(0)^2 \leq 13,950$$

$$X^2 \leq 13,950 / 3$$

$$X^2 \leq 4,650$$

$$X \leq \sqrt{4,650}$$

$$X \leq 68.19$$

Para despejar la variable Y se procede como sigue:

$$3X^2 + 2Y^2 \leq 13,950$$

$$3(0)^2 + 2Y^2 \leq 13,950$$

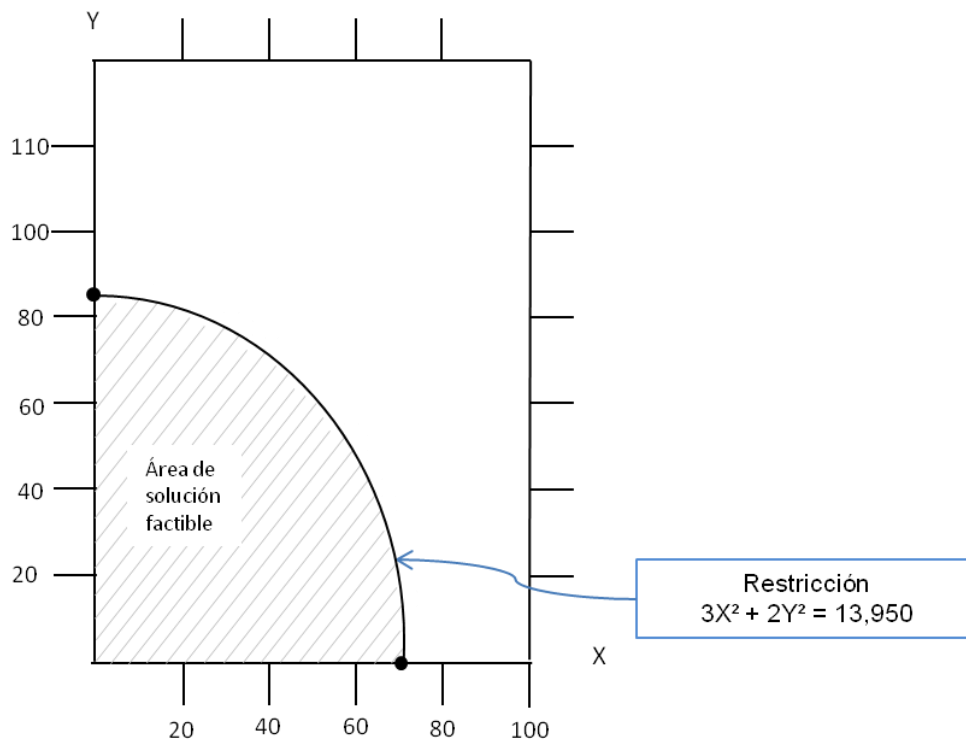
$$Y^2 \leq 13,950 / 2$$

$$Y^2 \leq 6,975$$

$$Y \leq \sqrt{6,975}$$

$$Y \leq 83.51$$

De acuerdo con el procedimiento por el método gráfico de programación lineal, se debe dibujar en un plano cartesiano cada una de las restricciones formuladas matemáticamente, de esa forma se representa como se muestra en el gráfico siguiente la restricción considerada para este ejemplo:



Como podemos observar, la restricción se representa por una curva convexa, por lo que la función objetivo es cóncava. Para graficar la función objetivo, se asigna un valor cualquiera a la variable X y a la contribución; para este ejemplo, se asignó un valor a $X=40$ y una contribución de \$1,000.

Sustituyendo el valor de X en la función objetivo, se puede encontrar el valor de la variable Y, como se presenta a continuación:

$$(\$9.6 X - \$0.06 X^2) + \$10Y = \$1,000 \quad \leftarrow \text{Función objetivo}$$

$$\$9.6 (40) - \$0.06 (40^2) + \$10Y = \$1,000$$

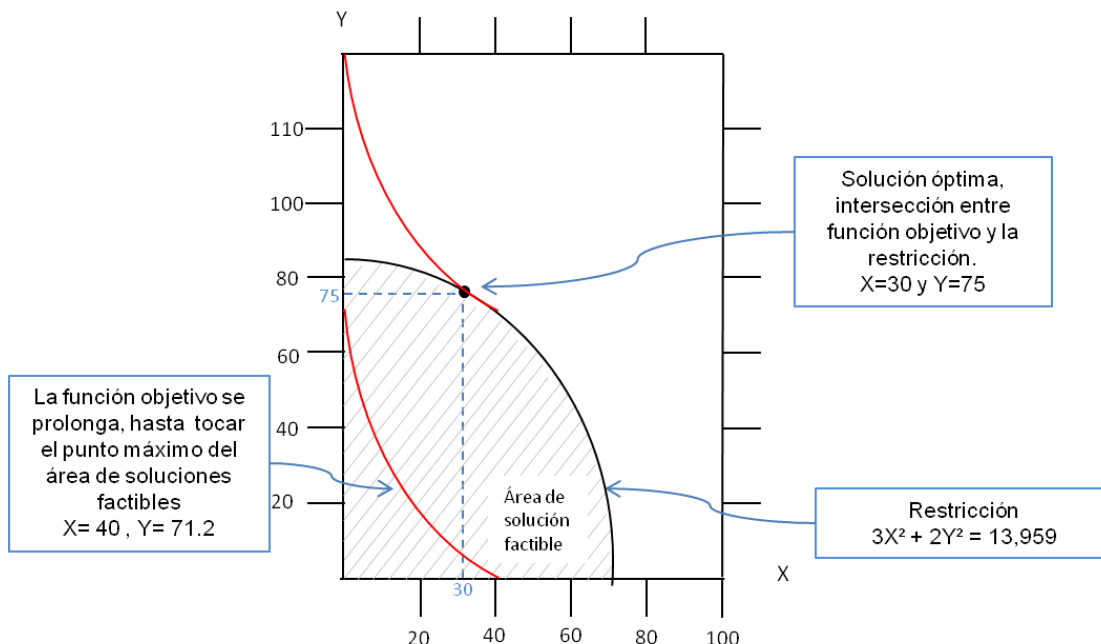
$$\$288 + \$10Y = \$1,000$$

$$\$10Y = 1,000 - \$288$$

$$Y = \$712 / \$10$$

$$Y = 71.2$$

Una vez obtenidos los valores de X, Y para la función objetivo, se pueden representar en un gráfico y prolongarlo hasta tocar el punto más lejano del área de soluciones factibles, para hallar la solución óptima.



La solución óptima para este ejemplo es $X=30$ y $Y=75$; sin embargo, puede calcularse matemáticamente. Para ello, se debe encontrar la derivada de la función objetivo, como se muestra a continuación:

Se resuelve la ecuación de la función objetivo para encontrar a través de un procedimiento matemático el valor de las variables, despejando las variables mediante el uso del álgebra y aplicando el cálculo diferencial, como sigue:

$$Z = (9.6 X - \$0.06 X^2) + \$10Y$$

$$Z - \$10Y = (\$9.6 X - \$0.06 X^2)$$

$$-Y = \frac{\$9.6 X}{10} - \frac{\$0.06 X^2}{10} - \frac{Z}{10}$$

$$Y = -\frac{\$9.6 X}{10} + \frac{\$0.06 X^2}{10} + \frac{Z}{10}$$

A partir de aquí se puede derivar, tomando en cuenta que Z es constante.

$$\frac{dy}{dx} = -0.96 + \frac{0.06 X}{5}$$

Una vez encontrada la derivada de la función objetivo, se procede a encontrar la derivada de la restricción, como se muestra a continuación:

$$3X^2 + 2Y^2 = 13,950$$

$$2Y^2 = 13,950 - 3X^2$$

$$Y^2 = \frac{13,950}{2} - \frac{3X^2}{2} \quad \leftarrow \text{A partir de aquí se puede derivar.}$$

$$\frac{d}{dx}(Y^2) = \frac{d}{dx} \left[\frac{13,950}{2} - \frac{3X^2}{2} \right]$$

$$2Y \frac{dy}{dx} - 3X$$

$$\frac{dy}{dx} = \left[-3X \right] \left[\frac{1}{2Y} \right]$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-3X}{2Y}$$

El siguiente paso consiste en igualar los resultados de las dos derivadas, la derivada de la restricción con la derivada de la función objetivo.

$$\frac{-3X}{2Y} = -0.96 + \frac{0.06X}{5}$$

$$\frac{1}{Y} = \frac{-2}{3X} \left[0.96 + \frac{0.06X}{5} \right]$$

$$Y = \frac{-3X}{2 \left[-0.96 + \frac{0.06X}{5} \right]}$$

Enseguida, se sustituye la ecuación Y resultante en la ecuación original de restricción.

$$3 X^2 + 2Y^2 = 13,950 \quad \leftarrow \text{Ecuación original de restricción}$$

$$3 X^2 + 2 \left[\frac{-3X}{2 \left[-0.96 + \frac{0.06 X}{5} \right]} \right]^2 = 13,950$$

$$3 X^2 + 2 \left[\frac{9X^2}{4 \left[-0.96 + \frac{0.06 X}{5} \right]^2} \right] = 13,950$$

Con el resultado anterior de la ecuación Y, sustituida en la ecuación original de restricción, se debe asignar un valor a X. Como se observa en el gráfico anterior, la solución óptima es $X = 30$, por lo que sustituiremos ese valor en la ecuación resultante:

$$3 (30)^2 + 2 \left[\frac{9(30)^2}{4 \left[-0.96 + \frac{0.06 (30)}{5} \right]^2} \right] = 13,950$$

$$2,700 + 2 \left[\frac{8,100}{4(0.36)} \right] = 13,950$$

$$13,950 = 13,950$$

Como el valor de $X=30$ satisface la ecuación, se puede considerar ese valor como un valor óptimo para el problema. Ese mismo valor puede sustituirse en la ecuación de restricción original, para encontrar el valor óptimo de la variable Y.

$$3 X^2 + 2Y^2 = 13,950$$

$$3(30)^2 + 2Y^2 = 13,950$$

$$2,700 + 2Y^2 = 13,950$$

$$2Y^2 = 13,950 - 2,700$$

$$Y^2 = 11,250 / 2$$

$$Y = \sqrt{5,625}$$

$$Y = 75$$

Con lo anterior, se tienen los valores óptimos de X e Y, por lo que ahora se procede a calcular la contribución óptima, sustituyendo los valores encontrados en la función objetivo:

$$Z = 9.6 (30) - \$0.06 (30)^2 + \$10(75)$$

$$Z = [\$ 984]$$

Se puede concluir que la empresa necesita producir 30 unidades del producto X y 75 unidades del producto Y para tener una contribución máxima de \$984.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Resolver el siguiente problema de programación no lineal

$$\text{Maximizar } Z = (\$7.34 X - \$0.02 X^2) + \$8Y$$

$$\text{Sujeto a: } 2 X^2 + 3Y^2 \leq 12,500$$

$$X \geq 0, Y \geq 0$$

5.3 MÉTODO DE RECURRENCIA

A menudo, las empresas tienen operaciones que son recurrentes; es decir, que vuelven a ocurrir una y otra vez, con diferentes valores cuantitativos dependiendo del tiempo en que suceden.

Para estos casos, podemos predecir qué ocurrirá en el futuro, si conocemos con exactitud los precedentes o antecedentes históricos. Por ejemplo: una empresa realiza un depósito de \$5,000 en su cuenta bancaria, con intereses anuales del 10% y quiere conocer cuánto dinero tendrá en diez años.

Para conocer el monto en veinte años, se debe formular un algoritmo, denominado *relación de recurrencia*, que describa el problema en cuestión. Con cálculos simples, sabemos que los montos son de:

$$\text{Monto en 1 año} = 5,000.00 + (1,000.00) (0.10) = \$ 5,500.00$$

$$\text{Monto en 2 años} = 5,500.00 + (5,500.00) (0.10) = \$ 6,050.00$$

$$\text{Monto en 3 años} = 6,050.00 + (6,050.00) (0.10) = \$ 6,655.00$$

$$\text{Monto en 4 años} = 6,655.00 + (6,655.00) (0.10) = \$ 7,320.50$$

Como se puede observar, calcular uno por uno es un proceso tedioso, por lo que es necesario formular una relación de recurrencia, que con cambiar un dato, nos arroje el resultado deseado. Para este ejemplo, se aprecia que todas las ecuaciones tienen características comunes, que se pueden representar como:

P_n = Monto que se tiene en el año n

$P_n = P_n + (0.11) (P_n)$, entonces, el monto para 2 años es

$$P_2 = 5,500.00 = 5,500.00 + (5,500.00) (0.10) = \$ 6,050.00$$

Para simplificar las operaciones en cada ecuación, se puede realizar otro algoritmo:

$$P_2 = 5,500.00 (1.10) = \$ 6,050.00$$

$$P_3 = 6,050.00 (1.10) = \$ 6,655.00$$

Sin embargo, todavía se tiene que calcular año por año, hasta llegar al año 20, que es el que le interesa a la empresa. Se aprecia que 1.11, es constante para todos los años, por lo que la relación de recurrencia, queda de la siguiente forma:

$$P_n = 1000 * (1.11)^n$$

$$\text{Para el año 2} = P_2 = 5,000.00 (1.10)^2 = \$ 6,050.00$$

$$\text{Para el año 20} = P_{20} = 5,000.00 (1.10)^{20} = \$ 33,637.50$$

De esta forma, se pueden crear relaciones de recurrencia para cada problema de la empresa, siempre que se conozcan los precedentes y las operaciones ocurran recurrentemente.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Considere que a un negocio nuevo llega una pareja, Juan y María. Pasan dos días para que le comenten a alguien sobre el nuevo negocio. Después de los dos días, Juan y María comentan a dos nuevas personas de forma diaria.

Mencione cuál sería la relación de recurrencia que mencione el número de personas que se enteraron del nuevo negocio en un mes

5.4 ALGORITMO DE POOLING

Pooling, o puesta en común, comprende todas las acciones necesarias que realiza la empresa acerca de sus recursos, gestión de recursos (como tiempo, mano de obra o materias primas), con el objetivo de aprovecharlos al máximo.

Muchas empresas necesitan acceder de forma rápida y confiable a los recursos con los que cuenta, además de tener la capacidad de dar respuesta a los cambios que puedan existir en éstos, desde disminución hasta un aumento considerable de los recursos.

La interacción entre los participantes que requieren de recursos varía ligeramente dependiendo de si el fondo de recursos con impaciencia adquiere recursos en el arranque o no.

Suponiendo que la piscina (*pool*) se apropia de los recursos por adelantado, las solicitudes posteriores de adquisición de usuarios de los recursos se sirven de esos recursos. Los usuarios de recursos los liberan para el fondo de recursos cuando no los necesite. Los recursos se reciclan en la piscina.

En el fondo de recursos se utilizan datos estadísticos que incluyen las características de uso, como el uso pasado y frecuencia de uso. Con estos datos y empleando algoritmos estadísticos en pool (piscina de recursos), podemos pronosticar y tener un panorama del comportamiento de los recursos en la empresa, para una buena gestión.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue cuáles son los recursos que necesitan todas las empresas para realizar sus labores diarias y explique cada una
2. Enfóquese en un negocio de su localidad e indique si los recursos son empleados correctamente

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: subraye la respuesta correcta

1. ¿Qué es la programación no lineal?
 - a) Es un modelo matemático de solución de problemas que contienen restricciones diferenciales no lineales.
 - b) Es un método para solución de problemas algebraicos.
 - c) Es un método para solución de restricciones y funciones objetivo.
 - d) Es un método de solución de ecuaciones.

2. Se conoce como programación cuadrática
 - a) Programación lineal.
 - b) Programación dinámica.
 - c) Programación no lineal.
 - d) La programación logarítmica.

3. A los problemas de programación no lineal se les denominan
 - a) Itinerantes.
 - b) Curvilíneos.
 - c) Poliédricos.
 - d) Poligonales.

4. ¿Cómo se resuelve un problema de programación no lineal?
 - a) Convirtiendo las restricciones y la función objetivo a forma lineal.
 - b) Obteniendo la solución de la función objetivo por el método gráfico.
 - c) Resolviendo las ecuaciones en forma algebraica.
 - d) Por medio de algoritmos de computadora.

- 5.- ¿Qué herramienta matemática se usa en la solución de problemas de programación lineal?

- a) La trigonometría.
- b) Geometría analítica.
- c) El cálculo diferencial y el álgebra.
- d) La ecuación de la línea recta.

HOJA DE RESPUESTAS

Preguntas	Respuestas			
	(a)	(b)	(c)	(d)
1	X			
2			X	
3		X		
4	X			
5			X	

UNIDAD 6

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

OBJETIVO

Identificar las actividades y recursos inmersos en la ejecución de proyectos, para su administración con el uso de redes, análisis de costos y programación financiera.

TEMARIO

6.1 CONCEPTUALIZACIÓN

6.2 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN PERT Y CPM

6.3 CONSTRUCCIÓN DE REDES FLECHA-ACTIVIDAD Y NODO-ACTIVIDAD

6.4 ACTIVIDADES FICTICIAS

6.5 DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE FECHAS

6.6 CAMINO CRÍTICO. DEFINICIÓN Y CONCEPTO. MÁRGENES DE SUCESOS Y DE ACTIVIDADES

6.7 ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE REALIZACIÓN

6.8 ANÁLISIS DE COSTOS

6.9 PROGRAMACIÓN FINANCIERA

6.10 PROYECTOS SUJETOS A RESTRICCIONES

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las organizaciones necesitan ampliarse, diversificarse, modernizarse o cualquier otra modificación que les permita ser redituables. Estos cambios o modificaciones requieren de una serie ordenada de actividades, cada una de las cuales es diferente a las demás. Cada conjunto de actividades engloba un proyecto.

Las empresas a menudo necesitan planificar actividades de acuerdo con un orden. Algunas actividades se relacionan unas con otras y, debido a esto, en ocasiones existe conflicto en los tiempos de realización de cada una.

Los proyectos ayudan a las empresas a alcanzar una meta de acuerdo con un presupuesto, calidad y tiempo establecido. Una empresa que no administra sus proyectos está destinada al fracaso.

Actualmente existen muchas técnicas que ayudan al administrador a planear sus actividades y llevarlas a cabo. Los diagramas y las redes conforman una técnica de administración muy poderosa porque se puede visualizar todo el proyecto en un lenguaje sencillo y entendible.

Las técnicas más utilizadas para la administración de proyectos que utilizan redes son el PERT y el CPM, ambas se conjuntan para generar la técnica conocida como camino crítico o ruta crítica.

El camino crítico es la ruta más larga de las diferentes alternativas que se tienen para la realización de un proyecto. Las actividades que conforman el proyecto se pueden ampliar o reducir en tiempo, dependiendo de la urgencia que se tenga en su ejecución, dando lugar a diversos ajustes en los costos del mismo. Esta técnica es flexible y se adapta a las necesidades de la empresa.

6.1 CONCEPTUALIZACIÓN

La administración de proyectos se emplea en las organizaciones cuando existe una necesidad; cuando se aplica a través de una serie ordenada de actividades se logra un resultado y deja de existir la necesidad. En la mayoría de los proyectos hay restricciones: de tiempo, de insumos, de mano de obra...y eso dificulta el proceso de realización.

Para una buena administración de los proyectos se debe tener en cuenta que cada proyecto tiene un tiempo definido y que el ciclo de vida lo conforma la delimitación, formación, operación y finalización. En la etapa de la delimitación, se plantea la factibilidad de llevar a cabo el proyecto, evaluando muchas variables.

En la etapa de formación se definen los objetivos, se organizan los recursos con los que se dispone y se elabora un plan maestro donde se incluye el presupuesto. En la etapa de operación, se ejecuta el trabajo, se dirige el proyecto y se controlan aspectos que no estén funcionando de acuerdo con lo planeado. En la última etapa, denominada terminación, se evalúan los éxitos o fracasos y se elabora un reporte que servirá como antecedente para los nuevos proyectos.

Con lo anterior, podemos definir a la administración de proyectos como la aplicación del proceso administrativo para llevar a cabo un conjunto de acciones que están interrelacionadas y con un orden secuencial, que presentan un resultado único que, por lo general, busca la rentabilidad económica.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue el campo de aplicación de la administración de proyectos
2. Investigue tres definiciones más de administración de proyectos

6.2 Sistemas de administración pert y cpm

Se denominan sistemas de administración ya que engloban un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí y se encargan de administrar los

proyectos que se deriven de necesidades de la empresa. Las técnicas PERT y CPM son métodos de ruta crítica, que no es más que una serie de actividades que presentan el mayor tiempo de duración en el proyecto.

El sistema PERT (Program Evaluation and Review Technique) toma a los tiempos de realización de cada actividad como aleatorios; es decir, los tiempos aunque se definan puede que se acorten o se alarguen. Por ello, para efecto de construcción de redes, encontramos tiempos optimistas (cuando la actividad se realiza en menor tiempo), pesimista (cuando la actividad se realiza en un tiempo mayor) y real (cuando se realiza en el tiempo que se tenía programado).

El sistema CPM (Critical Path Method) contribuye también a organizar las actividades de un proyecto y encontrar la duración del mismo. A diferencia del sistema PERT, este método considera que todos los tiempos de las actividades son conocidos, por lo que existe una certeza de que todo se llevará a cabo de acuerdo con lo planeado.

Para la construcción de redes, primero es necesario delimitar el proyecto y conocer cada una de las actividades que lo integrarán. Después se debe relacionar cada una de las actividades desde el inicio hasta el fin. Luego se debe construir un diagrama o red, en donde se presente la relación de las actividades de acuerdo con el orden de ejecución de cada una. Una vez construida la red, es necesario establecer los costos y el tiempo de ejecución de cada actividad.

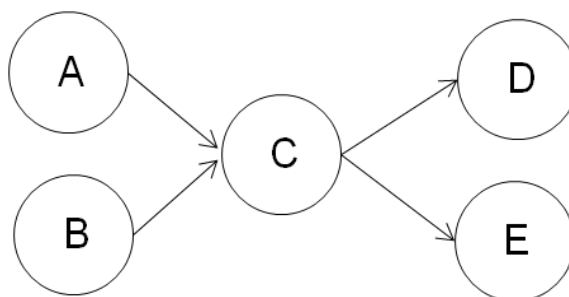
Después se debe identificar la ruta crítica (la ruta con mayor tiempo de duración). Esta red es una herramienta de ayuda al administrador, para tener un mayor control del proyecto.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue la historia de los sistemas de administración PERT y CPM
2. Describa las actividades de un proyecto empresarial y ordénelas de acuerdo con su ejecución

6.3 CONSTRUCCIÓN DE REDES FLECHA-ACTIVIDAD Y NODO-ACTIVIDAD

La red permite visualizar todas las actividades inmersas en el proyecto. Para su construcción se deben usar flechas que relacionan una actividad con otra y nodos o círculos que representan a las actividades. Para comenzar a elaborar la red, se debe tener presente la secuencia de cada actividad, cuál es primero y cuál después; también, es necesario conocer qué actividades deben ejecutarse antes de iniciar otra o qué actividades se pueden realizar al mismo tiempo.



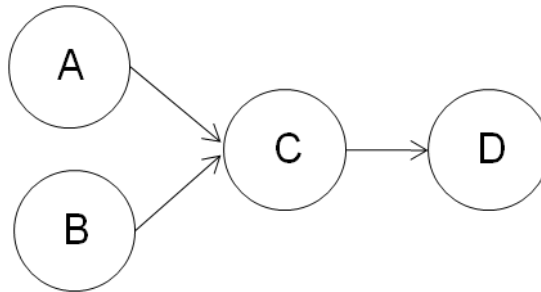
En el gráfico se muestra cómo pueden hacerse las actividades A y B de manera simultánea y por qué deben ejecutarse antes de la C; una vez terminada ésta, pueden realizarse las actividades D y E.

Una vez que se conozcan las actividades y su secuencia, iniciamos dibujando la actividad ficticia y después, tomando en consideración la secuencia, ir dibujando cada nodo, relacionándolos con las flechas. A continuación se muestra un ejemplo:

ACTIVIDAD	PRECEDENTE
A	-
B	-
C	A, B
D	C

Tomando los datos de la tabla anterior, comenzamos dibujando la actividad A que es la primera en el proyecto, al igual que la actividad B. Ya que ninguna la antecede se pueden dibujar en la misma línea vertical. Después se procede a dibujar la actividad C, relacionada con A y B que son las que la

preceden. Para finalizar, dibujamos la actividad D, seguida de la C; esto significa que se debe terminar la actividad C para realizar D.



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

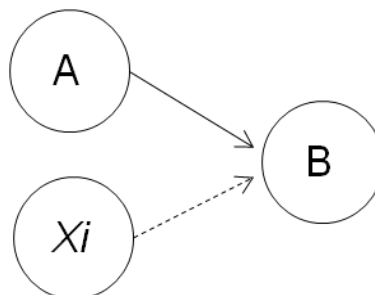
1. Elabore una red con los datos que se presentan a continuación

ACTIVIDAD	PRECEDENTE
A	-
B	A
C	-
D	B
E	C
F	D, E

2. Investigue las actividades de un proyecto empresarial y elabore una red

6.4 ACTIVIDADES FICTICIAS

Algunos proyectos presentan actividades que no requieren la utilización de tiempo o recursos y se representan por medio de alguna variable (X, Y o cualquier otra) y las relaciones de éstas con las actividades que utilizan los recursos se hacen a través de flechas punteadas.



El nodo X_i representa la actividad ficticia que para la empresa puede ser una inspección que no requiere de utilizar recursos, por lo que se utiliza una variable y se relaciona a través de una flecha punteada. Todas las líneas punteadas deben dibujarse de izquierda a derecha.

También existen actividades ficticias que representan el inicio y el final de cada proyecto; así se utiliza un nodo denominado fi como el inicio y un nodo denominado ft como el término de la actividad.

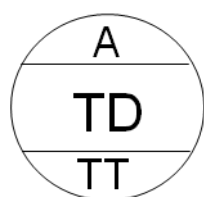
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione diez actividades que pueden ser consideradas como ficticias
2. Elabore una red de un proyecto empresarial, donde intervengan actividades ficticias

6.5 DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE FECHAS

Para contar con un sistema de administración eficiente, a las actividades se les debe agregar fecha de ejecución o bien tiempo de realización. Cuando se ha construido la red, es necesario representar el tiempo de cada una. Para determinar correctamente la fecha de terminación del proyecto se debe tomar en cuenta que cada proyecto inicia en un día hábil igual a 0.

Para la construcción simple de redes, sólo se considera una fecha denominada real o planeada, la cual se anota en el centro del nodo. Para construir la red se deben ir sumando las duraciones de cada una de las actividades y los resultados se deben anotar en la parte inferior de cada nodo. Un nodo debe contener el nombre de la actividad, su tiempo de duración y el tiempo total de duración hasta la actividad trabajada.



Donde:

A = nombre de la actividad

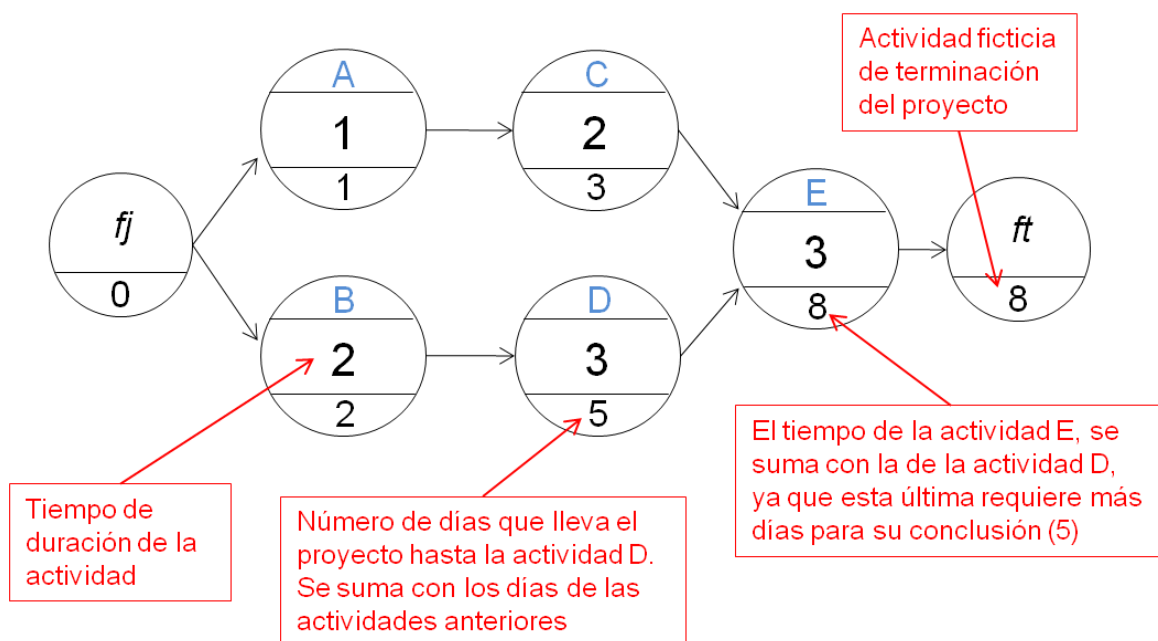
TD = tiempo de duración de la actividad

TT = tiempo total de duración hasta la actividad trabajada

El tiempo total de duración hasta la actividad trabajada es la suma del TD (tiempo de duración) de las actividades anteriores. Cuando a una actividad la preceden dos, tiene que esperar a que terminen las dos para poder comenzar; es por ello que se escoge a la que tenga más TT.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de fechas para el sistema CPM.

ACTIVIDAD	PRECEDENTE	DURACIÓN EN DÍAS
A	-	1
B	-	2
C	A	2
D	B	3
E	C	1



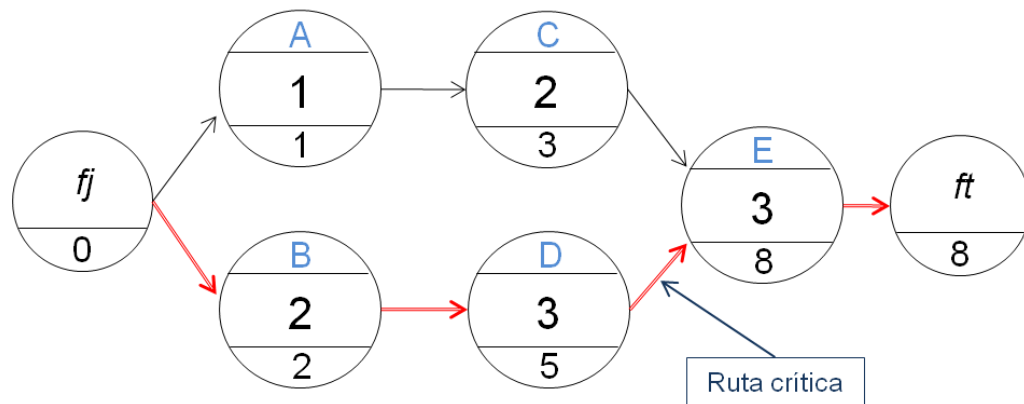
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. ¿Por qué es importante conocer el tiempo de ejecución del proyecto antes de llevarlo a cabo?
2. ¿Qué nombre recibe el tiempo de cada actividad cuando se construye la red?

6.6 CAMINO CRÍTICO. DEFINICIÓN Y CONCEPTO. MÁRGENES DE SUCESOS Y DE ACTIVIDADES

La ruta crítica es aquella que contempla las actividades con margen nulo; es decir, no pueden demorarse, prolongarse o ser interrumpidas más tiempo de lo que se tiene planeado, ya que afectan considerablemente el cumplimiento del proyecto en tiempo y forma.

Del ejemplo anterior, podemos visualizar que la ruta crítica la comprenden las actividades B, D y E. Si se atrasa alguna de las actividades mencionadas, aumentará la duración total del proyecto a más de ocho días. Caso contrario a las actividades A y C, que pueden atrasarse uno o dos días sin impedir el cumplimiento del proyecto en el tiempo establecido.



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

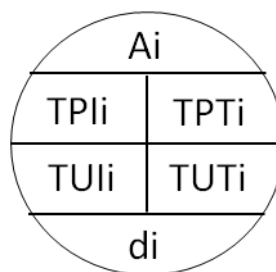
1. Describa con sus palabras qué es la ruta crítica
2. Explique para qué sirve la ruta crítica
3. En una red, qué nos muestra la ruta crítica

6.7 ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE REALIZACIÓN

Para el cálculo de los tiempos, en el sistema de administración PERT, consideramos cuatro tiempos, representados de la siguiente forma:

1. T_{Pli} = tiempo primero de inicio de la actividad "i"

2. TPT_i = tiempo primero de terminación de la actividad "i"
3. TU_i = tiempo último de inicio de la actividad "i"
4. TUT_i = tiempo último de terminación de la actividad "i"



Los tiempos primeros de inicio y terminación representan los tiempos en que se puede realizar la actividad de forma normal, sin retraso. Los tiempos últimos de inicio y terminación representan los tiempos en que se pueden realizar las actividades si tuvieran un retraso.

A_i representa el nombre de cada una de las actividades y d_i , representa su duración. Algunas actividades pueden tener holgura (H_{Li}), es decir, consideran un tiempo de demora.

Para obtener el TPI_i se toma el máximo TPT de las actividades que llegan unidas con una flecha a esa actividad. Si no existe ninguna, entonces el TPI_i es 0.

Para obtener el TPT de una actividad, se calcula sumando el TPI_i con la d_i ; es decir, $TPT_i = TPI_i + d_i$.

Para obtener el TUT_i , se suma el TPI_i con la holgura; es decir, $TUT_i = TPT_i + H_{Li}$.

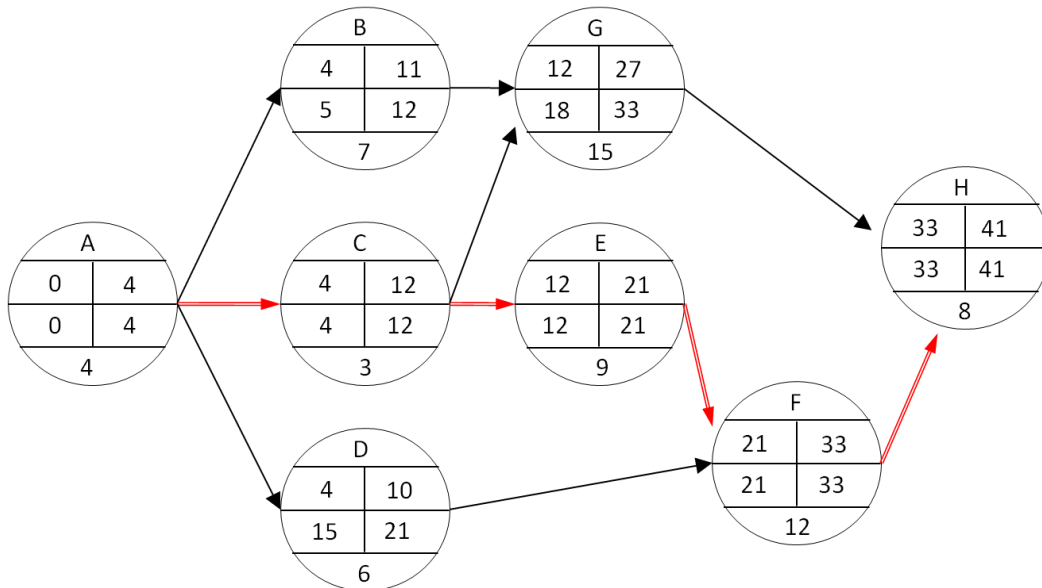
Supongamos que se requiere llevar a cabo un proyecto, el nombre de cada actividad, la duración en días de cada una y los tiempos de holgura; todo ello se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Actividades previas de construcción

ACTIVIDAD	DURACIÓN	PREDECESOR INMEDIATO	HOLGURA
Topografía del lugar de la construcción(A)	4	-	0
Desarrollar diseño inicial (B)	7	A	1
Aprobación del consejo (C)	8	A	0
Selección de arquitectos (D)	6	A	11
Establecer presupuesto (E)	9	C	6

Terminar el diseño (F)	12	D, E	0
Obtener el financiamiento (G)	15	B, C	0
Contratar al constructor (H)	8	F, G	0

A continuación se presenta la red del proyecto:



Podemos observar que la actividad A comienza en el día cero y termina en el cuarto día; como no tiene holgura, los tiempos últimos de terminación son los mismos, no se puede retrasar la actividad.

La actividad B inicia en el cuarto día, que es cuando concluye la actividad A. Normalmente, la actividad B terminaría en el día 11 (TPT); sin embargo, tiene una holgura de siete días, por lo que puede iniciar hasta el día once y concluir en el día dieciocho, siendo pesimistas.

La actividad G empieza hasta que se termine la actividad B y C. Por ello, tomamos el valor de la actividad que presenta la mayor duración, en este caso es la actividad C, con doce días.

El proyecto tiene una duración de cuarenta y un días. La ruta crítica lo conforman las actividades A, C, E, F y H, que no pueden demorarse ya que atrasarían la ejecución del proyecto.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Explique cómo se determinan los tiempos de ejecución en un proyecto

6.8 ANÁLISIS DE COSTOS

Los sistemas de administración buscan encontrar la duración óptima del proyecto y además el menor costo. El método de reducción por ciclos es ideal para el análisis de los costos.

A continuación se presenta un ejemplo de análisis de costos:

Tabla 2. Costos de las actividades del proyecto de construcción.

ACTIVIDA D	PREDECESO R	NORMAL		MÍNIMO		HOLGURA	COSTO DE REDUCCIÓN MARGINAL/DÍA
		DÍAS	PESO S	DÍAS	PESO S		
A	-	5	80	4	160	0	80
B	-	8	260	6	470	2	105
C	-	4	70	3	160	4	90
D	A	6	190	4	320	0	65
E	C	3	160	3	160	4	-
F	A	11	240	9	480	3	120
G	B, D, E	8	190	6	420	0	115
H	C	4	110	2	310	11	100

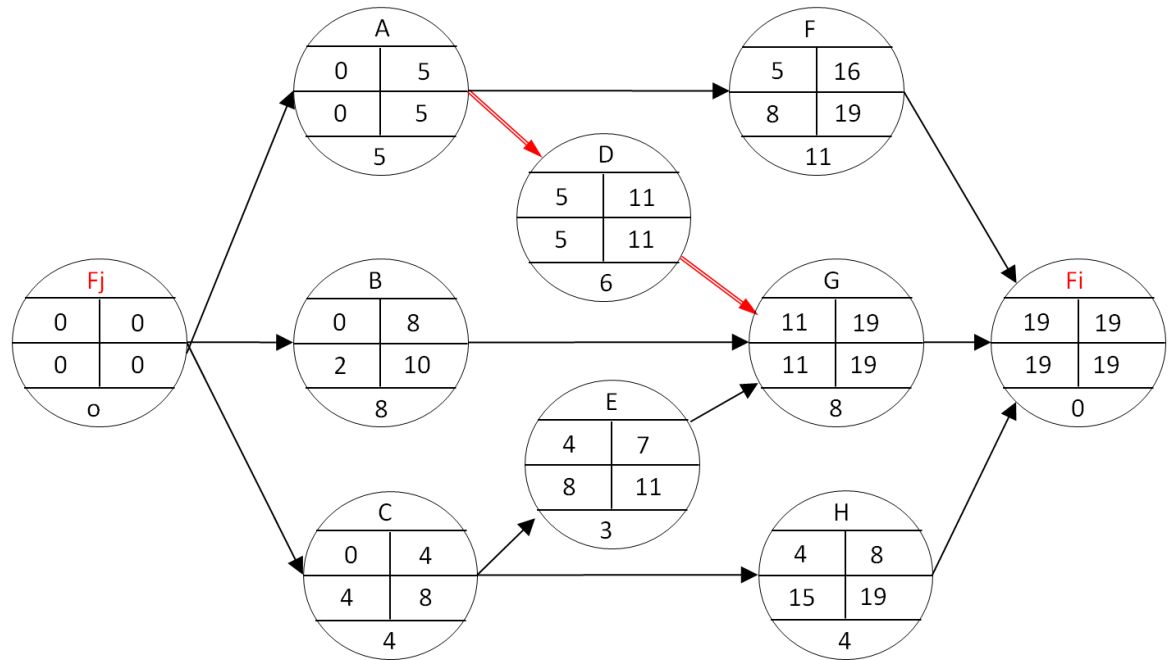
TOTAL	1,300	2,480
-------	-------	-------

El costo de reducción marginal por día representa la variación en el costo total, ante los aumentos de días en la ejecución de cada actividad. Para su cálculo, se emplea la siguiente fórmula:

$$CRM = \frac{\text{costo mínimo} - \text{costo normal}}{\text{días normales} - \text{días mínimos}}$$

Por ejemplo, para la actividad A, se tiene que el costo de reducción marginal es $CRM = (160-80)/(5-4) = 80$.

La red del proyecto con la duración normal queda de la siguiente forma:



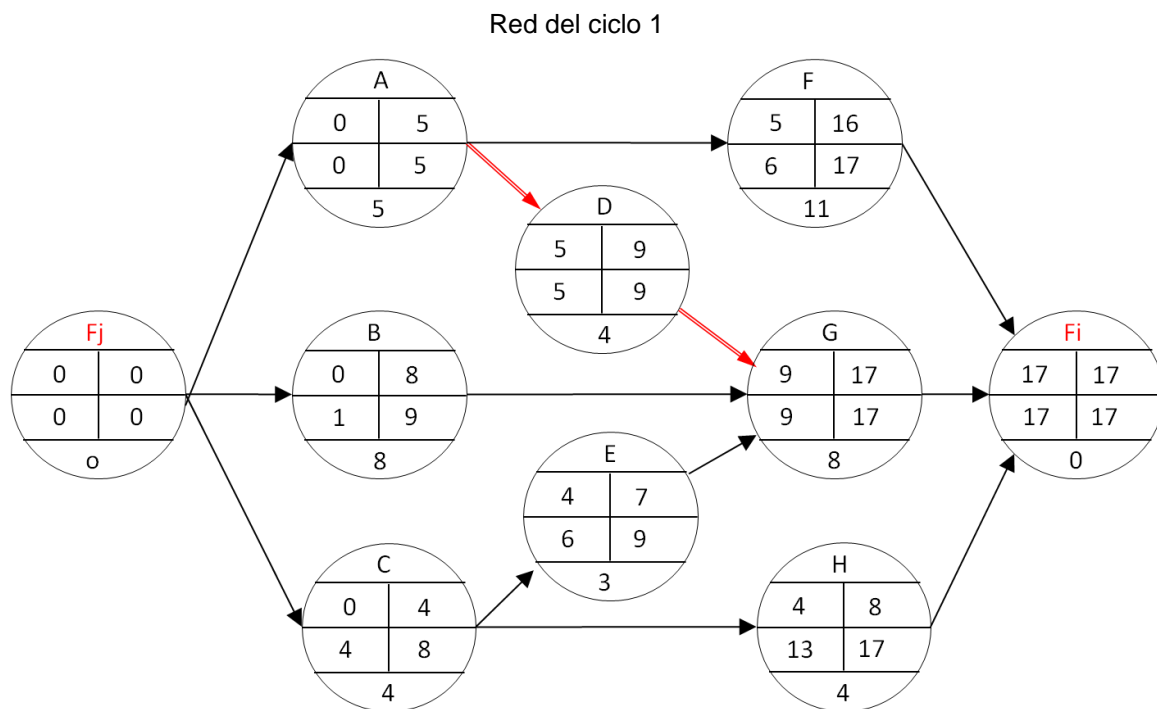
La ruta crítica la conforman las actividades A, D y G. Los costos indirectos varían con la duración del proyecto; para este ejemplo es de \$100. En la red se puede observar que el proyecto tiene cinco rutas diferentes:

RUTA	DURACIÓN NORMAL
A - F	16
A - D - G	19
B - G	16
C - E - G	15
C - H	8

Para obtener la duración normal de cada ruta, se suma la duración normal de cada una de las actividades que lo conforman, de la misma forma para la mínima. Se puede decir que el proyecto normalmente terminaría en 19 días, pero si las actividades se hicieran en un tiempo menor, la duración sería de catorce.

Con la duración normal, tenemos que el costo directo es de \$1,300 (véase tabla 2) y los costos indirectos, de terminar en 19 días, es de \$ 1,900 (cada día \$100). El costo total es la suma de los costos directos con los indirectos; es decir, $CT = CD + CI = \$1,300 + \$1,900 = \$ 3,200$.

En la primera reducción de tiempos (ciclo 1) se considera a la actividad D, que es la que presenta menor costo de reducción marginal (\$65); se toma su duración mínima que son cuatro días (la normal es de seis) y procedemos a elaborar la nueva red:



CICLO	ACTV. RELEVANTES	HOLGURAS AFECTADAS	NUEVA DURACIÓN	C. D. (\$)	C. I. (\$)	COSTOS TOTALES (\$)
1	A (1, 80) D (2, 65)* G (2, 115)	B (2) * E (4) F (10) H (3)	17	1,430	1,700	3,130

La ruta afectada es la que conforman las actividades A, D y G. Dentro de las holguras afectadas, tenemos las que integran las actividades B, E, F y H, seleccionando la de menor holgura afectada que es la actividad B con dos días de holgura; es decir que el proyecto se reduce en dos días.

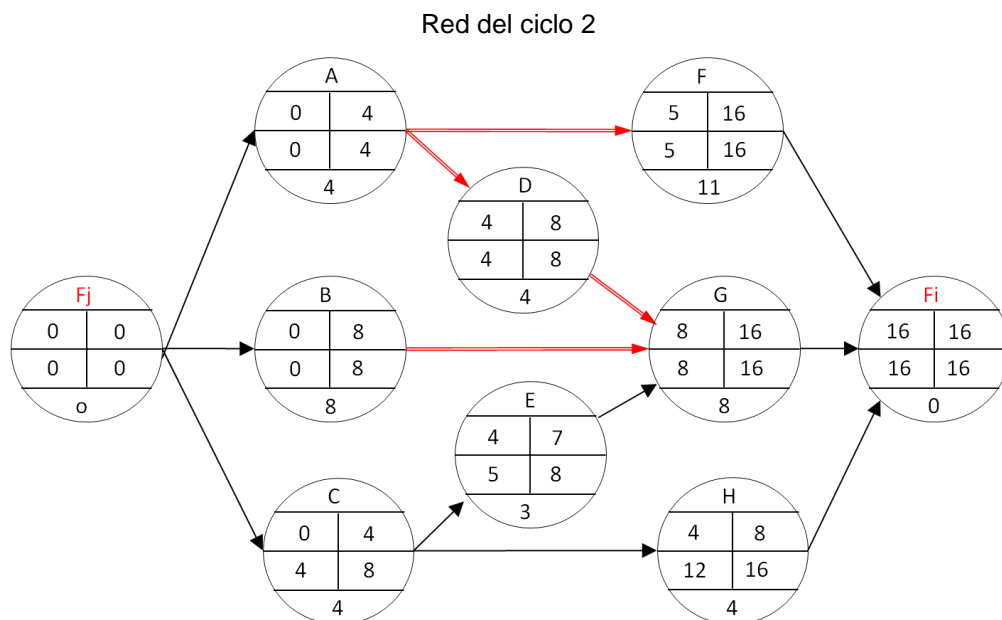
En la columna de nueva duración se anota la nueva duración del proyecto, una vez que se hizo la reducción (17 días).

En la columna de costos directos se suman los costos directos de todas las actividades, tomando en cuenta que la actividad D tiene un nuevo costo directo (\$320 el de la duración mínima). Entonces, el nuevo costo directo será de \$1,430.

Para la siguiente columna, tenemos en cuenta que el costo indirecto por día es de \$100. Como el proyecto tiene un tiempo de duración de diecisiete días, el costo indirecto es de \$1,700.

Por último, el costo total del proyecto, una vez hecha la primera reducción, es la suma de los costos directos con los costos indirectos, esto es $\$1,430 + \$1,700 = \$3,130$. Este último valor demuestra que reduciendo dos días el proyecto, también se reduce el costo total de \$3,200 (red inicial) a \$3,130 (red del ciclo 1).

Podemos seguir reduciendo los tiempos de duración del proyecto, de acuerdo con los intereses del administrador. Para ello, comenzamos de nuevo a identificar que la ruta crítica es A, D y G (de acuerdo con la red del ciclo 1) con un tiempo de duración de diecisiete días. La actividad D ya no es posible reducirla, por lo que tomamos a la actividad A, que tiene el siguiente menor costo de reducción (\$80), observamos las actividades que son afectadas en su holgura:



CICLO	ACTV. RELEVANTES	HOLGURAS AFECTADAS	NUEVA DURACIÓN	C. D. (\$)	C. I. (\$)	COSTOS TOTALES (\$)
1	A (1, 80) D (2, 65) * G (2, 115)	B (2) * E (4) F (3) H (10)	17	1,430	1,700	3,130
2	A (1, 80) * D (2, 65) G (2, 115)	B (1) * E (2) F (1) * H (8)	16	1,510	1,600	3,110

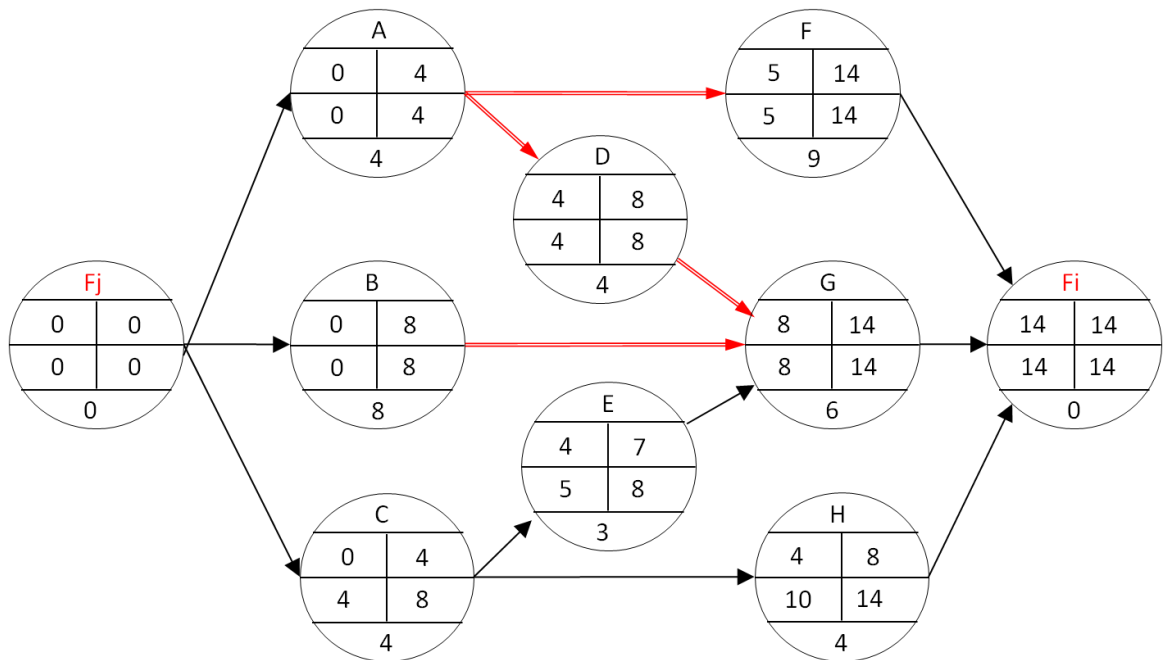
En la tabla anterior, se visualiza que el costo total se redujo a \$3,110, comparándolo con el ciclo 1. Ahora, tenemos tres rutas críticas. La primera ruta crítica la representan A, D y G; la segunda es A, F y la tercera la integran B y G.

El procedimiento termina hasta que los costos totales ya no se reduzcan, por lo que seguimos los mismos pasos, quedando el siguiente ciclo 3, de la siguiente forma:

CICLO	ACTV. RELEVANTES	HOLGURAS AFECTADAS	NUEVA DURACIÓN	C. D. (\$)	C. I. (\$)	COSTOS TOTALES (\$)
1	A (1, 80) D (2, 65) * G (2, 115)	B (2) * E (4) F (3) H (10)	17	1,430	1,700	3,130
2	A (1, 80) * D (2, 65) G (2, 115)	B (1) * E (2) F (1) * H (8)	16	1,510	1,600	3,110
3	A (1, 80) D (2, 65) G (2, 115) * A (1, 80) * F (2, 120) * B (2, 105) G (2, 115)	H (6)	14	1,980	1,400	3,380

La actividad B presenta el menor costo de reducción marginal; sin embargo, no se toma en cuenta porque al reducir su tiempo de duración, no reduce el tiempo total del proyecto. Por tal motivo, tomamos para el tercer ciclo la actividad G y F y sus tiempos mínimos de duración, quedando de la siguiente forma:

Red del ciclo 3



El costo directo para el tercer ciclo se calcula tomando los costos de la duración normal de todas las actividades a excepción de la actividad A, D, G y F; ya estas últimas son actividades que se redujeron y se toman los costos cuando la duración es mínima, por lo que el costo es de \$1,980.

Para calcular el costo indirecto, multiplicamos los catorce días por \$100, resultando \$1,400.

El costo total, entonces, es: $\$1,980 + \$1,400 = \$3,380$. El costo total para el tercer ciclo se eleva a diferencia de los ciclos anteriores, por lo que el costo óptimo se encuentra en el ciclo 2, con \$3,110.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Aplique el método de reducción por ciclos y encuentre el costo óptimo del siguiente proyecto

ACTIVIDA	PREDECESO	NORMAL		MÍNIMO		HOLGURA	COSTO DE REDUCCIÓN
		DÍAS	PESO	DÍAS	PESO		
D	R						

			S		S		MARGINAL/DÍA
A	-	7	120	5	140	0	10
B	-	4	160	3	170	11	10
C	A	6	80	6	80	0	-
D	-	8	170	6	220	0	25
E	B, C	4	140	3	170	5	30
F	D	10	140	6	160	6	5
G	E	6	210	5	230	0	20
H	G, F	4	170	3	180	0	10

TOTAL	1,190	1,300
-------	-------	-------

2. ¿Cuál es el costo total del proyecto, si la duración es de veintiocho días?, explique por qué

6.9 PROGRAMACIÓN FINANCIERA

La programación financiera logra visualizar los resultados esperados que los empresarios desean alcanzar, ya que engloba todos los aspectos financieros como ventas, utilidades, activos, pasivos, financiamiento, entre otros, empleando estrategias para ello.

La programación financiera trabaja con datos históricos y actuales del análisis económico-financiero. Se hace un análisis de los mismos para buscar alternativas que permitan mejorar las condiciones actuales. El objetivo principal de la programación financiera es conocer el estado pasado y presente de la empresa y el rumbo que se quiere alcanzar.

Es de vital importancia conocer las relaciones promedio del ámbito financiero en un tiempo determinado. El método de regresión, método de porcentaje por ventas, entre otros, pueden ser de gran ayuda en materia de programación financiera.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue en qué consiste el método de regresión

2. Elabore un ensayo del tema *programación financiera*

6.10 PROYECTOS SUJETOS A RESTRICCIONES

Los proyectos que tienen éxito son aquéllos que se han ejecutado con el costo planeado o a un costo menor y, además, en el menor tiempo posible, con los resultados deseados para el beneficio de la empresa. Sin embargo, no todos los proyectos son exitosos y esto se debe a todas las restricciones que presentan.

La primera restricción importante es el tiempo de ejecución. Los proyectos pueden ser muy variables en el tiempo, desde algunos días, hasta un par de años. La segunda restricción es la cantidad de recursos necesarios para su ejecución. Dentro de los recursos podemos citar al personal, los materiales, los equipos o los insumos, por ejemplo; es decir, todo lo necesario para terminar un proyecto en el tiempo definido.

La tercera restricción es el alcance del proyecto, que se logren los resultados esperados, que al final del proyecto, se genere un producto. Cuando el alcance se modifica, se modifican las restricciones anteriores (tiempo y recurso).

La última restricción de un proyecto es la calidad del producto final. Cualquier cambio en las restricciones anteriores, afecta la restricción de calidad. Depende de la administración de las tres restricciones anteriores, para que la calidad sea la adecuada. Por ejemplo, si el proyecto termina en menor tiempo, el producto se entrega antes y aumenta la calidad del servicio.



Restricciones del proyecto

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue las restricciones de cualquier proyecto de una empresa local y explique cada una
2. Elabore un proyecto empresarial, describiendo cada una de las actividades y determine cuáles serían las restricciones

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: subraye la respuesta correcta

1. ¿Qué es un proyecto?

- a) Es un conjunto de acciones que tienen un costo óptimo.
- b) Es una serie de actividades relacionadas entre sí que permite a las empresas alcanzar una meta.
- c) Es la actividad más importante de la empresa.
- d) Es un conjunto de actividades importantes a resolver que tienen restricciones comunes.

2. ¿Para qué se utilizan los diagramas y las redes en la administración?

- a) Para mostrar todas las partes del proyecto.
- b) Para indicar las operaciones que se ejecutan en el proyecto.
- c) Para planear un proyecto.
- d) Para elaborar un esquema que permita una mejor toma de decisiones.

3. Son técnicas de planeación:

- a) PERT y CGV.
- b) PERT y CPM.
- c) CPM y COBOL.
- d) CPM y PRET

4. ¿Qué es la ruta crítica?

- a) Es aquella que contempla actividades con margen nulo, es decir que no pueden demorarse.
- b) Es el camino más corto en un proyecto.
- c) Es el camino más complicado y de más alto costo.
- d) Es un camino con rutas complicadas en una empresa.

5. ¿Qué es una restricción de tiempo?

- a) Es el tiempo más largo en un proyecto.
 - b) Es cuando tenemos un tiempo limitado para ejecutar un proyecto.
 - c) Es el tiempo más corto en un proyecto.
 - d) Es una condicionante para realizar una actividad en el menor tiempo posible.
6. Es una definición de administración de proyectos:
- a) Es el proceso de control del proyecto.
 - b) Es la ejecución de un proyecto en tiempo récord.
 - c) Es la aplicación del proceso administrativo para llevar a cabo un conjunto de actividades interrelacionadas con un orden secuencial.
 - d) Es el conjunto de actividades que permiten la ejecución de un proyecto en el menor tiempo.
7. Es un campo de aplicación de la administración de proyectos
- a) Finanzas.
 - b) Inventarios.
 - c) Construcción de obras.
 - d) La administración de recursos humanos.
8. ¿Cómo se representa una actividad en una red?
- a) Con un nodo.
 - b) Con una flecha y un nodo en cada extremo.
 - c) Con una línea punteada.
 - d) Con un número consecutivo.
9. ¿Qué es una actividad ficticia?
- a) Es una actividad que no requiere la utilización de tiempos y recursos.
 - b) Es una actividad que no existe.
 - c) Es una actividad que representa una restricción.
 - d) Es una actividad que no se escribe.
10. ¿A que se denomina fecha de ejecución?

- a) Es el tiempo total de una actividad cuando ha sido comprimida.
- b) Es el tiempo real de duración de una actividad.
- c) Es el tiempo de duración de un proyecto.
- d) Es el tiempo que se emplea en realizar una actividad.

11. ¿Cómo se construye una red?

- a) Se utilizan nodos en la construcción y se respetan los tiempos optimistas.
- b) Con flechas y nodos, colocando una en seguida de la otra, respetando la actividad precedente.
- c) Se inicia con dos actividades sin tiempo y posteriormente se colocan los nodos de acuerdo con la secuencia.
- d) Se inicia con una actividad ficticia y se continúa con las actividades que tienen tiempos más cortos, hasta tener la totalidad.

12. ¿Qué es una actividad precedente?

- a) Es una actividad restrictiva.
- b) Es una actividad que se ubica después de la actividad correspondiente.
- c) Es una actividad que va antes de la actividad que se va a dibujar.
- d) Es la actividad que ocupa más tiempo en un proyecto.

13. ¿Cómo se inicia la construcción de una red?

- a) Se coloca al inicio la actividad con menor tiempo.
- b) Se dibuja una actividad inicial con tiempo 0 en el origen y después de ella se colocan las que siguen.
- c) Al inicio se ubica la primera actividad del proyecto con menor tiempo.
- d) Se inicia colocando una escala adecuada, luego se ubica la actividad más larga.

14. ¿Cómo se representa una actividad ficticia en la red?

- a) Con una flecha con línea punteada.
- b) Con una flecha más corta.

- c) Con una flecha sin tiempo.
- d) No se dibuja.

15. ¿A qué se refiere la holgura en la construcción de una red?

- a) Es el tiempo más largo del proyecto.
- b) Es un tiempo de demora de una actividad.
- c) Es una actividad que puede reducirse en tiempo.
- d) Es un tiempo que se retrasa el proyecto.

16. ¿Qué método se utiliza para encontrar el menor costo de un proyecto?

- a) El método del transporte.
- b) El método PERT.
- c) El método de reducción por ciclos.
- d) El de costeo directo.

17. Diga dos aspectos que analiza la programación financiera

- a) Finanzas y mínimos cuadrados.
- b) Inventarios y programación.
- c) Ventas y utilidades.
- d) Mercados y recursos humanos.

18. ¿Cuál es el objetivo de la programación financiera?

- a) Determinar los presupuestos.
- b) Conocer el estado pasado y presente de la empresa y el rumbo que se quiere alcanzar.
- c) Determinar los estados financieros.
- d) Determinar las utilidades.

19. Es un método que se emplea para llevar a cabo la programación financiera

- a) Método de regresión.
- b) Método curvilíneo.

- c) Método de la línea recta.
- d) Método de mínimos cuadrados.

20. Es una de las restricciones importantes en la ejecución de un proyecto

- a) Las instrucciones del gerente general.
- b) La calidad del producto final.
- c) Los tiempos ociosos en la empresa.
- d) Maximizar las utilidades.

HOJA DE RESPUESTAS

Preguntas	Respuestas				Preguntas	Respuestas			
	(a)	(b)	(c)	(d)		(a)	(b)	(c)	(d)
1		X			11		X		
2			X		12			X	
3		X			13		X		
4	X				14	X			
5		X			15		X		
6			X		16			X	
7			X		17			X	
8		X			18		X		
9	X				19	X			
10		X			20		X		

UNIDAD 7

GESTIÓN DE INVENTARIOS

OBJETIVO

Analizar los tipos de inventarios existentes, su comportamiento cíclico, los costos que intervienen y emplear herramientas que persigan el uso óptimo de la capacidad productiva.

TEMARIO

- 7.1 OBJETIVO. COMPORTAMIENTO CÍCLICO DE LOS INVENTARIOS
- 7.2 COSTOS INTERVINIENTES
- 7.3 CARACTERÍSTICAS Y OBJETO DE LOS PROBLEMAS DE *STOCKS*
- 7.4 FORMULACIÓN MATEMÁTICA Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON Y SIN NIVEL DE PROTECCIÓN
- 7.5 AGOTAMIENTO DE EXISTENCIAS
- 7.6 REPOSICIÓN INSTANTÁNEA Y NO INSTANTÁNEA
- 7.7 PRECIOS DE ADQUISICIÓN VARIABLES CON EL TAMAÑO DEL LOTE
- 7.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ERROR RELATIVO
- 7.9 RESTRICCIONES FÍSICAS, ADMINISTRATIVAS Y FINANCIERAS
- 7.10 PROBLEMAS PARA MÁS DE UN PRODUCTO
- 7.11 CURVAS DE ISOCOSTOS
- 7.12 ANÁLISIS TI-TO (TOTAL INMOVILIZADO-TOTAL DE ÓRDENES)
- 7.13 MODELOS ESPECIALES DE DEMANDA ALEATORIA
- 7.14 CURVAS ABC
- 7.15 CRITERIOS DE REAPROVISIONAMIENTO DE *STOCKS*
- 7.16 CONCEPTOS DE MRP Y JUST IN TIME

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

El inventario es un registro que elabora el administrador de manera sistemática de todos los bienes con los que dispone la empresa para la actividad productiva; dicho registro se elabora de manera ordenada y con precisión, ya que de esto también depende el éxito o fracaso de una compañía.

Todas las empresas consideran que la inversión en inventarios impacta en el aspecto financiero. Además, saben que el control de inventarios es de vital importancia para equilibrar la línea de producción.

Desde el punto de vista del cliente, el inventario de un artículo debe contener tantas unidades como puedan demandarse. De hecho, un artículo nunca debería quedar fuera de existencia. Generalmente, así sucede en el caso de los productos de primera necesidad como la leche o el pan en una tienda de abarrotes.

Muy pocas veces sucede cuando se trata de automóviles nuevos o de generadores nucleares. Los inventarios cuestan dinero, representan capital inútil. Pero aun la tienda de abarrotes y la agencia de automóviles se preocupan en tener demasiado en inventario, lo que significa un desperdicio de capital. En cada uno de estos casos es necesario un balance entre los costos de inventario y el servicio al cliente.

Dos preguntas son necesarias para el administrador de inventarios: ¿cuándo?, y ¿cuánto?, cada vez que es necesario realizar un pedido. Por ejemplo, si aprovisionamos el inventario de manera frecuente y con periodos reducidos de tiempo, el bien pedido debe ser en cantidades pequeñas, reduciendo el costo de tener en almacén; pero se incrementa el costo de la realización de los pedidos.

Para reducir y resolver los problemas que se presenten durante la gestión de los inventarios, es necesario aplicar métodos y modelos que permiten hacer un análisis y generar alternativas de control.

7.1. Comportamiento cíclico de los inventarios

Dentro de los objetivos del inventario se tiene la reducción de la inversión en el inventario, minimizar los costos de almacenaje, minimizar las pérdidas de los productos por algún daño, obsolescencia o por artículos perecederos; mantener las cantidades suficientes para no afectar los volúmenes de producción, crear un transporte eficiente de los inventarios, mantener la información actualizada y ordenada, que exista una relación favorable entre adquisiciones e inventarios y, por último, poder predecir sobre las necesidades de la empresa.

El ciclo de vida de los inventarios comienza cuando se cuenta la existencia física de todos los bienes materiales (puede llevarse a cabo de forma manual o con una lectora portátil), para después crear un sistema en computadora y almacenar todos los datos recabados de manera sistemática y ordenada, lo que permite darle al administrador las herramientas para el análisis y aplicación de modelos para la gestión de los inventarios. Por último deben hacerse inventarios periódicos, según las necesidades de la empresa.

Para emplear modelos analíticos para el control de inventarios, es necesario conocer los factores de costo, que no son fáciles de determinar; sin embargo, es necesario comprenderlos, porque de ello dependen los resultados para la toma de decisiones.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Enliste los objetivos de los inventarios y explique detalladamente cada uno
2. Investigue cómo llevan a cabo el inventario de cualquier empresa local

7.2 COSTOS INTERVINIENTES

Los costos que intervienen en el inventario son los costos relacionados con la adquisición de materiales, los costos de existencia de inventarios, costos de las fluctuaciones y costos de oportunidad.

Los costos de adquisición de materiales comprenden costos de hacer requisiciones, del análisis y selección de proveedores, de realizar las órdenes

de compra, de darle seguimiento a las órdenes de compra, de recibir adecuadamente los materiales, de la inspección, del almacenaje, de llevar al día los registros y de realizar el papeleo para la compra de insumos. Estos costos se pueden tomar como fijos, ya que no importa el tamaño del pedido, siempre permanecerán constantes.

Se puede decir que hacer un pedido grande puede requerir de más tiempo y costar más que un pedido pequeño; sin embargo, el costo de adquisición es pequeño, ya que al hacer pedidos grandes, se consideran menos adquisiciones.

Por ejemplo, si el costo de adquisición para un producto es de \$50 por cada pedido y las necesidades de la empresa son de 2,000 unidades y se consideran dos posibles cantidades para realizar el pedido, de 200 unidades y 400 unidades, tenemos los siguientes costos de adquisición:

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{R}{Q} \times S$$

Donde: R = necesidades anuales

Q = tamaño del lote de la cantidad pedida

S = costo de adquisición por pedido

R/Q = número de pedidos al año

Para un pedido de 200 unidades, se tiene:

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{2,000}{200} \times \$50$$

$$\text{Costo de adquisición} = \$500$$

Para un pedido de 400 unidades, se tiene:

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{2,000}{400} \times \$50$$

$$\text{Costo de adquisición} = \$250$$

A un aumento del tamaño del lote, existe una disminución del número de pedidos, si existe un nivel constante de necesidades; por ello, al disminuir el número de pedidos, como consecuencia disminuye el costo de adquisición.

Los costos de existencia de inventarios comprenden costos por intereses cuando se pide un préstamo para financiar el inventario, impuestos, al pagar por los activos del valor del inventario por la propiedad que tiene la empresa; por productos obsoletos, productos deteriorados, mermas, costos por seguros, por el almacén de los bienes, así como manejo y depreciación de los mismos.

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{Q}{2} \times C$$

Donde: Q = tamaño del lote de la cantidad pedida

C = costo de existencia en inventario por unidad por año

Q/2 = inventario promedio

Si consideramos que el costo de existencia en inventario por unidad de año es de \$0.20, para un tamaño del lote de 400 unidades, se tiene:

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{400}{2} \times \$0.20$$

$$\text{Costo de adquisición} = \$40$$

Para un tamaño de lote de 200 unidades, se tiene:

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{200}{2} \times \$0.20$$

$$\text{Costo de adquisición} = \$20$$

Podemos observar que todos los costos de existencia en inventario disminuyen cuando disminuye el tamaño promedio del inventario.

Los costos de las fluctuaciones contemplan los costos de contratación, orientación, entrenamiento y disposición de empleados que se necesitan contratar cuando la demanda del producto es muy alta.

Además, se incluyen los costos de trabajar tiempo extra y los costos de existir diferencias de turnos, así como los costos de empleados inactivos por temporadas en que la demanda es demasiado baja.

Por último, dentro de los costos de oportunidad se encuentran los costos por no aprovechar descuentos de pedir en volúmenes grandes, costos de no

aprovechar precios actuales, ya que en el futuro se elevaría. Además, se presenta un costo de oportunidad por perder clientes de acuerdo con las ineficiencias de la producción, cuando los inventarios de materiales, equipos o partes nuevas son ineficientes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Calcule los costos de adquisición, con pedidos de 100, 200,..., hasta 1000, cuando las necesidades anuales son de 1000 unidades y el costo de adquisición para cualquier artículo dado es de \$45
2. Investigue a detalle cada uno de los costos que integran los costos de existencia en inventario

7.3 CARACTERÍSTICAS Y OBJETO DE LOS PROBLEMAS DE STOCKS

La palabra *stock*, es asociada con existencias o reservas de algo que se podrá usar en el futuro. Uno de los problemas de *stocks* más comunes es conocer la cantidad que se debe tener en el almacén para evitar que el área de producción continúe su labor diaria.

Entonces, es necesario que se conozcan los volúmenes de pedido y el tiempo para abastecer a las áreas que así lo requieran de acuerdo con sus necesidades.

Siempre debe existir un equilibrio y la búsqueda de los beneficios de la empresa, ya que cuando tenemos una cantidad grande de elementos en almacén, es menos probable que el área de producción se retrase; sin embargo, los costos serán más elevados.

Para gestionar adecuadamente los *stocks*, se debe tomar en cuenta que la empresa debe tener *stocks* cíclicos para poder solventar las exigencias del área de producción. También debe existir un *stock* de seguridad que eliminará los problemas existentes cuando el plazo de entrega de los proveedores se retrasa.

Una eficiente gestión de *stocks* optimiza todos los elementos que se encuentran en almacén, de manera que exista una buena coordinación entre lo que se necesita para realizar el proceso productivo y la situación económica de la empresa. El objeto fundamental de la gestión de *stocks* es permitir la disposición de lo que está en almacén en las mejores condiciones económicas para realizar un proceso productivo en condiciones óptimas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue en cualquier empresa local, las acciones que se llevan a cabo para la gestión de *stocks*
2. Investigue un problema relacionado con el *stock* y genere alternativas de solución

7.4 FORMULACIÓN MATEMÁTICA Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON Y SIN NIVEL DE PROTECCIÓN

Para calcular la cantidad económica de pedido (CEP) sin nivel de protección, es decir, considerando que las condiciones de necesidades son constantes (como el tiempo, la demanda, la producción, entre otros), se calcula con la siguiente fórmula:

$$CEP = \sqrt{\frac{2RS}{C}}$$

- Donde:
- CEP = costo económico de pedido
 - C = \$0.20 (costos de existencia en inventario por unidad)
 - R = 2,000 (unidades de necesidades anuales)
 - S = \$50 (costo de adquisición por pedido)

Sustituyendo los valores, se tiene que:

$$CEP = \sqrt{\frac{2(2,000) (\$50)}{\$0.20}}$$

$$CEP = 1,000$$

La cantidad económica de pedido óptimo para este ejemplo, sin un nivel de protección, es de 1000 unidades. Si se eleva o reduce la CEP, el costo total de inventario es mayor.

Para calcular la CEP con nivel de protección, se toma en cuenta que los artículos no son recibidos en el tiempo, la producción es más grande que la demanda, los artículos son producidos, entregados y usados durante un periodo de tiempo, pero en una tasa menor a la de producción. Por lo anterior, usamos la siguiente fórmula:

$$CEP = \sqrt{\left[\frac{2RS}{C} \right] \left[\frac{P}{P-D} \right]}$$

Donde: CEP = costo económico de pedido
 C = \$0.20 (costo de existencia en inventario por unidad)
 R = 2,000 (unidades de necesidades anuales)
 S = \$50 (costo de adquisición por pedido)
 P = 3,000 (Tasa de producción o entrega)
 D = 2,000 (Tasa de demanda o de uso)

$$CEP = \sqrt{\left[\frac{2RS}{C} \right] \left[\frac{P}{P-D} \right]}$$

$$CEP = \sqrt{\left[\frac{2(2,000) (\$50)}{\$0.20} \right] \left[\frac{3,000}{3,000 - 2,000} \right]}$$

$$CEP = \sqrt{1'000,000 (3)}$$

$$CEP = 1732$$

A diferencia de la CEP sin nivel de protección (1,000 unidades), se deben pedir 1,732 unidades con nivel de protección, para estar mejor preparados en caso de que las condiciones no permanezcan constantes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Con los siguientes datos, calcule la CEP, con y sin nivel de protección

$C = \$0.50$ (costo de existencia en inventario por unidad)

$R = 4,000$ (unidades de necesidades anuales)

$S = \$80$ (costo de adquisición por pedido)

$P = 5,000$ (Tasa de producción o entrega)

$D = 4,000$ (Tasa de demanda o de uso)

2. De acuerdo con su criterio, cuándo es necesario emplear la CEP sin protección, explique

7.5 AGOTAMIENTO DE EXISTENCIAS

Para todos los administradores es difícil determinar con precisión el acontecimiento futuro, que modifica los ritmos de producción y ventas de la empresa. Lo mejor sería tener un nivel de inventario medio, que optimice los costos y dé abasto a las necesidades diarias; pero, por lo general, los inventarios están en un nivel excesivo o mínimo.

Con el nivel excesivo, los costos de operación aumentan y con un nivel mínimo, no satisface las necesidades de ventas y producción.

Por ello, cuando existe un agotamiento de existencia, es conveniente recopilar los registros de los tiempos requeridos y de las tasas de utilización para hacer un análisis y un plan que permita mantener la existencia en un nivel medio.

Para algunos artículos con medida y tiempo de utilización constante, basta con un nivel de existencia pequeño de seguridad. Para los artículos donde la medida y tiempo de utilización son variables, se debe considerar un nivel de existencia mayor al anterior.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione qué artículos en inventario considera de uso constante y explique
2. Mencione qué artículos en inventario considera de uso variable y explique

7.6 REPOSICIÓN INSTANTÁNEA Y NO INSTANTÁNEA

Una cuestión importante que debe considerar el administrador, es el periodo de reposición de los artículos en almacén, la reposición instantánea y no instantánea.

La reposición no instantánea permite que los artículos lleguen a un nivel pequeño de seguridad y el abastecimiento se genera hasta ese punto en el tiempo, mientras se hace la compra. Así pues, si algún área de la empresa sabe que requerirá de dos tornillos estándar el próximo mes, hace su pedido con anticipación.

También cuando la empresa reciba órdenes de pedido de productos terminados de manera anticipada. Por lo anterior, la reposición puede llevarse a cabo de forma no instantánea.

Para la reposición instantánea es necesario emplear un libro de control de inventarios, donde se programan revisiones periódicas de la cantidad en existencia y permite reponer de forma instantánea los artículos con un nivel mínimo o nulo.

Este tipo de reposición le brinda a la empresa mayor control y el manejo de una gran variedad de artículos; sin embargo, al realizar compras periódicas existen costos de oportunidad, en donde se puede ahorrar al comprar en volumen.

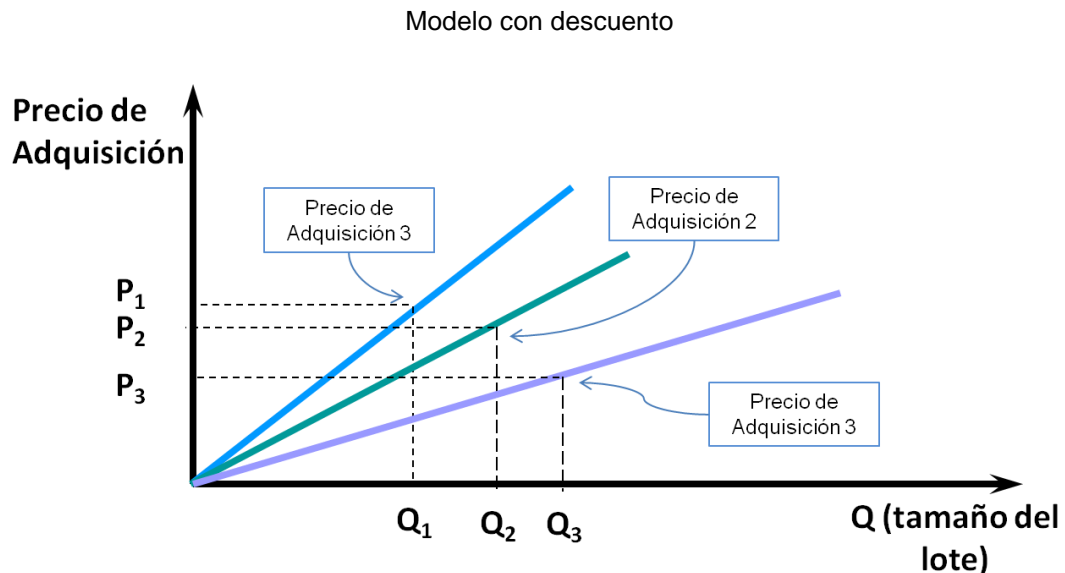
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione cuándo es conveniente realizar la reposición instantánea
2. Mencione cuándo es conveniente realizar la reposición no instantánea

7.7 PRECIOS DE ADQUISICIÓN VARIABLES CON EL TAMAÑO DEL LOTE

El precio de adquisición lo conforma el importe de la factura y los gastos inmersos en la compra, como transporte, comisión, seguro, aranceles, inspección y conservación, entre otros. De igual forma los impuestos (como el IVA) forman parte del precio de adquisición.

Teniendo en cuenta todo lo que integra el precio de adquisición, la empresa debe considerar realizar compras en lotes grandes o pequeños. Al realizar compras con lotes grandes, existen descuentos comerciales que consisten en precios más bajos de lo normal, ya que a los proveedores les interesa vender en volúmenes grandes.



El modelo con descuento supone que a medida que aumenta el tamaño del lote pedido, disminuye el precio de adquisición.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Elija un artículo cualquiera e investigue el precio de adquisición en cantidades pequeñas y también en cantidades grandes
2. De la actividad anterior, calcule el porcentaje de disminución del precio con cantidades grandes

7.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El análisis de sensibilidad consiste en hacer revisiones periódicas sobre el comportamiento de diferentes variables e indicadores en un almacén, con la finalidad de crear mejoras que beneficien en mayor grado a la empresa.

Un ejemplo de análisis se puede presentar entre la manipulación de los bienes y la ubicación de éstos, o la relación que existe entre el *stock* y la cantidad demandada de un artículo. Para lograr el análisis, se requiere recopilar todo el antecedente histórico y realizar pronósticos a futuro.

Para comenzar el análisis es necesario separar las partidas que componen el inventario (insumos, refacciones, producto final, herramienta y demás) y analizar el comportamiento de cada una de ellas tomando en cuenta datos relevantes como la procedencia, destino, periodo de vencimiento, tiempo de rotación, etc. Luego, se cotiza el *stock* de todos los artículos en existencia.

Para un mejor análisis se deben valorar factores externos como la confianza de los proveedores, el comportamiento del mercado de acuerdo con temporadas, entre otros.

Con el análisis, las empresas son capaces de elevar un nivel mayor de inventario para hacer frente a una demanda fuerte o disminuir los niveles, cuando la demanda sea escasa.

Entre los pronósticos que hace la empresa para los niveles de inventario y lo real, existe un error o sesgo, ya sea por arriba o por debajo de lo estimado. Para reducir el error y encontrar un equilibrio, existen técnicas para la gestión del inventario, como el método just in time (véase punto 7.16).

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione, con sus propias palabras, la importancia de realizar un análisis en los inventarios
2. Mencione otras técnicas para reducir los errores al pronosticar y explique brevemente cada una

7.9 RESTRICCIONES FÍSICAS, ADMINISTRATIVAS Y FINANCIERAS

Las restricciones pronosticadas para elaborar una política de inventarios son, por lo general, muy distintas a las restricciones que se presentan en el momento de ser implementado.

Las restricciones físicas comprenden aspectos como la capacidad de almacenar en la bodega, el transporte, el cuidado de artículos frágiles, la distribución de los anaqueles, la temperatura ambiente, la iluminación, la ventilación, las instalaciones para el abastecimiento de agua, energía eléctrica, el drenaje, entre otros.

Lo anterior puede convertirse en restricción, por ejemplo sin una buena instalación para el abastecimiento de agua, el lugar puede estar sucio y proliferar roedores o insectos que afecten los productos en existencia, o debido a la temperatura, los productos se echan a perder con mayor rapidez.

Las restricciones administrativas, están ligadas a la ausencia de información, una parte fundamental para la coordinación entre cada una de las áreas. Además de que la información forma parte del registro y control para la toma de decisiones.

En ocasiones, es muy difícil contar con datos exactos para conocer la demanda futura de los artículos en almacén, porque es complicado calcularlo y se considera como una restricción que no permite la buena gestión de inventario.

Las restricciones financieras se presentan en los cálculos de los costos óptimos, otra parte difícil debido a que debe existir un equilibrio para la cantidad económica de pedido. Además, descubrir la cantidad exacta de demanda y las utilidades genera un dolor de cabeza para los administradores.

Otro factor que afecta la gestión es el presupuesto que la empresa invierte en inventario, ya que para algunos directivos no es tan necesario contar con un buen inventario, focalizándose en otras áreas de la empresa.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione tres restricciones físicas y explique a detalle cómo afecta la gestión de inventarios
2. Mencione tres restricciones administrativas y explique a detalle cómo afecta la gestión de inventarios
3. Mencione tres restricciones financieras y explique a detalle cómo afecta la gestión de inventarios

7.10 PROBLEMAS PARA MÁS DE UN PRODUCTO

Existen empresas que trabajan con un gran número de artículos para su inventario. Las empresas que presentan este reto, por lo general son tiendas departamentales o cadenas de tiendas, donde existe una fuente de abastecimiento.

Dicha fuente o central debe resolver problemas para cubrir decenas o cientos de tiendas que manejan una gran variedad de artículos (por ejemplo, 20 mil). Cuando esto sucede, se deben tomar miles de decisiones al año para mantener los estantes llenos para satisfacer la demanda y cuidar no rebasar los costos de existencias.

Por lo anterior, existen sistemas computarizados con alta tecnología que pronostican cuánto de cada artículo se necesita para cada tienda y automáticamente genera pedidos para estos productos ante un proveedor ya establecido, por lo que al hacer los pedidos de manera rápida, el nivel en inventario disminuye y el precio del producto al consumidor final también disminuye y permite que las empresas sean cada día más competitivas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue un sistema computarizado que se encargue de pronosticar y realizar los pedidos de manera automática
2. Elabore un ensayo de la evolución de los sistemas de inventarios

7.11 CURVAS DE ISOCOSTOS

Las curvas de isocostos sirven para buscar la mejor combinación de insumos para una empresa, que representen menores costos.

Los costos de la empresa se reducen considerablemente si se emplean de mayor forma los insumos más baratos. Para comenzar, se debe conocer el precio de cada uno de los insumos que intervienen en el proceso.

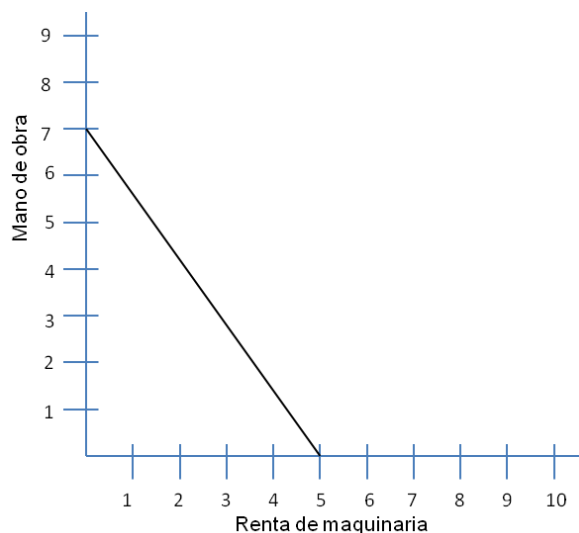
Para conocer los isocostos, se tienen que conocer los precios del insumo empleado. Por ejemplo, en la producción de jugos de manzanas, la mano de obra cuesta \$100 cada día (un obrero), la renta de la maquinaria es de \$140 y los costos de producción son de \$700 de forma diaria; entonces tenemos:

$$\text{Mano de obra} = \frac{700}{100} = 7 \text{ días de trabajo}$$

$$\text{Renta de maquinaria} = \frac{700}{140} = 5 \text{ días de renta}$$

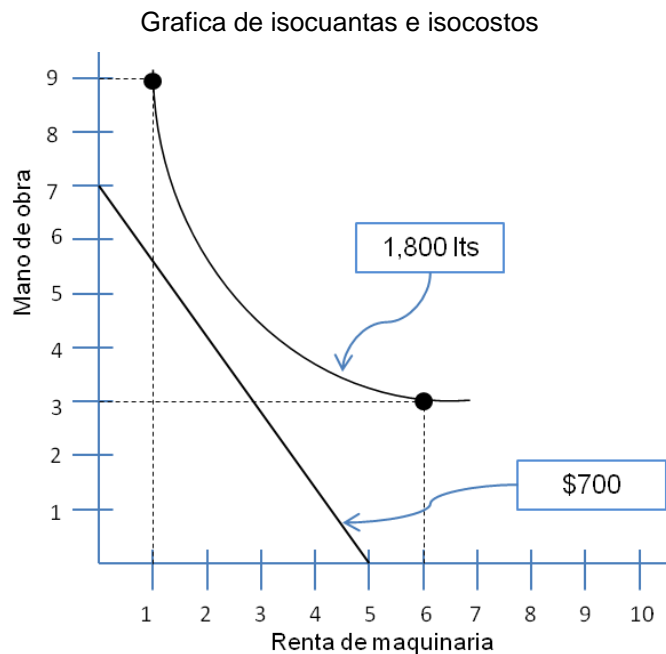
Con los datos obtenidos referente a los días de trabajo y renta de maquinaria, se construye un gráfico, como el que se presenta a continuación:

Grafica de isocostos



El gerente de producción sabe que se pueden producir 1,800 l de jugo de manzana con una mano de obra igual a 9 y 1 día de renta de maquinaria; o

también, con una mano de obra igual a 3 y 6 días de renta de maquinaria. Con estos datos se puede construir el gráfico de la isocuanta que representa las combinaciones que se pueden hacer de dos factores de producción (para este ejemplo mano de obra y maquinaria) con valores variables que permiten a la organización tener una misma cantidad de producto final.

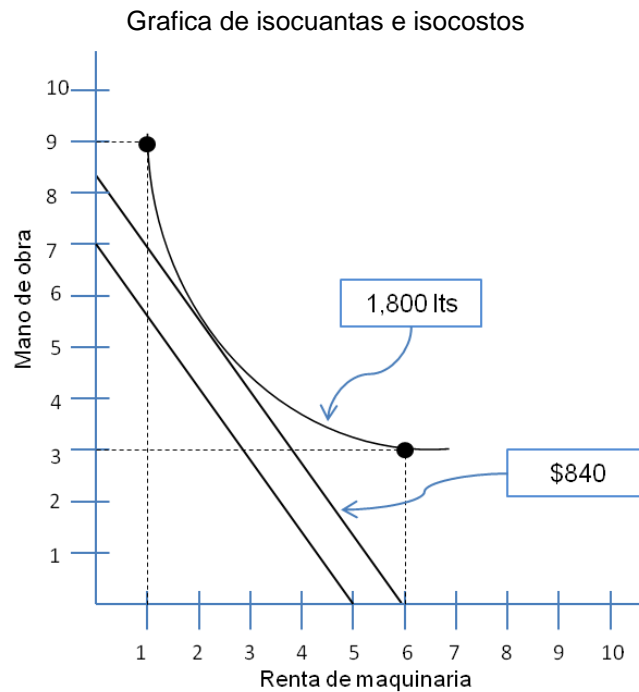


Como se puede observar en la gráfica de isocuantas e isocostos, la isocuanta no toca la línea de isocosto; es decir, no hay posibilidad de producir 1,800 l con \$700, pero con \$840 si se logran interceptar como se puede observar en la gráfica siguiente.

$$\text{Mano de obra} = \frac{840}{100} = 8.4 \text{ días de trabajo}$$

$$\text{Renta de maquinaria} = \frac{840}{140} = 6 \text{ días de renta}$$

Así pues, se pueden producir 1,800 l empleando una mano de obra igual a 8.4 días y 6 días de renta de maquinaria.



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Para producir 2,500 l de manzana, se debe tener una mano de obra igual a 10 y 1 día de renta de maquinaria; o también, se puede lograr una mano de obra igual a 3 y 7 días de renta de maquinaria.

El gerente de producción desea saber si los factores disponibles son suficientes: mano de obra que cuesta \$120 cada día (un obrero), la renta de la maquinaria es de \$200 y los costos de producción son de \$1,200 de forma diaria. Elabore el gráfico y determine a qué costo se puede lograr alcanzar una producción de 2,500 l

2. Investigue el campo de aplicación de la curva de isocostos

7.12 ANÁLISIS TI-TO (TOTAL INMOVILIZADO-TOTAL DE ÓRDENES)

Todas las mercancías que se consideran producto final o producto intermedio son creadas para eliminar una necesidad al ser consumidas, ya sea en el área de producción o por los clientes. Ahora bien, todos los artículos en inventario

sirven a la empresa para generar utilidades; para tener éxito se deben sacar a la venta de forma rápida los productos finales, de lo contrario se corre el riesgo de perder dinero.

Se debe hacer un análisis del inventario inmovilizado, para evitar el sobreinventario. Lo anterior permitirá anticiparse y realizar un programa de órdenes que mitigue las pérdidas; esto debe ser muy común en productos con una vida útil corta (como las verduras, la leche o la carne).

En ocasiones, es necesario bajar el precio al producto para mover los productos del inventario; sin embargo, esta alternativa impacta directamente en las utilidades. Otra alternativa considerable es ofrecer descuentos en la compra de otros artículos, emplear a un distribuidor, atacar otros segmentos de mercado, con el fin de estimular las ventas y disminuir el nivel del inventario.

Para realizar de mejor forma la planeación de las órdenes en inventario, es importante conocer los errores del pasado para no volver a cometerlos, revisar toda la información al alcance relacionada con los inventarios, tener muy presente lo que sucede fuera de la empresa.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

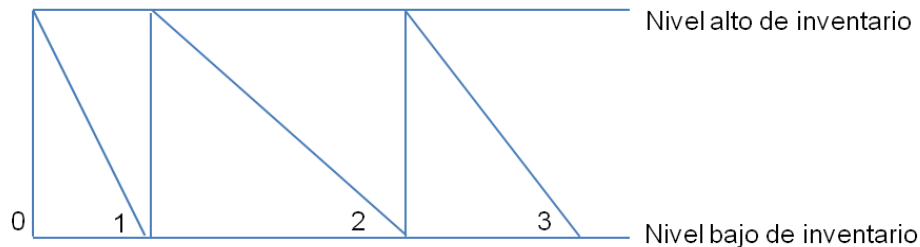
1. Analice y explique los impactos positivos y negativos que ocasiona rebajar el precio al producto
2. Mencione qué medidas tomaría para no tener en almacén demasiado producto final

7.13 MODELOS ESPECIALES DE DEMANDA ALEATORIA

Cuando la cantidad demandada de un artículo en inventario es una variable aleatoria, es necesario el empleo de modelos para elegir la mejor alternativa de varias posibles.

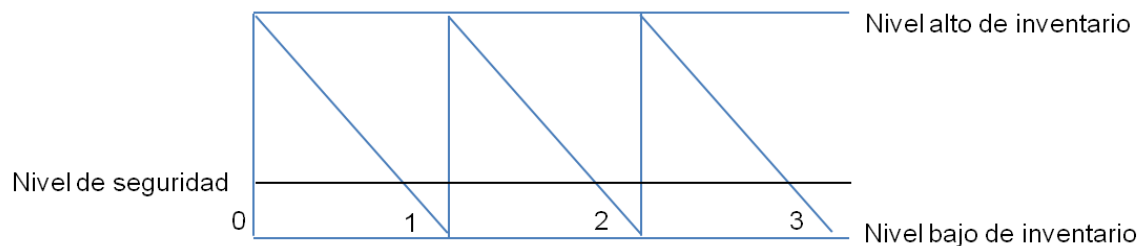
Un modelo para trabajar con la demanda aleatoria es la gestión de acuerdo con la cantidad fija de pedido, donde el reaprovisionamiento se hace en tiempos diferentes pero en cantidades iguales. Por ejemplo, se empieza con

un *stock* 0, cuando se termina, se crea el *stock* 1 y cuando éste último termina, se construye el *stock* 2 y así, sucesivamente.



El modelo se complica porque el tiempo de envío del artículo requerido absorbe una cierta cantidad de tiempo, llamado plazo de aprovisionamiento. Si este tiempo se conoce con certeza, se puede hacer la orden con anticipación, pero como se considera una demanda aleatoria, puede coincidir que exista demasiada demanda y se agote rápido el *stock*.

Otro modelo para la demanda aleatoria es el de gestión por dos almacenes. Aquí se realiza el reaprovisionamiento en periodos constantes de tiempo (al inicio de cada mes) y las cantidades varían de acuerdo con el restablecimiento del *stock*. Se fija un nivel antes de que se llegue a agotar en existencia un artículo, de pasar el nivel, se tiene que reaprovisionar sin esperar el inicio del mes.



Como se puede apreciar, los tiempos de aprovisionamiento son iguales en todos los periodos y lo único que varía es la cantidad. Este modelo puede ser muy útil, ya que el nivel de seguridad mantiene en alerta al administrador y

permite hacer con anticipación los pedidos antes de que se agoten los artículos en inventario.

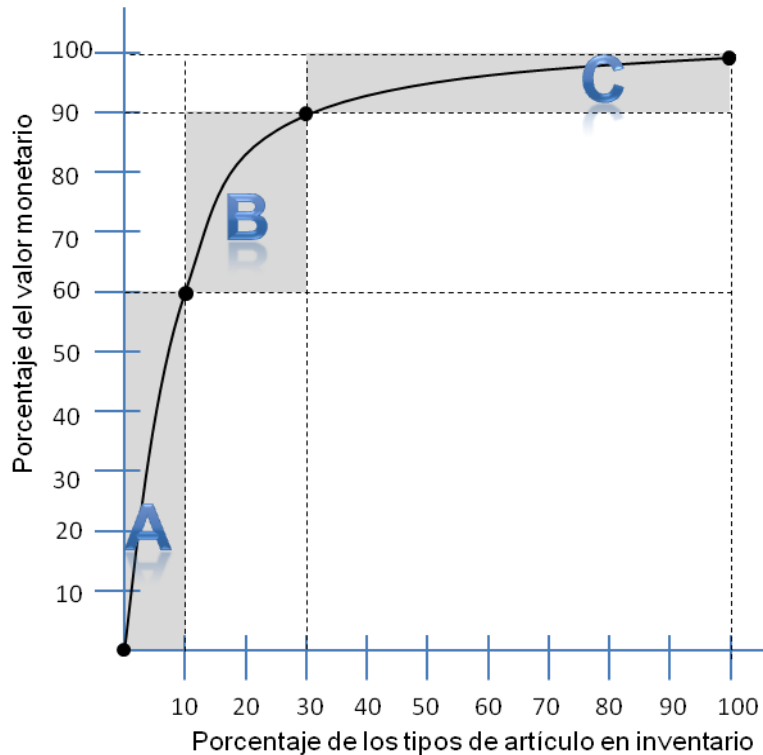
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Explique el modelo de gestión de acuerdo con la cantidad fija de pedido, enfocado a cualquier empresa
2. Explique el modelo de gestión por dos almacenes, enfocado a cualquier empresa

7.14 CURVAS ABC

Las curvas ABC representan un sistema de control de inventario, basado en el costo por unidad por periodo y así poder clasificar a los artículos en almacén. Los artículos que cuentan con un mayor porcentaje en representación con el costo total se pueden clasificar de tipo A.

El control de estos artículos debe hacerse de manera cuidadosa, las reservas deben ser mínimas para evitar costos. Los del tipo B son de porcentaje medio (pueden representar el 30% del costo total en inventario). Y por último, los de tipo C representan los de menor porcentaje con el costo total (pueden representar el 10% del costo total en inventario); en este rubro podemos encontrar lapiceros, borradores, broches, hojas, tornillos, etc., y las reservas pueden ser altas, ya que no representan un gran costo. En ocasiones, no es necesario tener reservas de algunos artículos de tipo C, ya que no intervienen directamente en la producción, por ejemplo quedarse sin clips no detendrá la producción.



El administrador puede decidir el número de categorías que puede emplear para clasificar los artículos en inventario.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Elabore un listado de los artículos que pueda manejar una empresa en su inventario, después realice la clasificación empleando el método ABC
2. Explique el criterio que usó en la clasificación de los artículos de la actividad anterior

7.15 CRITERIOS DE REAPROVISIONAMIENTO DE STOCKS

Reaprovisionamiento significa proveer suministros para satisfacer una demanda, tomando en cuenta los objetivos de la empresa. Por ello, es de suma importancia optimizar esta función, ya que incide en todas las áreas de la empresa (planeación, producción o mantenimiento).

Los objetivos del reaprovisionamiento pueden ser: minimizar los costos, reducir el periodo de entrega, eliminar los retrasos, emplear la máxima capacidad de la empresa, entre otros.

Es muy importante el reaprovisionamiento de *stock*, para mantener el nivel necesario que permita dar seguimiento a las actividades de la empresa.

Para reaprovisionar adecuadamente, se debe tomar en cuenta que se debe tener lo suficiente durante el periodo de un reaprovisionamiento a otro; también que no pare el ritmo de producción y estar preparado ante los cambios en las demandas.

El cálculo de *stock* está condicionado por la dificultad de pronosticar el comportamiento de la demanda y las ventas, la necesidad de utilizar los artículos en existencia de forma variada, los problemas que puedan surgir en las entregas o suministro.

Lo anterior nos lleva a la necesidad de gestionar el *stock* y tener en cuenta todas las condicionantes para realizar el aprovisionamiento que permita satisfacer la demanda de los artículos en almacén.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione la importancia de optimizar el *stock*
2. Explique el objeto de reaprovisionar el *stock*

7.16 CONCEPTOS DE MRP Y JUST IN TIME

El sistema MRP, planeación de requerimiento de materiales, se encarga de realizar las gestiones necesarias para mantener un *stock* de materiales que le permita a la empresa realizar sus funciones.

Para realizar las gestiones necesarias, el administrador del sistema MRP, se apoya en el programa maestro de producción, que está determinado por los pedidos del cliente; de igual forma, se apoya en la planeación agregada de producción y el pronóstico de la demanda futura. Además, para que exista una

coordinación efectiva, se debe tomar en cuenta información relacionada con la lista de materiales y el registro de inventarios.

Requerir materiales se puede hacer a través de proveedores o a través del taller de la fábrica. Si se emplea el último, se debe consultar la capacidad de producción de las partes necesarias, de lo contrario, al no existir la capacidad suficiente se debe requerir con un proveedor.

Si se aplica de forma eficiente el sistema MRP, ayudará considerablemente a la empresa a controlar los inventarios, entregar a tiempo los pedidos de los clientes y controlar los costos de las empresas de manufactura y de servicios.

El Sistema JIT, justo a tiempo, se planea para un periodo fijo de tiempo (de uno a tres meses), para dejar tiempo necesario en la planeación de los programas de trabajo.

Después se toma un mes para ajustar el programa maestro diariamente; es decir, producir la misma cantidad de forma diaria. La ventaja de esto es que se puede proporcionar una carga uniforme a la planta y a los proveedores de forma permanente.

El JIT emplea un sistema de retiro de partes, con recipientes pequeños y solamente se provee un número específico de éstos. Cuando todos los recipientes se llenan, se apagan las máquinas y no se producen más partes, hasta que se vacíe un recipiente.

El objetivo principal del sistema JIT es producir las partes en lotes de tamaño 1. Esto trae costos a la empresa debido al tiempo de preparación de la máquina en comparación al costo de tener inventario. Para solucionar este problema se busca siempre reducir el tiempo de preparación de la máquina.

El sistema JIT se enfoca en eliminar todo lo que sea considerado como desperdicio en las acciones de compra, producción, distribución. También en tener los recursos mínimos, coordinarse con un solo proveedor, la mínima o nula cantidad en inventario, eliminación de tiempos de producción en exceso.

Entonces, JIT se centra en producir únicamente lo necesario para cumplir las metas propuestas. Además, este sistema trata de mantener en cero las existencias, porque absorben el capital de la empresa que se pueden invertir en

otras formas, los costos de almacenaje aumentan, el producto puede caducar o dañarse al mantenerse almacenado e impide realizar mejoras al interior de la empresa.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione la las ventajas y desventajas de usar el sistema JIT y explique
2. Mencione las ventajas y desventajas de usar el sistema MRP y explique

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: subraye la respuesta correcta

1. ¿Qué son los inventarios?

- a) Es el registro sistemático de todos los bienes de una empresa.
- b) Es el registro sistemático de las deudas de una empresa.
- c) Son registros sistemáticos de todos los bienes de una empresa
- d) Son materiales y productos en almacén.

2. ¿Por qué se deben mantener inventarios en una empresa?

- a) Para satisfacer la demanda cuando se requiera.
- b) Para que no se pare la producción.
- c) Para que no hayan tiempos muertos.
- d) Para no dejar de atender a los clientes.

3. ¿Qué se entiende por hacer inventarios en una empresa?

- a) Es el manejo adecuado de productos en el almacén.
- b) Hacer un recuento de las existencias en forma periódica.
- c) Es el control de mercancías nuevas en el almacén.
- d) Es un registro del valor de las mercancías.

4. ¿Qué costos intervienen en los inventarios?

- a) Costos de adquisición de materiales, costos de existencia de inventarios y costos de publicidad.
- b) Costos de manejo, costos de seguros y fletes.
- c) Costos de adquisición de los materiales, costos de existencia de los inventarios, costos de las fluctuaciones y costos de oportunidad.
- d) Costos directos e indirectos.

5. ¿Qué son los costos de existencia de inventarios?

- a) Son todos los gastos por mantener inventario.
- b) Son costos por intereses cuando se pide un préstamo para financiar el inventario.
- c) Son los gastos que se incurren por el manejo de inventario.
- d) Son los costos por el manejo de inventarios.

6. ¿A qué se refieren los costos de las fluctuaciones?

- a) Son costos por capacitación y contratación cuando la demanda es alta.
- b) Son costos por no tener existencias cuando te piden.
- c) Son costos por tener demasiadas existencias cuando las ventas son bajas.
- d) Son costos por exceso de almacén.

7. ¿Qué son los costos de oportunidad?

- a) Son costos por no aprovechar precios o descuentos en compra por volumen.
- b) Es el costo en que se incurre por compras anticipadas.
- c) Es el costo en que se incurre por no comprar oportunamente.
- d) Son costos directos por no comprar oportunamente.

8. ¿A qué se le denomina *stock*?

- a) Es un sistema de reposición de inventario.
- b) Es una forma de detener las compras para el almacén.
- c) Son las existencias o reservas del producto en la empresa.
- d) Es una cantidad grande de mercancías que garantiza que siempre habrá existencias en el almacén.

9. ¿Qué significa CEP?

- a) Cantidad especial de pedido.
- b) Cantidad económica de pedido.
- c) Cantidad económica de producción.
- d) Es un concepto empleado para designar la capacidad de producción.

10. ¿Cuándo existe agotamiento de existencias en una empresa?

- a) Cuando ya no hay existencia.
- b) Cuando solicitan un pedido y no hay el producto solicitado.
- c) Cuando se tiene un nivel mínimo de inventarios y no es suficiente para abastecer la demanda.
- d) Cuando tenemos poca existencia pero no es el tiempo de reponer.

11. ¿A qué se refiere la reposición instantánea de un pedido?

- a) Es una reposición que se hace cuando se termina un artículo.
- b) Es una reposición inmediata de acuerdo con la programación de determinado artículo, antes de que se agote la existencia.
- c) Es una reposición dos días antes de que se agote la existencia.
- d) Es una compra anticipada de artículos para que el almacén tenga un *stock* de seguridad.

12. ¿Qué gastos incluye la adquisición de un lote?

- a) Gastos de transporte, agua, luz, teléfono, maniobras, embalaje.
- b) Gastos de transporte, facturación, maniobras, aranceles y mano de obra.
- c) Importe de la factura, gastos de transporte, comisión, seguro, aranceles, inspección y conservación.
- d) Gastos directos e indirectos.

13. ¿Qué es el análisis de sensibilidad?

- a) Consiste en hacer revisiones periódicas sobre el comportamiento de diferentes variables en el almacén.
- b) Consiste en revisar el almacén cada mes.
- c) Consiste en revisar las existencias para observar la fecha de caducidad.
- d) Consiste en analizar de manera anticipada lo que puede pasar por no tener un *stock* de seguridad.

14. ¿Qué factores externos se consideran en el análisis de sensibilidad?

- a) La confianza de los proveedores y el comportamiento del mercado.
- b) El mercado y la mercadotecnia.
- c) El mercado y la opinión del cliente.
- d) La opinión del consumidor

15. ¿Qué tipos de restricciones se consideran en una política de inventarios?

- a) Administrativas y financieras.
- b) Físicas, administrativas y financieras.
- c) Presupuestales y administrativas.
- d) Normativas.

16. ¿A que se refieren las restricciones administrativas?

- a) Es la falta de información para calcular las necesidades.
- b) Es la ausencia de equipo de cómputo para el cálculo.
- c) Es la falta de una estructura de organización funcional.
- d) La falta de normas y manuales.

17. ¿En qué casos se deben utilizar sistemas computarizados para tomar las decisiones de inventarios?

- a) Cuando el producto tiene muchos proveedores.
- b) Cuando la empresa maneja muchos artículos.
- c) Cuando existen existencias muy grandes de un artículo.
- d) Cuando se trata de muchos productos y muchos clientes.

18. ¿Qué son las curvas de isocostos?

- a) Son graficas que muestran una curva de costos de mano de obra.
- b) Son graficas que muestran el comportamiento del costo de un producto.
- c) Son graficas que muestran la relación entre dos variables de costos involucrados en la producción de un bien.

d) Es un sistema cartesiano que muestra el comportamiento de los costos indirectos.

19. ¿A qué se refiere el análisis TI-TO?

- a) Es un método para tener un inventario libre de pérdidas.
- b) Es un método de análisis del inventario inmovilizado con respecto al total de órdenes, para agilizar la venta.
- c) Es un método para analizar el inventario perdido.
- d) Es un método que utiliza la totalidad del inventario en un momento determinado.

20. ¿En qué consiste el método de demanda aleatoria?

- a) Consiste en crear varios *stock* de mercancías, iniciando con el stock 0, stock 1 y así sucesivamente para el reaprovisionamiento.
- b) Consiste en mantener una reposición de acuerdo con la demanda.
- c) Consiste en tener inventarios iguales en cada mes.
- d) Consiste en tomar una muestra de lo ocurrido en periodos anteriores.

21. ¿En qué consiste el sistema ABC de control de inventarios?

- a) Consiste en clasificar los artículos en grupos de 100 en 100; el grupo A de 0 a 100, el B de 101 al 200 y el C de 201 a 300.
- b) Consiste en clasificar los inventarios de acuerdo con su costo en grupos: A mayor costo, B costo intermedio y C menor costo.
- c) Consiste en clasificar las mercancías de acuerdo con su volumen: A mayor volumen, B volumen intermedio y C menor volumen.
- d) Es el equivalente a primeras entradas, primeras salidas.

22. Son dos objetivos del reaprovisionamiento

- a) Eliminar retrasos y aumentar utilidades.

- b) Minimizar costos y eliminar retrasos.
- c) Eliminar retrasos y tener más espacio disponible.
- d) Disminuir pérdidas y minimizar costos.

23. ¿Qué significa MRP?

- a) Planeación de requerimiento de materiales.
- b) Planeación de reposición de materiales.
- c) Mejoramiento de la reposición planeada.
- d) Inventarios rápidos para la producción.

24. ¿Para qué le sirve a la empresa el MRP?

- a) Para elevar sus ganancias.
- b) Para mejorar la distribución de los inventarios.
- c) Para controlar los inventarios.
- d) Para mantener la cantidad adecuada de inventario.

25. ¿Qué es el sistema JIT?

- a) Es el sistema justo a tiempo el inventario.
- b) Es el sistema justo a tiempo.
- c) Es el sistema inventario rápido.
- d) Es un sistema de información rápida para la toma de decisiones.

UNIDAD 8

TEORÍA DE FILAS

OBJETIVO

Analizar todos los procesos de las líneas de espera en los centros de oferta de una empresa y crear modelos que permitan un equilibrio entre la demanda existente y los tiempos de atención al cliente.

TEMARIO

8.1 PROCESOS DE INGRESO Y ATENCIÓN DE CLIENTES EN SISTEMAS DE ATENCIÓN

8.2 TIPOS DE FILAS Y DISPOSICIONES DE CANALES

8.3 MODELOS CON FILAS DE UN CANAL Y DE VARIOS CANALES DISPUESTOS EN PARALELO

8.4 MODELOS CON POBLACIÓN FINITA E INFINITA

8.5 EFECTO DE LA IMPACIENCIA

8.6 MODELOS CON CAPACIDAD LIMITADA E ILIMITADA DE FILA

8.7 CANALES EN SERIE

8.8 ANÁLISIS DE PROBLEMAS COMPLEJOS CON VELOCIDADES DE ATENCIÓN DISTINTAS

8.9 OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE FILAS

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

Tener que esperar en una fila es una experiencia cotidiana que normalmente se considera desagradable. Esperar en un elevador, en un restaurante cuando se piden los alimentos o en la fila de un banco es una confrontación con la pérdida de tiempo.

No es fácil esperar en la fila de un supermercado. Si la espera es muy larga, las personas se vuelven irritables e inquietas, los temperamentos se ofuscan. Por supuesto, muy larga es relativa. Por ejemplo, la espera puede ser más larga si se está sentado (como en un restaurante) que si se está parado (como en un supermercado). Aun así, la paciencia tiene un límite y finalmente la gente se va a otra parte. Las empresas saben que cada persona siente, piensa y actúa diferente y lo que para unos es un buen servicio, para otros es un servicio común al cliente.

La buena atención al cliente asegura un aumento en la fidelidad de la marca, de ahí que los administradores se preocupan por mejorar día con día este aspecto. Cuando un cliente siente que no es bien atendido, opta por otras alternativas o por consumir productos sustitutos. La atención a los clientes les demuestra a los consumidores finales la calidad que presenta cada uno de sus productos, servicios o los procesos que se estén llevando al interior de las empresas.

Por ello cada empresa debe administrar la atención a clientes y tener un control sobre cada proceso que se relacione directamente con el cliente. De ello depende en gran medida elevar la demanda del producto o servicio y ganarle a la competencia.

Algunos administradores de manera intuitiva tratan de resolver la problemática que se les presenta en relación con las filas; por ejemplo, en el caso del restaurante, el responsable planea atender con un mayor número de meseros en las horas pico; en un supermercado, el administrador incrementará el número de cajas de servicio para responder a la demanda, soluciones de acuerdo con la experiencia.

No obstante, hay ocasiones en las que la intuición necesita ayuda, cuando va de por medio una inversión sustancial de capital o cuando el balance apropiado no es evidente. El análisis cuantitativo con frecuencia es útil en estas situaciones.

En el análisis de líneas de espera en esta unidad se aplica la teoría de filas. Una fila es una línea de espera y la teoría de filas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o sistemas de filas. Los modelos sirven para encontrar el comportamiento de estado estable, como la longitud promedio de la línea y el tiempo de espera promedio para un sistema dado. Esta información junto con los costos pertinentes se usa, entonces, para determinar la capacidad de servicio adecuada.

8.1 PROCESOS DE INGRESO Y ATENCIÓN DE CLIENTES EN SISTEMAS DE ATENCIÓN

El proceso de ingreso de los clientes al centro de atención es uniforme durante cierto periodo o pueden ser aleatorias como se presenta en la mayoría de los negocios. Cuando el proceso de ingreso es aleatorio, se puede realizar un registro con los tiempos de llegada y sacar un promedio, para conocer de forma rápida el comportamiento de los clientes.

Es necesario hacer un análisis de las tendencias temporales que tienen los clientes para solicitar un producto o servicio; por ejemplo, en época vacacional el turismo necesita invertir más dinero porque es cuando se presenta el mayor nivel de demanda, o en contraparte, reducir el número de personas en atención al cliente, cuando se sabe que muy poca gente acudirá.

Los sistemas de atención a clientes comprenden el conjunto de acciones y recursos que se relacionan entre sí para dar una buena atención al cliente que logre la fidelidad de los clientes a la marca.

Los sistemas de atención a clientes consiguen involucrar a los directivos, ya que sin su apoyo no se obtienen resultados satisfactorios. Ellos deciden cómo debe implantarse a fin de satisfacer los gustos de los clientes. Asimismo, a través de los sistemas se conoce y entiende a los clientes (sus gustos, que les desagrada, que esperan y demás), y se identifica por qué prefieren los productos propios que los de la competencia.

Además, se deben crear estándares que logren satisfacer a la mayoría o a todos los clientes, por ejemplo, estandarizar los tiempos de atención, estandarizar la información brindada, tiempos de entrega del producto o servicio.

Los sistemas de atención a clientes deben contar con personal amable y con un buen espíritu en el servicio, por ello se debe elegir con mucho cuidado al personal que deba ocupar esa área.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Formule una encuesta que le permita conocer los criterios que utiliza el cliente para sentirse bien atendido

2. Elabore un ensayo sobre la atención a clientes en los negocios de su ciudad

8.2 TIPOS DE FILAS Y DISPOSICIONES DE CANALES

De acuerdo con el tipo de negocio encontramos diferentes tipos de líneas de espera, entre las cuales se encuentran:

1. Una línea, un servidor: Este tipo de fila consiste en realizar una sola línea conforme va llegando el cliente y sólo existe un personal dedicado a la atención de ellos. Por ejemplo, las filas que se realizan para consultar a un doctor.
2. Una línea, múltiples servidores: Se presenta cuando sólo se forma una línea de espera, conforme llegan los clientes y existen varias ventanillas que los atienden. Un caso muy común es el de algunos bancos: existe una sola fila y cada cliente tiene su turno, y conforme las ventanillas se van desocupando son atendidos uno a uno.
3. Varias líneas, múltiples servidores: Para este caso, existe más de una línea de espera y cada una tiene su propio servidor. Este tipo de fila es muy común en las tiendas de autoservicio.

Un canal de atención a clientes es una vía de comunicación especial para proporcionar un producto o servicio al cliente. El teléfono representa un canal de atención con gran potencial de contacto pues la mayor parte de la población dispone de una línea telefónica y es una forma fácil, rápida y segura de proporcionar una atención.

Es importante dar la mejor impresión y trato desde el principio, ya que de esto dependerá que el cliente se interese en el producto o servicio que se le ofrece.

Otro canal importante es la atención directa de la empresa, cuando el cliente entra al centro de atención (ya sea para solicitar información, para comprar algún producto o para adquirir algún servicio).

En este caso, es importante darle al cliente todas las comodidades (sillas, un escritorio en el cual se le pueda dar una explicación a fondo del producto) para crear un ambiente agradable y permitir que el cliente preste toda

la atención a la mercancía que vende la empresa. Desde la oficina se pueden brindar al cliente folletos, láminas, tarjetas o cualquier cosa que le impacte.

Otro canal de atención del que disponen las empresas en la actualidad, es el internet. Aquí se brinda una atención masiva y sin discriminar a nadie; sin embargo, existen muchas personas que aún no cuentan con el acceso a este servicio por una u otra razón.

Aquí se puede dar atención a través de una página en internet (sitio web) o por correo electrónico. Una página en internet contiene gráficas, imágenes, fotos, música, animaciones, por ejemplo, además, se puede usar como una oficina virtual en donde se hacen operaciones sencillas (compra, registro del cliente y demás).

Por otro lado, con el correo electrónico llegamos a lugares lejanos en cuestión de segundos y se lleva una atención personalizada. A diferencia del internet, al usar correos electrónicos se impacta a un público de escalas menores.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Elija un negocio de su ciudad y acuda para solicitar información. A partir de esa experiencia, mencione qué tipo de línea de espera emplea, el tiempo que tardó para su atención y la calidad de la atención al cliente que brinda
2. Elabore un análisis de la página web de alguna empresa de su ciudad, que incluya crítica, comentarios y sugerencias
3. Solicite información vía correo electrónico a cualquier empresa de su ciudad y evalúe la calidad de la atención

8.3 MODELOS CON FILAS DE UN CANAL Y DE VARIOS CANALES DISPUESTOS EN PARALELO.

Como se mencionó con anterioridad, la distribución en que llegan los clientes es una variable aleatoria, debido a que no se sabe el tiempo exacto en que llegará

cada cliente ni la cantidad exacta de clientes que llegarán en periodos de una hora o de un día.

1. A continuación se presenta un ejemplo para filas de un canal:

La tasa media de llegada (λ) en un negocio es de un cliente cada tres minutos,

y el tiempo medio de servicio (μ) es de un cliente cada dos minutos.

Número promedio de clientes en el sistema a cualquier hora:

$$E(n) = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$E(n) = \frac{1/3}{1/2 - 1/3} = 2 \text{ clientes}$$

Promedio de tiempo que un cliente pasa en el sistema:

$$E(v) = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$E(v) = \frac{1}{1/2 - 1/3} = 6 \text{ minutos}$$

Número promedio de clientes que esperan servicio, o promedio de longitud de la línea de espera:

$$E(w) = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$E(w) = \frac{(1/3)^2}{1/2(1/2 - 1/3)} = 1.33 \text{ clientes}$$

Número promedio de los que reciben servicio:

$$E(x) = E(n) - E(w)$$

$$E(x) = 2 - 1.33 = 0.67 \text{ clientes}$$

Tiempo promedio que espera un cliente antes de recibir un servicio:

$$E(y) = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$E(y) = \frac{(1/3)}{1/2(1/2 - 1/3)} = 4 \text{ minutos}$$

También se calcula de la siguiente forma:

$$E(y) = E(v) - \text{tiempo de servicio}$$

$$E(y) = 6 - 2 = 4 \text{ minutos}$$

2. Para filas de varios canales, se presenta el siguiente ejemplo:

Para brindar información, un banco tiene tres estaciones de servicio; el promedio de llegada es de noventa y seis personas en un día de ocho horas de servicio. Cada persona encargada de dar información dedica un tiempo diferente a cada cliente, el promedio de tiempo de servicio es de doce minutos.

Tenemos que: $\lambda = 12/\text{hora}$ (96 personas / 8 horas)

$\mu = 5/\text{hora}$ (60 minutos / 12 minutos)

$k = 3$ estaciones

n = número de elementos en el sistema en determinado momento y $n = 0, 1, 2, \dots, k-1$ $0 \leq n < k$

$!$ = símbolo de factorial.

Para calcular la probabilidad de que no haya ningún elemento en el sistema de varios canales, usamos la siguiente ecuación:

$$P_0 = \frac{1}{\left\{ \sum \left[\frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \left(\frac{\mu}{\mu k - \lambda} \right) \right] \right\}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{12}{5} \right) + \frac{12^2}{2! \cdot 5} \left(\frac{1}{3!} \right) \frac{12^3}{5} \left(\frac{5 \cdot 3}{5 \cdot 3} \right) - \left(\frac{\quad}{12} \right)}$$

$$P.D. = \frac{1}{1 + 2.4 + 2.88 + (4.608) (5)}$$

$$P_0 = 1 / 29.32 = 0.0341, \text{ en porcentaje representa el } 3.41 \%$$

Para calcular el promedio de número de clientes en el sistema:

$$E(n) = \left(\frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! (\mu k - \lambda)^2} \frac{\lambda}{\mu} \right) \frac{1}{P_0} -$$

$$E(n) = \left(\frac{12 \cdot 5 (12/5)^3}{(3-1)! (5 \cdot 3 - 12)^2} + \frac{12}{5} \right) \frac{1}{0.0341} -$$

$$E(n) = \left(\frac{829.44}{18} + 2.4 \right)$$

$$E(n) = 1.5713 + 2.4 = 3.97 \text{ clientes}$$

Promedio del tiempo que un cliente pasa en el sistema:

$$E(v) = \left(\frac{\mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! (\mu k - \lambda)^2} \right) \frac{1}{\mu} \quad \text{---}$$

$$E(v) = \left(\frac{5 (12/5)^3}{(3-1)! (5*3 - 12)^2} \right) \frac{1}{5} \quad \text{---}$$

$$E(v) = \left(\frac{69.12}{18} \right) \frac{1}{0.0341 + 0.2}$$

$$E(v) = 0.1309 + 0.2 = 0.3309 \text{ de hora o 20 minutos aproximadamente}$$

Promedio de clientes que esperan el servicio o promedio de longitud de línea de espera.

$$E(w) = \left(\frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! (\mu k - \lambda)^2} \right)$$

$$E(w) = \left(\frac{12 * 5 (12/5)^3}{(3-1)! (5*3 - 12)^2} \right)$$

$$E(w) = \left(\frac{829.44}{18} \right) \frac{1}{0.0341}$$

$$E(w) = 1.5713 \text{ clientes}$$

Promedio de clientes a los que se da servicio:

$$E(x) = E(n) - E(w) = 3.97 + 1.57 = 5.54 \text{ clientes}$$

Promedio de tiempo que espera un cliente antes de darle servicio:

$$E(v) = \left(\frac{\mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! (\mu - \lambda)^2} \right)$$

$$E(v) = \left(\frac{5 (12 / 5)^3}{(3-1)! (5-12)^2} \right)$$

$$E(v) = \left(\frac{69.12}{18} \right)$$

$E(v) = 0.1309$ de hora, u 8 minutos aproximadamente

Es así como los resultados obtenidos nos ayudan a tener un panorama del comportamiento de una o varias líneas de espera y con base en los datos, pueden ajustarse buscando la mejora continua.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Realice los cálculos usando el modelo de un canal, para analizar el siguiente ejercicio: La tasa media de llegada (λ) en un negocio es de un cliente cada cinco minutos, y el tiempo medio de servicio (μ) es de un cliente cada cuatro minutos
2. Realice los cálculos usando el modelo de un canal, para analizar el siguiente ejercicio: La tasa media de llegada (λ) en un negocio es de un cliente cada cinco minutos, y el tiempo medio de servicio (μ) es de un cliente cada cuatro minutos

8.4 MODELOS CON POBLACIÓN FINITA E INFINITA

Para la teoría de filas, se consideran poblaciones finitas aquéllas en las que el número de clientes potenciales es pequeño, a diferencia de las poblaciones infinitas, que son en donde el número de clientes potenciales es muy grande.

Un modelo empleado cuando las poblaciones pueden ser finitas o infinitas, es el modelo M/D/1. Si se conoce el promedio de llegada de los clientes en un cierto periodo, se puede calcular la probabilidad, usando la

distribución de probabilidad Poisson. Por ejemplo, si en un negocio, concurren nueve clientes en una hora, la probabilidad de que existan cinco llegadas en una hora es la siguiente:

$$P(\text{llegadas}) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{N!}$$

Donde $e =$ valor de 2.71828

$\lambda = 9$ (promedio de concurrencia)

$t = 1$ hora (tiempo de concurrencia)

$n = 5$ clientes

$$P(\text{llegadas}) = \frac{e^{(-9)(1)} (9 \cdot 1)^5}{5!}$$

$$P(\text{llegadas}) = 0.0607 \text{ ó } 6.07 \%$$

Si para el mismo problema se tiene que se atiende a una persona cada cinco minutos, se puede calcular lo siguiente:

$$Lq = \frac{P^2}{2(1-P)} \quad \text{y} \quad P1 = \frac{\lambda}{\mu}$$

Donde:

$Lq =$ número medio de clientes en la fila

$P1 =$ probabilidad de que un cliente espere por el servicio

$\lambda =$ número medio de llegadas por unidad de tiempo (8 clientes/hr)

$\mu =$ número medio de clientes atendidos (uno cada cinco minutos o 12/h)

$$P1 = \frac{9}{12} = 0.75 \quad \text{Lq} = \frac{(0.75)^2}{2(1 - 0.75)} = 1.125$$

Para calcular el tiempo promedio que cada cliente espera en la fila (Wq), se usa la siguiente ecuación:

$$Wq = Lq/\lambda = 1.125/9 = 0.125 \text{ h o } 7.5 \text{ minutos.}$$

Se observa que existe aproximadamente un cliente en promedio en la fila. Para calcular el tiempo promedio de clientes que están en el negocio (Ws), se emplea la siguiente ecuación:

$$Ws = Wq + 1/\mu = 0.125 + 1/12 = 0.208 \text{ hrs o } 12.5 \text{ minutos.}$$

De esta forma, se tienen las medidas del desempeño adecuadas para analizar las filas en poblaciones finitas e infinitas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Calcule la probabilidad de que existan tres llegadas en una hora siguiente, si en un negocio concurren doce clientes en una hora, además de que se atiende a una persona cada cinco minutos

8.5 EFECTO DE LA IMPACIENCIA

La impaciencia en los clientes se presenta por la intranquilidad producida por algo que le molesta o no es agradable. El concepto que toman los clientes del servicio depende de aspectos como la atención directa que se les brinda, la amabilidad, la comodidad de las instalaciones, la temperatura ambiental, la limpieza... factores que repercuten en el tiempo que espera en la fila el cliente.

Cuando a un cliente le agrada la atención, le informa a unas cuantas personas, pero si le desagrada la atención le informa a muchas la experiencia vivida. Los efectos de la impaciencia varían de acuerdo con la personalidad de las personas. Algunas personas se impacientan sólo con ver lo largo que está la fila y prefieren no unirse a ella.

Otras personas optan por unirse a la fila, sólo si saben que el tiempo de espera será corto, y si tarda más de lo previsto la abandonan. Por otro lado, existen personas que debido a la impaciencia, se cambian de fila en fila entre filas paralelas.

Para mitigar las molestias de los clientes se deben respetar algunas normas, como atender primero a los clientes que llevan un mayor lapso de espera. Para evitar que las personas se unan a la fila sin un orden es necesario ordenarlos o asignarles un número de atención.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Visite un negocio de bienes o servicios en donde exista una línea de espera y elabore un relato del comportamiento de las personas que conforman la línea
2. Escriba cinco sugerencias para eliminar la impaciencia en los clientes y explique cada una

8.6 MODELOS CON CAPACIDAD LIMITADA E ILIMITADA DE FILA

Se habla de filas limitadas cuando por el diseño de las instalaciones no puede crecer más la línea de espera a tamaños infinitos; por ejemplo, un consultorio que sólo tiene un determinado número de sillas y el tiempo medido para atender a cada uno de los pacientes. Y la fila ilimitada, es aquella en donde la longitud no tiene límites; como ejemplo tenemos la caseta de cobro de una autopista, que pueden arribar los vehículos que sean, sin límite.

Por ejemplo, para población infinita, tenemos que la tasa media de llegada (λ) a una caseta de cobro de cierta autopista es de cincuenta autos por hora, y la tasa media de servicio (μ), es de sesenta autos por hora. Si la meta es que un auto no espere más de cuatro minutos para pagar, ¿se puede lograr?

$$E(y) = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$E(y) = \frac{50}{60(60 - 50)}$$

$$E(y) = 0.0833 \text{ hrs o } 5 \text{ minutos}$$

Como se puede observar, no se logra la meta, debido a que se demoran un minuto más de lo previsto. Para conocer cuál debe ser la tasa media de servicio para que se logre cumplir la meta, se calcula de la siguiente forma:

$$E(y) \leq 4 \text{ minutos}$$

$$E(y) \leq 4/60 \text{ horas}$$

$$\frac{50}{\mu(\mu - 50)} \leq \frac{4}{60}$$

$$60(50) \leq \mu(\mu - 50)(4)$$

$$3,000 \leq 4\mu^2 - 200\mu$$

$$4\mu^2 - 200\mu - 3,000 \geq 0, \text{ se divide todo entre 4}$$

$$\mu^2 - 50\mu - 750 \geq 0, \text{ se resuelve usando la formula general}$$

$$\mu \geq \frac{50 \pm \sqrt{(-50)^2 - 4(1)(-750)}}{2(1)}$$

$$\mu \geq 62.0809 \text{ automóviles por hora}$$

Se puede concluir que atendiendo a sesenta carros por hora no se puede lograr la meta de que un automovilista no espere más de cuatro minutos para pagar, por lo que se debe atender a 62.0809 autos por hora.

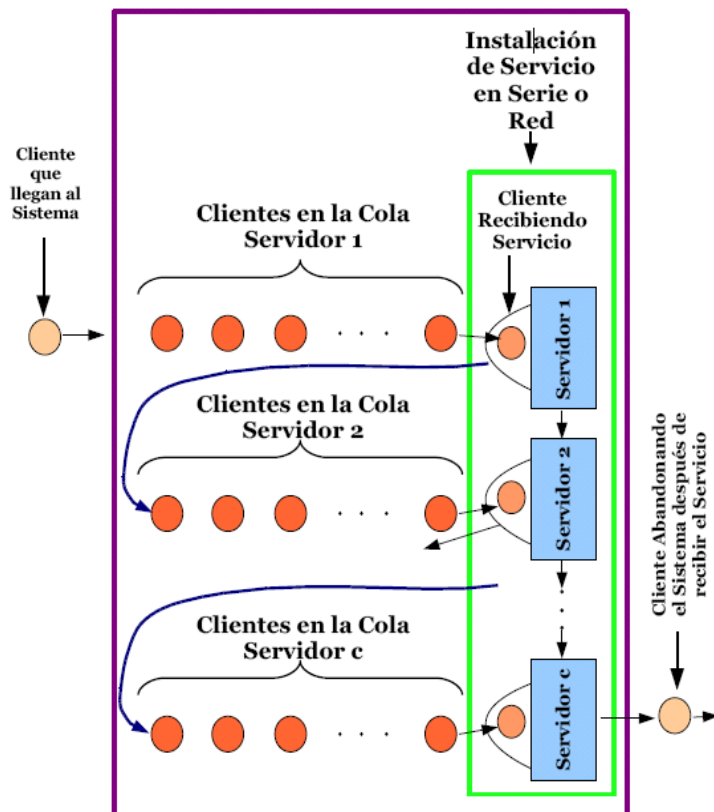
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. La tasa media de llegada (λ) a una caseta de cobro de cierta autopista es de ochenta autos por hora, y la tasa media de servicio (μ), es de setenta autos por hora. La meta es que un auto no espere más de cuatro minutos para pagar. Realice los cálculos necesarios para decir si se logra el objetivo
2. De la actividad anterior, si no se logra la meta, mencione qué tasa de servicio se necesita para alcanzarla

8.7 CANALES EN SERIE

Cuando hablamos de canales paralelos, se dice que se pueden atender a más de una persona al mismo tiempo, a diferencia del canal en serie, en donde el cliente debe de pasar por todos los canales, hasta obtener el servicio.

En los canales en serie hay varios módulos de servicio que están ordenados en secuencia lógica; por ejemplo, una cafetería tiene un módulo donde se elige el alimento, otro módulo de cobro y por último un módulo que se encarga de servir el alimento.



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Visite un negocio donde se presenten canales en serie. Describa de forma detallada el servicio y mencione sugerencias para mejorarlo

8.8 ANÁLISIS DE PROBLEMAS COMPLEJOS CON VELOCIDADES DE ATENCIÓN DISTINTAS

Para analizar problemas en donde las velocidades de atención son variables aleatorias independientes, usamos el modelo de filas M/G/1.

Este modelo toma en cuenta que existe más de un servidor o módulo y que cada servidor da una atención al cliente en tiempos diferentes. Por ello se trabaja con la desviación estándar, que representa el rango en tiempo en que se puede dar servicio.

Por ejemplo, si se atiende a una persona en seis minutos, con una σ (desviación estándar) de cuatro minutos, significa que se puede atender a la persona desde dos minutos ($6-4=2$) hasta diez minutos ($6+4=10$).

A continuación se presenta un problema, aplicando el modelo M/G/1: A un centro comercial llegan en promedio setenta personas en una hora, que se atienden en cualquiera de las cuatro cajas existentes. Cada caja, atiende en promedio a una persona cada tres minutos, con una σ =dos minutos.

$$Lq = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + P^2}{2(1-P)} \qquad P1 = \frac{\lambda}{s\mu}$$

Donde:

Lq = número medio de clientes en la fila

$P1$ = probabilidad de que un cliente espere por el servicio

s = número de servidores

λ = número medio de llegadas por unidad de tiempo (nueve clientes)

σ = desviación estándar (2 min o 0.033 hrs)

μ = número medio de clientes atendidos (uno cada tres minutos o 20/h)

$$P1 = \frac{70}{4(20)} = 0.875 \qquad Lq = \frac{(70)^2 (0.033)^2 + (0.875)^2}{2(1 - 0.875)} = 24.41$$

Se observa que existen 24.41 clientes en promedio en la fila. Para calcular el número promedio de clientes que están en el centro comercial (L_s), se emplea la siguiente ecuación:

$$L_s = Lq + P = 24.41 + 0.875 = 25.29 \text{ clientes.}$$

Para calcular, el tiempo promedio que cada cliente espera en la fila (W_q), se usa la siguiente ecuación:

$$W_q = L_q / \lambda = 24.41 / 70 = 0.3487 \text{ h o } 21 \text{ minutos aproximadamente.}$$

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Analice el siguiente problema, usando el modelo M/G/1: A un negocio llegan en promedio 80 personas en una hora, que se atienden en cualquiera de las cinco cajas existentes. Cada caja, atiende en promedio a una persona cada cuatro minutos, con una $\sigma = 2.5$ minutos

8.9 OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE FILAS

Para realizar un mejor servicio en las líneas de espera, se debe analizar detalladamente y a través de modelos matemáticos, las variables cuantitativas que intervienen. A continuación se presenta un ejemplo de una forma de optimizar un sistema de filas con respecto a los costos.

En una refaccionaria llegan nueve personas en una hora a comprar cualquier pieza para su automóvil; el empleado de la refaccionaria tiene un sueldo de \$20 por hora y tarda seis minutos en dar el servicio correspondiente a un cliente. Cada hora que espera el cliente, le cuesta a la refaccionaria \$20.

El administrador, se pregunta si es conveniente contratar a otro empleado con un sueldo de \$15 por hora, de forma que el tiempo de servicio se reduzca a cuatro minutos. Está demostrado, que si $\lambda \geq \mu$, la fila crece más rápido de lo normal, saturando el negocio. Para resolver el problema, se emplea la siguiente ecuación:

$$L1 = \frac{P1}{1 - P1} \quad \text{y} \quad P1 = \frac{\lambda}{\mu}$$

Donde:

$L1$ = número medio de clientes en la .

$P1$ = probabilidad de que un cliente espere por el servicio.

λ = número medio de llegadas por unidad de tiempo (nueve clientes).

μ = número medio de clientes que la refaccionaria es capaz de atender.

Para pasar a μ en horas, dividimos $60/6=10/h$, tomando en cuenta que no existe ayudante y los costos de la refaccionaria son los siguientes:

$$P1 = \frac{9}{10} = 0.9 \qquad L1 = \frac{0.9}{1 - 0.9} = 9 \text{ clientes}$$

$$(9 \text{ clientes}) (\$20) = \mathbf{\$180}$$

Para pasar a μ en horas, dividimos $60/4=15/h$; tomando en cuenta que se contrata a un ayudante más y los costos de la refaccionaria son los siguientes:

$$P1 = \frac{9}{15} = 0.6 \qquad L1 = \frac{0.6}{1 - 0.6} = 1.5 \text{ clientes}$$

$$(1.5 \text{ clientes})(\$20) = \$30 + \$15(\text{suelo del ayudante}) = \mathbf{\$45}$$

Por lo tanto, se dice que con un empleado, la refaccionaria pierde \$180 debido a la espera que tienen que hacer los clientes y contratando a un empleado más, la empresa pierde tan sólo \$30 más el salario por hora del nuevo empleado (\$15), teniendo un costo total de \$45, por lo que es conveniente contratar a otro empleado.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Resuelva el siguiente ejercicio:

En un negocio llegan diez personas en una hora a comprar cualquier pieza para su automóvil; el empleado del negocio tiene un sueldo de \$25 por hora y tarda cinco minutos en dar el servicio correspondiente a un cliente. Cada hora que espera el cliente, le cuesta al negocio \$5. El administrador, se pregunta si es conveniente contratar a otro empleado con un sueldo de \$25 por hora, de forma que el tiempo de servicio se reduzca a tres minutos.

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: subraye la respuesta correcta

1. ¿Qué debe contener un sistema de atención a clientes?
 - a) Otorgar al cliente los productos solicitados.
 - b) Información del producto.
 - c) Estandarizar los tiempos de atención y de entrega del producto.
 - d) La programación de los tiempos.

2. Son dos tipos de líneas de espera:
 - a) Una línea, dos servidores; varias líneas, un servidor.
 - b) Varias líneas, un servidor; dos líneas un servidor.
 - c) Una línea, un servidor; una línea, múltiples servidores.
 - d) Dos líneas en un solo canal.

3. ¿Por qué se impacientan las personas que están en una fila?
 - a) Por la falta de atención en la .
 - b) Por la intranquilidad que les produce el lugar o algo desagradable en el ambiente.
 - c) Porque no tienen información.
 - d) Porque no hay donde sentarse para esperar.

4. ¿Qué debe hacerse para evitar la impaciencia de las personas que están en la fila?
 - a) Brindar al cliente las comodidades mínimas, atención y un número en la fila.
 - b) Brindar al cliente un clima.
 - c) Dar al cliente información del servicio ofrecido.
 - d) Atender más rápido en las cajas de servicio.

5. ¿Qué sucede cuando una persona se retira de la fila por inconformidad?
 - a) Recomienda a la empresa.

- b) No pasa nada.
- c) Recomienda mal a la empresa.
- d) Sale de mal humor y no regresa.

6. ¿Qué es un modelo con capacidad limitada?

- a) Cuando sólo hay una línea de espera.
- b) De acuerdo con el diseño del lugar no puede crecer la línea de espera.
- c) Cuando se tiene muy poco personal para atender al cliente.
- d) No tiene capacidad de respuesta.

7. ¿Cuándo se habla de canales paralelos?

- a) Cuando se puede atender a más de una persona al mismo tiempo.
- b) Cuando se atiende a dos personas en un solo canal.
- c) Cuando se atiende a más de una persona en varios canales de atención.
- d) Es un par de personas atendiendo la fila en un solo canal.

8. ¿Qué es un canal en serie?

- a) Se puede atender a varios al mismo tiempo.
- b) Aquí el cliente pasa por todos los canales.
- c) Son varios canales y se atienden a varias personas a la vez.
- d) Son varias personas atendiendo en varios canales.

9. ¿A qué se refieren las poblaciones finitas?

- a) Es una población conocida.
- b) Son aquéllas en el que número de clientes potenciales es pequeño.
- c) Es una población grande.
- d) Es una población objetiva de elementos.

10. ¿Qué es una población infinita?

- a) Es aquélla donde el número de clientes potenciales es muy grande.
- b) Es aquella con población desconocida.

- c) Es una población bastante pequeña.
- d) Es una población con elementos comunes.

11. ¿A qué se refiere el modelo de filas M/G/1?

- a) Considera más de un servidor y cada servidor da atención al cliente en tiempos iguales.
- b) Considera más de un servidor y en cada servidor se da atención a más de un cliente en tiempos diferentes.
- c) Considera más de un servidor y cada servidor da atención al cliente en tiempos diferentes.
- d) Es un modelo de servicio para poblaciones finitas.

12. ¿Cuándo se dice que hay optimización de un sistema de filas?

- a) Cuando se toma una decisión de contratar más personal.
- b) Cuando se hace un análisis de los tiempos de espera y los costos por no atender al cliente tomando una decisión con una base cuantitativa.
- c) Cuando se logra la mejor alternativa.
- d) Cuando se reducen los costos.

HOJA DE RESPUESTAS

Preguntas	Respuestas			
	(a)	(b)	(c)	(d)
1			X	
2			X	
3		X		
4	X			
5			X	
6		X		
7	X			
8		X		
9		X		
10	X			
11			X	
12		X		

UNIDAD 9

SIMULACIÓN DE PROCESOS

OBJETIVO

Conocer el concepto y los tipos de simulación existentes, así como la metodología con que se cuenta para llevar a cabo el proceso de simulación.

TEMARIO

- 9.1. DEFINICIONES Y METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN
- 9.2. SIMULACIÓN DISCRETA Y CONTINUA
- 9.3. SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA
- 9.4. SIMULACIÓN DE PROCESOS ALEATORIOS. PROCESOS MONTECARLO
- 9.5. GENERACIÓN DE NÚMEROS ALEATORIOS
- 9.6. TRANSFORMACIÓN INVERSA
- 9.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RESPECTO A LOS MÉTODOS CUANTITATIVOS

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

Hace decenas de años no se escuchaba hablar de simulación y se usaban modelos matemáticos tradicionales de sistemas que buscaban dar respuesta a los problemas en donde intervenían dos o más variables; pero debido al avance científico y tecnológico se han creado nuevas herramientas para tener mayor grado de confiabilidad en la toma de decisiones, en el área industrial y de servicios.

Ahora, las empresas para ser competitivas usan la simulación por computadora como una herramienta que sustituye a los modelos matemáticos tradicionales, para tener un panorama que se asemeje más a la realidad.

La simulación se apoya en muchas otras disciplinas como las matemáticas, la estadística o la física y, por ello, se ha convertido en una herramienta que no puede faltar en el mundo empresarial por su precisión al representar fenómenos reales. Tan solo basta con introducir los datos de las variables de estudio en un ordenador con la estructura del programa de simulación que se desee y realizar una corrida del programa para conocer el comportamiento futuro del fenómeno con exactitud.

El campo de aplicación de la simulación es tan extenso que, al parecer, no tiene límites: desde simulaciones de partes microscópicas, hasta grandes naves aéreas.

Es usada en medicina para conocer el comportamiento del desarrollo de los virus o epidemias; en los negocios para conocer cómo quedaría una distribución de planta, el diseño de una pieza de metal; en transporte, para simular la dirección y velocidad de un automóvil; en economía para conocer el comportamiento de la oferta y la demanda, etcétera.

9.1. DEFINICIONES Y METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN

La simulación se ha definido como el uso de un modelo de sistema que tiene la característica deseada de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones reales.⁵

La simulación trata de describir de qué manera se comporta un sistema o proceso, además de formular hipótesis que intenten explicar un fenómeno y buscar una respuesta a los problemas reales a través de la toma de decisiones.

También se puede definir a la simulación como la herramienta que trata de representar un proceso a través de otro más simple, para poder analizar las variables que intervienen en él y realizar el proceso de toma de decisiones.

En la mayoría de las definiciones de simulación, encontramos que el objetivo es la toma de decisiones a través de la reproducción o representación de las características que son llamadas variables de estudio.

Para implementar un modelo de simulación, primero se debe definir claramente el sistema con el que se va a trabajar; es decir, hacer un análisis de todos los elementos que interactúan en el sistema, para conocer la relación que se tiene con otros sistemas, las limitantes que impiden que el sistema funcione adecuadamente, las medidas que se utilizarán y los resultados deseados.

Como segundo paso, se debe formular un modelo de acuerdo con las características del sistema y con el que se logren obtener los resultados deseados. En este paso ya se conocen las variables que intervienen, por lo que se deben analizar las relaciones que existen entre cada una de ellas.

El tercer paso consiste en la recolección de datos, que permitirán dar coherencia al modelo de simulación. Los datos deben ser reales y recabados de forma completa, para que no se pierda ningún detalle en la simulación.

Una vez recabados los datos, como cuarto paso se procede a elegir el lenguaje utilizado en computación y crear el programa que pueda simular el modelo.

El quinto paso consiste en la validación del modelo de simulación, a través de las opiniones de los expertos

⁵ Robert J. Thierauf, *Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones*, p.464.

Como sexto paso se tiene que experimentar el modelo; es decir, correr el programa para que pueda generar los datos esperados y analizar la confiabilidad de éstos.

El séptimo paso consiste en interpretar los resultados, producto de la simulación. Por último, una vez analizados e interpretados los datos, se procede a la toma de decisiones, que es parte fundamental para el crecimiento de las empresas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue tres definiciones más de simulación
2. Elija un modelo de simulación existente y describa cada paso de la metodología aplicando al modelo

9.2. SIMULACIÓN DISCRETA Y CONTINUA

La simulación discreta se encarga de representar sistemas en donde las variables cambian en periodos de tiempos separados o discretos. Por ejemplo, en la teoría de filas (véase unidad 8), las variables de interés son el tiempo que una persona espera en la fila, el tamaño o longitud de la línea de espera. Estas variables cambian cuando una persona se incorpora o sale de la fila; en los demás momentos las variables no se modifican.

La simulación continua se encarga de representar sistemas en donde las variables cambian de manera constante a lo largo del tiempo. Por ejemplo, variables como el crecimiento poblacional, la mortalidad, contaminación, etc. Los modelos de la simulación continua intentan describir las relaciones que existen entre cada uno de los elementos que integran el sistema.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Mencione tres ejemplos detallados de simulación discreta y explique cada uno de ellos

2. Mencione tres ejemplos detallados de simulación continua y explique cada uno de ellos.

9.3. SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA

En este tipo de simulación, todas las variables (endógenas y exógenas), no varían al azar, porque toman valores exactos. A diferencia de otros modelos, el determinístico no arroja muchos resultados posibles, tan solo uno y se conoce con exactitud.

Las relaciones causa-efecto del fenómeno de estudio se conoce totalmente; por ejemplo, la elaboración de un tornillo con dimensiones conocidas, en el ordenador se escriben todos los datos concernientes a las dimensiones, material, acabados, etc., y el resultado final es conocido.

El caso contrario de la simulación determinística es la simulación estocástica. Este último modelo tiene variables que toman valores al azar y los resultados se conocen en su totalidad.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue cuatro simuladores determinísticos y describa cada uno de ellos
2. Investigue a qué se refieren las variables endógenas
3. Investigue qué son las variables exógenas

9.4. SIMULACIÓN DE PROCESOS ALEATORIOS. PROCESOS MONTECARLO

La simulación de Montecarlo trabaja con modelos que generan resultados aleatorios. Existen muchos resultados posibles y uno de ellos, cualquiera de forma aleatoria, es el final.

Por ello, el proceso Montecarlo es usado en cuestiones financieras, en donde las cantidades fluctúan de forma aleatoria; también puede ser usado en el mercado de opciones, gestión de proyectos, entre otros.

El proceso Montecarlo se da de forma iterativa, se emplea muchas veces el mismo modelo usando para las entradas, datos seleccionados de forma aleatoria.

Para comenzar a trabajar con el proceso, se debe crear un modelo que contenga parámetros de entrada. Después se deben generar los datos de forma aleatoria. Una vez generados los datos, se debe echar a andar el modelo, luego almacenar y analizar los resultados.

Como se trabaja de forma iterativa, se debe volver a repetir el paso de generación de datos y echar a andar el modelo las veces que el administrador considere necesarias (n veces). Por último, se evalúan los resultados a través de histogramas, estadísticas, etc.

A continuación, se presenta un breve ejemplo, de la aplicación del proceso Montecarlo: Una empresa desea pronosticar el beneficio de vender un nuevo producto, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$B = I - G ; \quad \text{donde: } B = \text{beneficio}$$

I = ingreso	}	entradas independientes
G = gastos		

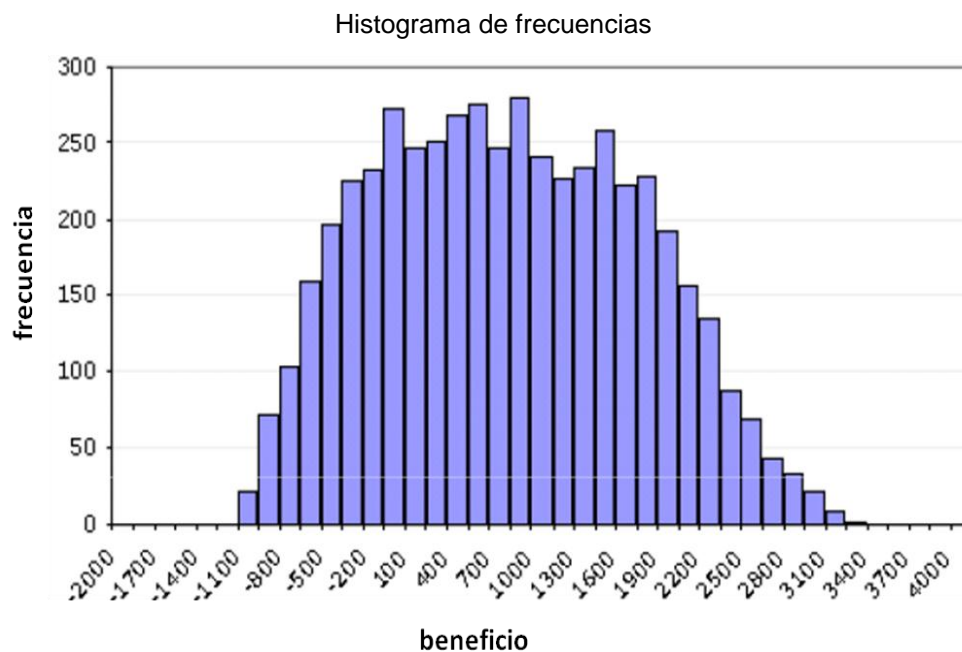
Los ingresos dependen del beneficio por las ventas (V), el número de clientes al mes (N) y la tasa de conversión (R); es decir, $I = V * N * R$ y los gastos dependen del gasto mensual (F), el número de clientes al mes y el costo por contactar y atraer a los clientes (C); es decir, $G = F + N * C$.

Siguiendo con la metodología de Montecarlo como primer paso, se debe crear el modelo:

$$B = V * N * R - (F + N * C)$$

Como segundo paso, se deben generar datos de entrada de forma aleatoria; es decir, sustituir cualquier valor real en el modelo, para que arroje un resultado al azar. Para el tercer paso, se debe echar a andar el modelo y almacenar y analizar el resultado.

De forma iterativa se debe hacer lo mismo muchas veces, pero con valores de entrada diferentes, a fin de evaluar el comportamiento del problema a través de un histograma, como se muestra en la gráfica siguiente.



Una vez generado el histograma, se puede observar que, en general, los beneficios serán positivos; además, el beneficio presenta una gran fluctuación. También puede observarse que la distribución es normal, aunque no de forma perfecta.

Los datos anteriores, le permite al administrador tener bases y nivel de confiabilidad para la toma de decisiones.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue tres campos de aplicación del proceso Montecarlo y explique de forma detallada cada uno

2. Explique qué es un proceso iterativo

9.5. GENERACIÓN DE NÚMEROS ALEATORIOS

Los números aleatorios son números generados al azar y son muy útiles en estadística (para seleccionar una muestra de una población de manera objetiva), para el análisis numérico, en el campo de la programación, en el proceso Montecarlo, entre otros.

Años atrás, los números aleatorios se generaban de forma manual (Tippett en 1927) y se publicaban en tablas que eran usadas por los estadísticos. Después se tuvo que usar una ruleta electrónica que utilizó la lotería británica.

Cuando aparecieron las computadoras, la generación de números aleatorios se facilitó, ya que se usaba un sencillo programa con operaciones aritméticas llamado cuadrado medio, que no es más que elevar al cuadrado un número anterior y considerar los números del centro; por ejemplo, para un número de cuatro dígitos, el número antecesor es 3452, elevado al cuadrado da 11'916,304, por lo que sólo se toman los cuatro números centrales (9163).

Esta secuencia de números es generada de forma determinística, por lo que toma el nombre de pseudoaleatoria. Este método es poco confiable, ya que puede llegar un momento en que los números caigan en repeticiones, por ejemplo, al salir el cero, se repetirá siempre.

Con el paso del tiempo, se han creado métodos más confiables y 100% aleatorios a través de simulación, como el método lineal de congruencias, en donde se parte asignando números cualesquiera a las variables y continuar con los valores numéricos de $n \geq 0$, usando la siguiente fórmula:

$$X_{n+1} = (aX_n + c)$$

Es importante contar con números aleatorios porque de una población dada, entre mas aleatorios sean los números, tomaremos muestras de diferente tipo que representen a toda la población.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Enliste a los compañeros de su salón y usando una tabla de números aleatorios, elija una pequeña muestra para estudiar una variable (edad, peso, color de piel, etc.). Explique si la muestra contiene elementos aleatorios
2. Investigue otros métodos para obtener números aleatorios

9.6. TRANSFORMACIÓN INVERSA

Otro método para generar números aleatorios es la transformación inversa, también denominado la inversa de la transformada. Es un método muy confiable, pero para muchos administradores es complicado obtener la expresión analítica inversa.

La transformada inversa se utiliza en modelos estocásticos, en donde las variables se determinan al azar. En los modelos estocásticos, hay una o varias variables aleatorias relacionándose, que toman una distribución de probabilidad empírica. Por ello, es necesario generar números aleatorios acorde con el comportamiento de dichas variables.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Investigue las aplicaciones de la transformación inversa
2. Elabore un ensayo del tema *los números aleatorios en modelos estocásticos*

9.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RESPECTO A LOS MÉTODOS CUANTITATIVOS

Ventajas

La simulación es un método muy flexible, que puede representar situaciones reales de manera clara y en diferentes perspectivas a diferencia de los métodos cuantitativos. Sin embargo, la simulación no puede solucionar un modelo cuantitativo tradicional.

La simulación presenta a los directivos opciones y pronósticos futuros con alto grado de confiabilidad y tiene herramientas suficientes para la toma de decisiones. Además, otra ventaja radica en que se pueden comprender las relaciones de muchas variables existentes de forma fácil y precisa, con sólo correr un programa, cosa que con un modelo convencional cuantitativo, tomaría días o meses representarlo.

Otra de las ventajas de la simulación es que le da al administrador un control total del tiempo, ya que se pueden representar fenómenos de forma rápida. Además, crea las bases para que se dé una innovación creativa, debido

a que permite al administrador observar los cambios en el sistema y jugar con el sistema.

A diferencia de los métodos cuantitativos convencionales, con el uso de la simulación se puede cambiar un modelo de forma rápida y sin complicaciones. La empresa tiene la posibilidad de mejorar el sistema simulándolo antes que hacerlo en la realidad, ahorrándose tiempo y dinero.

Desventajas

Los modelos de simulación necesitan mucho tiempo para desarrollarse y validarse, por lo que algunas empresas se inclinan por modelos cuantitativos tradicionales.

Otra desventaja, es que cada modelo de simulación es único; es decir, son creados a la medida del problema, por lo que no pueden ser empleados en otros problemas, como algunos de los modelos cuantitativos.

En ocasiones, al simular la realidad, no encontramos soluciones óptimas, porque cada vez que se corre el programa en la computadora con datos de entradas diferentes, se obtienen resultados diferentes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Explique de qué manera se beneficia la empresa con los métodos de simulación
2. Elabore un ensayo del tema *ventajas y desventajas de los métodos de simulación*

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: subraye la respuesta correcta

1. Es una definición de simulación:

- a) Es la herramienta matemática que trata de representar un proceso a través de otro más simple, para analizar las variables que intervienen en él y tomar una decisión
- b) Escribe el comportamiento de un sistema y da respuesta a un problema real.
- c) Es un modelo matemático que representa una situación real y busca la toma de decisiones.
- d) Es un modelo determinístico de solución de problemas.

2. ¿A que se denomina simulación discreta?

- a) Representa una situación en donde las variables no cambian.
- b) Representa un sistema en donde las variables cambian en periodos separados.
- c) Representa un sistema en donde las variables cambian de manera constante a lo largo del tiempo.
- d) Se refiere a la actuación del investigador.

3. ¿A que se denomina simulación continua?

- a) Representa un sistema en donde las variables cambian de manera constante a lo largo del tiempo.
- b) Representa una situación en donde las variables no cambian.
- c) Representa un sistema en donde las variables cambian en periodos separados.
- d) Es un proceso repetitivo.

4. ¿Qué es una simulación determinística?

- a) Es un tipo de simulación donde las variables no varían al azar, tomando valores exactos.

- b) Es un tipo de simulación donde las variables varían al azar y los resultados son conocidos.
- c) Es un tipo de simulación donde las variables tienen valores decimales.
- d) Se refiere a una situación con incertidumbre.

5. ¿A qué se refiere la simulación estocástica?

- a) Es un tipo de simulación donde las variables tienen valores decimales.
- b) Es un tipo de simulación donde las variables no varían al azar, tomando valores exactos.
- c) Es un tipo de simulación donde las variables varían al azar y los resultados son conocidos.
- d) Es un tipo de simulación en condiciones de certeza.

6. ¿Cómo funciona el proceso Montecarlo de simulación?

- a) Es un tipo de simulación que utiliza modelos cuantitativos intermitentes.
- b) Es un tipo de simulación que utiliza modelos estándar y hechos a la medida.
- c) Es un tipo de simulación que trabaja con modelos que generan resultados aleatorios.
- d) Es un modelo que utiliza la numerología.

7. ¿En qué área de la administración se utiliza el proceso Montecarlo?

- a) En el área financiera.
- b) En el área de producción.
- c) En el área de ventas.
- d) En la mercadotecnia.

8. ¿Cuándo se dice que un proceso es iterativo?

- a) Cuando se cambia el proceso cada vez que se hace un cálculo.
- b) Cuando se repite el mismo proceso varias veces.
- c) Cuando se utilizan procesos alternos.
- d) Cuando realizamos muchas operaciones.

9. ¿Qué son los números aleatorios?

- a) Son números con características determinadas.
- b) Son números que sirven para el proceso Montecarlo.
- c) Son números generados al azar.
- d) Son números que sirven para la muestra.

10. ¿Por qué son importantes los números aleatorios?

- a) Porque son números al azar que permiten obtener muestras representativas de una población.
- b) Porque ayuda a determinar procesos confiables.
- c) Porque genera resultados confiables.
- d) Porque se trata de números exactos.

11. ¿Qué es la transformación inversa?

- a) Es una forma que adopta el proceso Montecarlo.
- b) Es un método para generar números aleatorios.
- c) Es el cambio de forma de los números aleatorios.
- d) Se refiere a una situación que permite cambiar el número por su inverso en el proceso.

12. Es una ventaja de la simulación:

- a) Permite la solución de problemas cuantitativos difíciles.
- b) Permite la solución óptima de problemas de producción.
- c) Permite obtener pronósticos con alto grado de confiabilidad.
- d) Ayuda a los expertos de la empresa a contar con un método que da una respuesta exacta a los problemas de la administración.

HOJA DE RESPUESTAS

Preguntas	Respuestas			
	(a)	(b)	(c)	(d)
1	X			
2		X		
3	X			
4	X			
5			X	
6			X	
7	X			
8		X		
9			X	
10	X			
11		X		
12			X	

BIBLIOGRAFÍA

Kaufmann, A., *Métodos y modelos de la investigación de operaciones*, México, Continental, 1980.

Ackoff, Sasieni, *Fundamentos de investigación de operaciones*, México, Limusa, 1982.

Thierauf, Robert J., *Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones*, México, Limusa, 1983.

Schroeder, Roger G., *Administración de operaciones, concepto y casos contemporáneos*, México, McGraw Hill, 2005.

Schroeder, Roger G., *Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones*, México, McGraw-Hill, 1983.

Hopeman, Richard J., *Administración de producción y operaciones*, México, Cecsa, 1987.

Gallagher, Charles A., Hugh J. Watson, *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración*, EUA, McGraw-Hill, 1980.

GLOSARIO

ALEATORIO: (Del lat. *aleatorius*, propio del juego de dados). adj. Perteneciente o relativa al juego de azar. || 2. Dependiente de algún suceso fortuito.

ALGORITMO: Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

ANALOGÍA: (Del lat. *analogia*, y este del gr. ἀναλογία, proporción, semejanza). f. Relación de semejanza entre cosas distintas. || 2. Razonamiento basado en la existencia de atributos semejantes en seres o cosas diferentes.

APROVISIONAR: Abastecer.

AUTOMATIZAR: Convertir ciertos movimientos corporales en movimientos automáticos o indeliberados. || 2. Aplicar la automática a un proceso, a un dispositivo, etc.

COEFICIENTE: Factor constante que multiplica una expresión, situado generalmente a su izquierda.

CÓNCAVO: (Del lat. *concavus*). adj. *Geom.* Dicho de una curva o de una superficie: Que se asemeja al interior de una circunferencia o una esfera.

CONVEXO: Dicho de una curva o de una superficie: Que se asemeja al exterior de una circunferencia o de una esfera.

CUALITATIVO: Que denota cualidad.

CUANTITATIVO: Perteneciente o relativo a la cantidad.

DETERMINISMO: (De *determinar*). m. Teoría que supone que la evolución de los fenómenos naturales está completamente determinada por las condiciones iniciales.

ECUACIÓN: ecuación algebraica con una o más incógnitas y coeficientes enteros, de la que interesan únicamente sus soluciones enteras.

EMBALAJE: Acción y efecto de **embalar** (|| disponer en balas o dentro de cubiertas). || 2. Caja o cubierta con que se resguardan los objetos que han de transportarse.

ENDÓGENO: Que se origina o nace en el interior, como la célula que se forma dentro de otra. || 2. Que se origina en virtud de causas internas.

ESTOCÁSTICO: Perteneiente o relativo al azar. || 2. f. Mat. Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria, tal como la secuencia de las tiradas de un dado

EXÓGENO: De origen externo. || 2. Dicho de un órgano: Que se forma en el exterior de otro, como las esporas de ciertos hongos.

FACTIBLE: Que se puede hacer.

FACTORIAL: Producto que resulta de multiplicar un número entero positivo dado por todos los enteros inferiores a él hasta el uno. (Símb. $!$). *El factorial de 4 es $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$.*

FENÓMENO: Toda manifestación que se hace presente a la consciencia de un sujeto y aparece como objeto de su percepción.

FLUCTUAR: oscilar (crecer y disminuir alternativamente).

FORMULAR: Reducir a términos claros y precisos un mandato, una proposición, una denuncia, etc.

GESTIONAR: Hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera.

HOLGURA: Espacio suficiente para que pase, quepa o se mueva dentro algo.

ICONO: Signo que mantiene una relación de semejanza con el objeto representado

INTERDISCIPLINARIO: Dicho de un estudio o de otra actividad: Que se realiza con la cooperación de varias disciplinas.

INTERRELACIÓN: Correspondencia mutua entre personas, cosas o fenómenos.

INVENTARIO: Asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.

ITERAR: Repetir.

LINEAL: *Fís. y Mat.* Que tiene efectos proporcionales a la causa.

LOTE: Cada una de las partes en que se divide un todo que se ha de distribuir entre varias personas.

MATRIZ: Conjunto de números o símbolos algebraicos colocados en líneas horizontales y verticales y dispuestos en forma de rectángulo.

MAXIMIZAR: Buscar el máximo de una función.

MINIMIZAR: Reducir lo más posible el tamaño de algo o quitarle importancia. || 2. *Mat.* Buscar el mínimo de una función.

MITIGAR: Moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero.

MODELO: (Del it. *modello*). m. Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo. || 2. En las obras de ingenio y en las acciones morales, ejemplar que por su perfección se debe seguir e imitar. || 3. Representación en pequeño de alguna cosa. || 4. Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

OPTIMIZAR: Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

PIVOTE: Extremo cilíndrico o puntiagudo de una pieza, donde se apoya o inserta otra, bien con carácter fijo o bien de manera que una de ellas pueda girar u oscilar con facilidad respecto de la otra.

PROBABILIDAD: (Del lat. *probabilitas, -ātis*). f. Verosimilitud o fundada apariencia de verdad. || 2. Cualidad de probable, que puede suceder. || 3.

Mat. En un proceso aleatorio, razón entre el número de casos favorables y el número de casos posibles.

PROGRAMACIÓN: Acción y efecto de programar. || 2. Conjunto de los programas de radio o televisión.

PROGRAMAR: Formar programas, previa declaración de lo que se piensa hacer y anuncio de las partes de que se ha de componer un acto o espectáculo o una serie de ellos. || 2. Idear y ordenar las acciones necesarias para realizar un proyecto. U. t. c. prnl. || 3. Preparar ciertas máquinas por anticipado para que empiecen a funcionar en el momento previsto.

PRONOSTICAR: Conocer por algunos indicios lo futuro.

PROYECTO: Primer esquema o plan de cualquier trabajo que se hace a veces como prueba antes de darle la forma definitiva

RECURRENCIA: Cualidad de recurrente. || 2. *Mat.* Propiedad de aquellas secuencias en las que cualquier término se puede calcular conociendo los precedentes.

RED: Conjunto de elementos organizados para determinado fin.

REDITUABLE: Que rinde periódicamente utilidad y beneficio.

RELATIVO: (Del lat. *relativus*). adj. Que guarda relación con alguien o con algo.

RENTABLE: Que produce renta suficiente o remuneradora.

SECUENCIAL: Perteneiente o relativo a la secuencia.

SESGO: Oblicuidad o torcimiento de una cosa hacia un lado, o en el corte, o en la situación, o en el movimiento.

SUSTENTO: Mantenimiento, alimento. || 2. Aquello que sirve para dar vigor y permanencia. || 3. Sostén o apoyo.

SENSIBILIZAR: Hacer sensible. || 2. Representar de forma sensible.

STOCK: Cantidad de mercancías que se tienen en depósito

VARIABLE: Que varía o puede variar. || 2. Inestable, inconstante y mudable.

|| 3. f. *Mat.* Magnitud que puede tener un valor cualquiera de los comprendidos en un conjunto. || ~ **estadística.** f. *Mat.* Magnitud cuyos valores están determinados por las leyes de probabilidad, como los puntos resultantes de la tirada de un dado.