

PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II

PRACTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	NO. DE HORAS CUBIERTAS
1	Planteamiento, análisis y resultados de modelos de Programación Lineal Continua	3
2	Transformación de valores óptimos continuos a valores óptimos enteros con Programación Lineal por el método gráfico	2
3	Transformación de valores óptimos continuos a valores óptimos enteros con Programación Lineal por el método Branch and Bound	3
4	Programación por Metas: Meta única, Múltiples metas	3
5	Modelos de Redes PERT-CPM: Problemas Determinísticos	3
6	Modelos de Redes PERT-CPM: Problemas probabilísticos	3
7	Administración de Proyectos: Análisis del método de reducción por ciclos y método SAM	3
8	Administración de Proyectos: Análisis del método Shaffer	4
9	Teoría de colas o Líneas de espera: Análisis de Modelos M/M/1	2
10	Teoría de colas o Líneas de espera: Análisis de Modelos M/M/S	2
11	Análisis de Modelos M/M/S con costos	4
TOTAL DE HORAS CUBIERTAS CON PRÁCTICAS		32

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PLANTEAMIENTO, ANÁLISIS Y RESULTADOS DE MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL CONTINUA	PRÁCTICA NÚMERO	1
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA CON ADITAMENTOS NECESARIOS (CONEXIONES Y CARGADOR)	1

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
Word	
Hoja de cálculo	
WINQSB.	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presenta el fundamento y la estructura para el planteamiento de modelos de programación lineal continua, así como las etapas básicas para el desarrollo y uso de técnicas de ingeniería, en específico: se presenta un panorama general del planteamiento de un modelo lineal continuo, se esboza un procedimiento gráfico para resolver el modelo básico, se analizan algunas limitaciones del proceso gráfico en su solución, se presenta un método tabular, y se analiza el uso de una solución en computadora.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno será capaz de identificar los elementos básicos para el planteamiento de problemas por medio de la programación lineal continua, para el mejoramiento de la toma de decisiones en el sector productivo.

3.- TEORÍA: Como aprendió en la asignatura de Investigación de Operaciones I, algunos problemas al ser formulados como modelos matemáticos tienen una función objetivo lineal y restricciones lineales, pero algunos (o todas) variables están restringidas a tener valores enteros. Tales modelos se denominan **problemas de programación entera**.

El requerimiento entero sobre las variables a menudo significa que aun cuando la función objetivo y las restricciones sean lineales, el problema no pueda ser resuelto por un algoritmo de programación lineal. La razón es que no existe garantía de que los valores de las variables en la solución óptima así obtenida sean enteros. Una forma de obtener una solución entera óptima **es redondear** los valores en la solución de programación lineal óptima (continua) hacia arriba o hacia abajo. Hacer esto puede dar como resultado una solución entera óptima en algunos casos. Sin embargo, el redondear puede dar como resultado una solución factible con un valor de la función objetivo significativamente para la solución óptima (continua). Pero aún, puede aparecer una solución no factible.

4.- PROCEDIMIENTO: Se abordará lo planteado en la parte de teoría, a través de los procedimientos para la solución de cuatro problemas por el método gráfico y simplex (tabular).

Problema 1: Par es un pequeño fabricante de equipo y accesorios para golf cuyo distribuidor lo convenció de que existe un Mercado tanto para la bolsa de golf de precio mediano, conocida como modelo estándar, como para una bolsa de golf de precio elevado, conocida como modelo deluxe. El distribuidor tiene tanta confianza

en el mercado que si Par puede fabricar las bolsas a un precio competitivo, el distribuidor está de acuerdo en adquirir todas las bolsas que Par pueda fabricar en los siguientes tres meses. Un análisis cuidadoso de los requerimientos de fabricación dio como resultado la tabla siguiente, que muestra las necesidades de tiempo de producción para las cuatro operaciones de manufactura requeridas y la estimación por parte del departamento de contabilidad de la contribución a la utilidad por bolsa.

Producto	Tiempo de Producción (Hrs)				Utilidad por bolsa
	<i>Corte y teñido</i>	<i>Costura</i>	<i>Terminado</i>	<i>Inspección y empaque</i>	
Estándar	7 \ 10	1 \ 2	1	1 \ 10	\$10
Deluxe	1	5 \ 6	2 \ 3	1 \ 4	\$9

El director de manufactura estima que durante los siguientes tres meses estarán disponibles 630 horas de tiempo de corte y teñido, 600 de tiempo de costura, 708 horas de tiempo de terminado y 135 horas de tiempo de inspección y empaque para la producción de las bolsas de golf.

- Si la empresa desea maximizar la contribución total a la utilidad, ¿Cuántas bolsas de cada modelo deberá fabricar?
- ¿Qué contribución a la utilidad puede obtener Par de estas cantidades de producción?
- ¿Cuántas horas de producción se programaran para cada operación?
- ¿Cuál es el tiempo de holgura de cada operación?

Problema 2: Embassy Motorcycles (EM) fabrica dos motocicletas ligeras diseñadas para un manejo fácil y seguro. El modelo EZ-Rider tiene un motor nuevo y un perfil bajo que la hace fácil de equilibrar. El modelo Lady-Sport es un poco más grande, usa un motor más tradicional y está diseñada de manera más específica para atraer a las mujeres. Embassy produce los motores para ambos modelos en su planta de Des Moines, Iowa. Cada motor EZ-Raider requiere 6 hrs. de manufactura y cada motor Lady-Sport requiere 3 hrs. de manufactura. La planta de Des Moines tiene 2100 hrs. de manufactura de motores disponibles para el siguiente periodo de producción. El proveedor de cuadros de motocicletas de Embassy puede surtir tantos marcos de la EZ-Raider como sea necesario. Sin embargo, el cuadro de la Lady-Sport es más complejo y el proveedor solo puede proporcionar hasta 280 cuadros Lady-Sport para el siguiente periodo de producción. El ensamble y prueba finales requieren 2 hrs. para

cada unidad de la EZ-Raider y 2.5 hrs. para cada unidad de la Lady-Sport. Se dispone de un máximo de 1000 hrs. de tiempo de ensamble y prueba para el siguiente periodo de producción. El departamento de contabilidad de la compañía proyecta una contribución a la ganancia de \$2400 para cada EZ-Raider producida y \$1800 para cada Lady-Sport producida.

- Formule un modelo de programación lineal que pueda usarse para determinar la cantidad de unidades de cada modelo que deberían producirse para maximizar la contribución total a la utilidad.
- Resuelva gráficamente el problema.
- ¿Cuáles restricciones no tienen holgura?

Problema 3: Kelson Sporting Equipment fabrica dos modelos de guantes de béisbol: uno normal y una manopla de catcher. La empresa tiene disponibles 900 hrs. de tiempo de producción en su departamento de corte y costura, 300 horas disponibles en su departamento de terminado y 100 horas disponibles en su departamento de embarque. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a la utilidad de cada uno de los productos son:

Modelo	TIEMPO DE PRODUCCION (Hrs)			Utilidad/Guante
	Corte y costura	Terminado	Empaque y embarque	
Guante normal	1	1\2	1\8	\$5
Manopla de catcher	3\2	1\3	1\4	\$8

Suponga que la empresa está interesada en maximizar la contribución total a la utilidad.

- ¿Cuál es el modelo de programación para este problema?
- Encuentre la solución óptima. ¿Cuántos guantes de cada modelo deberá fabricar Kelson?
- ¿Cuál es la contribución total a la utilidad que puede ganar Kelson con las cantidades de producción arriba citadas?
- ¿Cuántas horas de tiempo de producción serán programadas en cada departamento?
- ¿Cuál es el tiempo libre de cada departamento?

Problema 4: Considere el siguiente problema de programación lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	3		
C1	2	4	<=	12
C2	6	4	<=	24
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

- Encuentre la solución óptima usando el procedimiento de solución gráfica.
- Si la función objetivo se cambia a $2x_1 + 6x_2$ ¿cuál será la solución óptima?
- ¿Cuántos puntos extremos hay? ¿Cuáles son los valores de X_1 y X_2 en cada punto extremo?

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: Los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso estudiado.

6.- CONCLUSIONES: Las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	TRANSFORMACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS CONTINUOS A VALORES ÓPTIMOS ENTEROS CON PROGRAMACIÓN LINEAL POR EL MÉTODO GRÁFICO	PRÁCTICA NÚMERO	2
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO		CANTIDAD	
COMPUTADORA		1	

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
Office	
Hoja de cálculo y Word para hacer el reporte.	
Programa de simulación WINQSB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presenta el fundamento y la estructura para la transformación de los planteamientos de modelos de programación lineal continua hacia programación lineal entera, así como las etapas básicas para el desarrollo y uso de técnicas de ingeniería, en específico: se presenta un panorama general del planteamiento de un modelo lineal continuo y como transformarlo a un modelo lineal entero, se esboza un procedimiento gráfico para resolver el modelo básico, se analizan algunas limitaciones del proceso gráfico en su solución, se presenta un método tabular para presentar la transformación de un modelo lineal continuo hacia uno entero, y se analiza el uso de una solución en computadora.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la habilidad de transformar valores óptimos continuos a valores óptimos enteros mediante el método gráfico en planteamientos de problemas de programación lineal continua, esto para ayudar a la mejora continua en el sector productivo.

3.- TEORÍA:

Algunos problemas al ser formulados como modelos matemáticos tienen una función objetivo lineal y restricciones lineales, pero algunos (o todas) variables están restringidas a tener valores enteros. Tales modelos se denominan **problemas de programación entera**.

El requerimiento entero sobre las variables a menudo significa que aun cuando la función objetivo y las restricciones sean lineales, el problema no pueda ser resuelto por un algoritmo de programación lineal. La razón es que no existe garantía de que los valores de las variables en la solución óptima así obtenida sean enteros. Una forma de obtener una solución entera óptima **es redondear** los valores en la solución de programación lineal óptima (continua) hacia arriba o hacia abajo. Hacer esto puede dar como resultado una solución entera óptima en algunos casos. Sin embargo, el redondear puede dar como resultado una solución factible con un valor de la función objetivo significativamente para la solución óptima (continua). Pero aún, puede aparecer una solución no factible.

4.- PROCEDIMIENTO:

El alumno deberá resolver los problemas planteados o casos de estudio para su análisis y solución, aplicando los conocimientos adquiridos de manera teórica.

Problema 1. RMC, es una pequeña empresa que fabrica una variedad de productos basados en sustancias químicas. En un proceso de producción particular, se emplean

tres materias primas para producir dos productos: un aditivo para combustible y una base para solvente. El aditivo para combustible se vende a compañías petroleras y se usa en la producción de gasolina y combustibles relacionados. La base para solvente se vende a una variedad de empresas químicas y se emplea en productos de limpieza en el hogar e industriales. Las tres materias primas se mezclan para fabricar el aditivo para combustible y la base para el solvente, tal como se indica en la tabla 1. Esta nos muestra que una tonelada de aditivo para combustible es una mezcla de 0.4 toneladas del material 1 y 0.6 toneladas del material 3. Una tonelada de la base para solvente es una mezcla de 0.5 toneladas del material 1, 0.2 toneladas del material 2 y 0.3 toneladas del material 3. La producción de RMC está restringida por una disponibilidad limitada de las tres materias primas. Para el periodo de producción actual, RMC tiene disponibles las siguientes cantidades de cada materia prima.

Tabla 1. Requerimientos de Materiales por Tonelada para el Problema de RMC

Material	PRODUCTO	
	Aditivo para Combustible	Base Para Solvente
1	0.4	0.5
2		0.2
3	0.6	0.3

Tabla 2. Material disponible para la producción

Material	Cantidad Disponible para la Producción
1	21 toneladas
2	5 toneladas
3	22 toneladas

Debido a los desechos y a la naturaleza del proceso de producción, los materiales que no se lleguen a usar en una corrida de producción no se pueden almacenar para las subsiguientes, son inútiles y deben desecharse.

El departamento de contabilidad analizó las cifras de producción, asignó todos los costos revelantes y llegó a precios que para ambos productos, producirán una contribución a la utilidad de \$40 por cada tonelada de aditivo para combustible producida y \$30 por cada tonelada producida de base para solvente. Ahora usaremos la programación lineal continua para modelar este problema; después transformar los valores con el análisis del método gráfico para obtener valores enteros, y así, determinar la cantidad de aditivo para combustible y la cantidad de base para solvente por producir a fin de maximizar la contribución a la ganancia total.

Problema 2: Par es un pequeño fabricante de equipo y accesorios para golf cuyo distribuidor lo convenció de que existe un Mercado tanto para la bolsa de golf de precio mediano, conocida como modelo estándar, como para una bolsa de golf de precio elevado, conocida como modelo deluxe. El distribuidor tiene tanta confianza en el mercado que si Par puede fabricar las bolsas a un precio competitivo, el distribuidor esta de acuerdo en adquirir todas las bolsas que Par pueda fabricar en los siguientes tres meses. Un análisis cuidadoso de los requerimientos de fabricación dio como resultado la tabla siguiente, que muestra las necesidades de tiempo de producción para las cuatro operaciones de manufactura requeridas y la estimación por parte del departamento de contabilidad de la contribución a la utilidad por bolsa.

Producto	Tiempo de Producción (Hrs)				Utilidad por bolsa
	<i>Corte y teñido</i>	<i>Costura</i>	<i>Terminado</i>	<i>Inspección y empaque</i>	
Estándar	7 \ 10	1 \ 2	1	1 \ 10	\$10
Deluxe	1	5 \ 6	2 \ 3	1 \ 4	\$9

El director de manufactura estima que durante los siguientes tres meses estarán disponibles 630 horas de tiempo de corte y teñido, 600 de tiempo de costura, 708 horas de tiempo de terminado y 135 horas de tiempo de inspección y empaque para la producción de las bolsas de golf.

- Si la empresa desea maximizar la contribución total a la utilidad, ¿Cuántas bolsas de cada modelo deberá fabricar?
- ¿Qué contribución a la utilidad puede obtener Par de estas cantidades de producción?
- ¿Cuántas horas de producción se programaran para cada operación?

- d) ¿Cual es el tiempo de holgura de cada operación?
- e) Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X1 y X2 por medio del método gráfico y calcule la eficiencia en cada una de las restricciones.

Problema 3: Embassy Motorcycles (EM) fabrica dos motocicletas ligeras diseñadas para un manejo fácil y seguro. El modelo EZ-Rider tiene un motor nuevo y un perfil bajo que la hace fácil de equilibrar. El modelo Lady-Sport es un poco más grande, usa un motor más tradicional y esta diseñada de manera mas específica para atraer a las mujeres. Embassy produce los motores para ambos modelos en su planta de Des Moines, Iowa. Cada motor EZ-Raider requiere 6 hrs. de manufactura y cada motor Lady-Sport requiere 3 hrs. de manufactura. La planta de Des Moines tiene 2100 hrs. de manufactura de motores disponibles para el siguiente periodo de producción. El proveedor de cuadros de motocicletas de Embassy puede surtir tantos marcos de la EZ-Raider como sea necesario. Sin embargo, el cuadro de la Lady-Sport es más complejo y el proveedor solo puede proporcionar hasta 280 cuadros Lady-Sport para el siguiente periodo de producción. El ensamble y prueba finales requieren 2 hrs. para cada unidad de la EZ-Raider y 2.5 hrs. para cada unidad de la Lady-Sport. Se dispone de un máximo de 1000 hrs. de tiempo de ensamble y prueba para el siguiente periodo de producción. El departamento de contabilidad de la compañía proyecta una contribución a la ganancia de \$2400 para cada EZ-Raider producida y \$1800 para cada Lady-Sport producida.

- a) Formule un modelo de programación lineal que pueda usarse para determinar la cantidad de unidades de cada modelo que deberían producirse para maximizar la contribución total a la utilidad.
- b) Resuelva gráficamente el problema. ¿Cuál es la solución óptima para valores enteros (transforme de valores continuos a enteros)?
- c) ¿Cuáles restricciones no tienen holgura?

Problema 4: Kelson Sporting Equipment fabrica dos modelos de guantes de béisbol: uno normal y una manopla de catcher. La empresa tiene disponibles 900 hrs. de tiempo de producción en su departamento de corte y costura, 300 horas disponibles en su departamento de terminado y 100 horas disponibles en su departamento de embarque. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a la utilidad de cada uno de los productos son:

Modelo	TIEMPO DE PRODUCCION (Hrs)			Utilidad/Guante
	Corte y	Terminado	Empaque y	

	costura		embarque	
Guante normal	1	1\2	1\8	\$5
Manopla de catcher	3\2	1\3	1\4	\$8

Suponga que la empresa está interesada en maximizar la contribución total a la utilidad.

- ¿Cuál es el modelo de programación para este problema?
- Encuentre la solución óptima. ¿Cuántos guantes de cada modelo deberá fabricar Kelson?
- ¿Cuál es la contribución total a la utilidad que puede ganar Kelson con las cantidades de producción arriba citadas?
- ¿Cuántas horas de tiempo de producción serán programadas en cada departamento?
- ¿Cuál es el tiempo libre de cada departamento?
- Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X_1 y X_2 por medio del método gráfico y calcule la eficiencia en cada una de las restricciones.

Problema 5: Considere el siguiente problema de programación lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	3		
C1	2	4	<=	12
C2	6	4	<=	24
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

- Encuentre la solución óptima usando el procedimiento de solución gráfica.
- Si la función objetivo se cambia a $2x_1 + 6x_2$ ¿cuál será la solución óptima?
- ¿Cuántos puntos extremos hay? ¿Cuáles son los valores de X_1 y X_2 en cada punto extremo?
- Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X_1 y X_2 , para el inciso a y b por medio del método gráfico y calcule las eficiencias en cada una de las restricciones.

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso estudiado.

6.- CONCLUSIONES:

Las conclusiones y recomendaciones se emitirán en un reporte de Word en base a los resultados obtenidos en la parte de cálculos, los cuales ayudaran a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	TRANSFORMACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS CONTINUOS A VALORES ÓPTIMOS ENTEROS CON PROGRAMACIÓN LINEAL POR EL MÉTODO BRANCH AND BOUND	PRÁCTICA NÚMERO	3
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO		CANTIDAD	
COMPUTADORA		1	
CALCULADORA			

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
Hoja de cálculo, Word para hacer el reporte	
Programa WINQSB.	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN:

Las dos características principales de los problemas de programación lineal que permiten el desarrollo de un algoritmo de mejora finita es:

- ✓ La capacidad de probar rápidamente la optimalidad de una solución factible particular.
- ✓ La capacidad de determinar una nueva solución factible con un valor de función objetivo estrictamente mejor cuando la actual solución no pasa la prueba.

Desafortunadamente, no se han encontrado procedimientos similares para problemas de programación entera. La única forma que se conoce actualmente para obtener la solución óptima es evaluar todas las soluciones enteras posibles.

Como se describió anteriormente, un enfoque para resolver este problema incluye lo siguiente:

1. Hacer una lista de todas las soluciones enteras posibles.
2. Identificar de todas las soluciones enteras factibles aquella cuyo valor de función objetivo sea el mejor (Maximizar o Minimizar).

Para que este enfoque de dos pasos funcione en una computadora, todas las soluciones enteras posibles en el paso 1 deben enumerarse de una manera sistemática. Para el desarrollo y cumplimiento de estas características existen algoritmos que ayudan a darle solución a los problemas de programación lineal entera, tal es el caso, del algoritmo de ramificación y acotamiento (Branch and Bound).

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la capacidad de aplicar de manera adecuada el algoritmo de ramificación y acortamiento para transformar valores óptimos continuos a valores óptimos enteros en planteamientos de problemas de programación lineal continua, esto para ayudar a la mejora continua en el sector productivo.

3.- TEORÍA:

Concepto del método de ramificación y acotamiento: Es un método usado para resolver un problema de programación entera en el que los nodos del árbol asociado se examinan de una manera sistemática tratando de eliminar por consideración tantos

nodos terminales como sea posible. Los elementos que contiene este método son los siguientes: árbol, nodo, arco, nodo terminal.

Concepto de árbol: es un diagrama que consiste en nodos y arcos usados para enumerar todas las combinaciones de valores enteros para las variables en un problema de programación entera.

Concepto de nodo: es un círculo en el árbol asociado con un programa entero que indica que algunas variables del problema se han fijado para especificar valores enteros.

Concepto de arco: es una línea con una flecha que conecta un nodo con otro nodo en un árbol asociado con un programa entero para indicar que una nueva variable se está fijando en un valor entero específico.

Concepto de nodo terminal: es un nodo que está en el último nivel de un árbol asociado con un programa entero, correspondiente a un conjunto específico de valores para las variables enteras.

Con el método de ramificación y acotamiento, comienza en el nivel superior del árbol y procede de nodo en nodo hacia la base del árbol y los nodos terminales. En cada nodo, se resuelve el programa lineal asociado. Sobre la base de esta solución, se toma una decisión respecto a qué nodos del árbol, si los hay, pueden eliminarse para otras consideraciones, lo que reduce el número de nodos terminales que necesitan examinarse. Es importante saber que asociado con cada nodo en el árbol está un problema de programación lineal.

El método de ramificación y acotamiento: un enfoque matemático.

Como ya se ha mencionado el método de ramificación y acotamiento se utiliza para reducir el número de soluciones enteras que se necesitan examinarse a fin de resolver un problema de programación entera.

Un programa lineal en un nodo es infactible.

En el caso de que un programa lineal en un nodo sea infactible,

- a) el problema de programación entera asociado en ese nodo también es infactible, y

- b) todos los problemas de programación lineal, (y por tanto, programas enteros correspondientes) asociados con los nodos debajo de este nodo también son infactibles.

La observación en la condición es cierta porque el problema entero asociado tiene todas las restricciones del problema de programación lineal junto con las restricciones adicionales de que algunas de las variables sean enteras. De manera similar, cualquier problema de programación lineal asociado con un nodo debajo del actual tiene todas las restricciones en el programa lineal actual, y más. Si no es posible satisfacer las restricciones del programa lineal actual, no será posible satisfacer un programa con restricciones adicionales.

Un programa lineal en un nodo es óptimo.

Cuando el programa lineal asociado con un nodo tiene una solución óptima, tal solución proporciona el mejor valor posible de la función objetivo con las restricciones dadas.

Cualquier programa lineal con restricciones adicionales no puede tener un mejor valor óptimo de la función objetivo. En particular:

- a) el valor óptimo de la función objetivo del programa entero asociado en un nodo no puede exceder el del programa lineal correspondiente.
- b) el valor óptimo de la función objetivo de cualquier programa lineal, y en consecuencia, el programa entero correspondiente, asociado con un nodo debajo del actual no puede exceder el del actual programa lineal.
- c) si, en cualquier nodo, sucede que la solución óptima al problema lineal satisface todos los requerimientos enteros, entonces esa solución también es óptima para el problema de programación entera asociado con ese nodo. Más aún, como se ha encontrado la mejor solución entera a todos los programas lineales y enteros debajo de este nodo, no hay necesidad de examinar ningún nodo debajo de éste.

Concepto de ramificación: es el proceso de trabajar sistemáticamente de la copa de un árbol hacia los nodos terminales.

Un análisis metodológico o secuencial del algoritmo es el siguiente:

Primero: examine el nodo 0 del árbol, donde no se ha fijado ninguna de las variables. Después usando una computadora para resolver el problema de programación lineal da como resultado la solución óptima (o infactible, cuando ocurra esto aplicar el análisis de sensibilidad para mejorar la solución del problema) con valores enteros y continuos por cada variable de decisión. **Segundo:** elija qué variable con un valor fraccional fijar.

Tercero: determine en qué valor entero debe fijarse la variable elegida del segundo paso. Se pueden hacer muchas elecciones. Una **regla de ramificación** es cualquier regla específica que usted (o la computadora) puede seguir para determinar un nuevo nodo por examinar en el siguiente nivel del árbol. Una regla de ramificación se utiliza para seleccionar una variable particular que no satisfaga el requerimiento entero y para fijarla en un valor estero específico. Como este paso implica descender un nivel en el árbol y lo acerca a una solución, se denomina **paso hacia adelante**. La siguiente es una regla de ramificación comúnmente usada que ha demostrado ser computacionalmente eficiente en la práctica. **Regla de ramificación para el paso hacia adelante.** Seleccionar una variable cuyo valor fraccional es el más alejado de un valor entero y fijarlo en el primero valor entero mayor y menor que su valor fraccional.

Cuarto: agregue restricciones correspondientes por esos valores enteros menores y mayores al valor fraccional de la solución óptima original.

Quinto: usando una computadora se hace la simulación con las restricciones agregas al modelo original mencionadas en el paso cuarto, para que nos arroje una solución óptima.

Sexto: si una variable de decisión toma valor fraccional y no satisface los requerimientos enteros, la misma regla de ramificación se utiliza nuevamente para descender del árbol.

El método de ramificación y acotamiento ahora lo dirige a examinar todos los nodos en el mismo nivel que el nodo actual, esto es, los nodos que surgen del nodo 0 al nodo 1, 2, 3,..., hasta n. para hacer esto de una manera sistemática, tome un paso lateral hacia el nodo más cercano a la derecha del nodo actual que todavía no se ha examinado. Si no hay ninguno, tome un paso lateral hacia el nodo más cercano a la izquierda que no haya sido examinado todavía. Esta regla se resume de la siguiente manera: **paso lateral** es cuando no es necesario ningún paso hacia adelante, entonces use un paso lateral para examinar secuencialmente cada nodo a la derecha/izquierda del actual, primero el más cercano; después regrese al nodo actual y examine cada nodo a la izquierda/derecha, el más cercano.

4.- PROCEDIMIENTO:

Se aplicarán los conceptos y procedimientos planteados en la parte de teoría a través de la solución de problemas por el método de ramificación y acortamiento.

Problema 1. RMC, es una pequeña empresa que fabrica una variedad de productos basados en sustancias químicas. En un proceso de producción particular, se emplean tres materias primas para producir dos productos: un aditivo para combustible y una base para solvente. El aditivo para combustible se vende a compañías petroleras y se usa en la producción de gasolina y combustibles relacionados. La base para solvente se vende a una variedad de empresas químicas y se emplea en productos de limpieza en el hogar e industriales. Las tres materias primas se mezclan para fabricar el aditivo para combustible y la base para el solvente, tal como se indica en la tabla 1. Esta nos muestra que una tonelada de aditivo para combustible es una mezcla de 0.4 toneladas del material 1 y 0.6 toneladas del material 3. Una tonelada de la base para solvente es una mezcla de 0.5 toneladas del material 1, 0.2 toneladas del material 2 y 0.3 toneladas del material 3. La producción de RMC está restringida por una disponibilidad limitada de las tres materias primas. Para el periodo de producción actual, RMC tiene disponibles las siguientes cantidades de cada materia prima.

Tabla 1. Requerimientos de Materiales por Tonelada para el Problema de RMC

Material	PRODUCTO	
	Aditivo para Combustible	Base Para Solvente
1	0.4	0.5
2		0.2
3	0.6	0.3

Material	Cantidad Disponible para la Producción
1	21 toneladas
2	5 toneladas
3	22 toneladas

Debido a los desechos y a la naturaleza del proceso de producción, los materiales que no se lleguen a usar en una corrida de producción no se pueden almacenar para las subsiguientes, son inútiles y deben desecharse.

El departamento de contabilidad analizó las cifras de producción, asignó todos los costos revelantes y llegó a precios que para ambos productos, producirán una contribución a la utilidad de \$40 por cada tonelada de aditivo para combustible producida y \$30 por cada tonelada producida de base para solvente. Ahora usaremos la programación lineal continua para modelar este problema; después transformar los valores con el algoritmo **branch and bound** para obtener valores enteros, y así, determinar la cantidad de aditivo para combustible y la cantidad de base para solvente por producir a fin de maximizar la contribución a la ganancia total.

Problema 2: Par es un pequeño fabricante de equipo y accesorios para golf cuyo distribuidor lo convenció de que existe un Mercado tanto para la bolsa de golf de precio mediano, conocida como modelo Estándar, como para una bolsa de golf de precio elevado, conocida como modelo Deluxe. El distribuidor tiene tanta confianza en el mercado que si Par puede fabricar las bolsas a un precio competitivo, el distribuidor está de acuerdo en adquirir todas las bolsas que Par pueda fabricar en los siguientes tres meses. Un análisis cuidadoso de los requerimientos de fabricación dio como resultado la tabla siguiente, que muestra las necesidades de tiempo de producción para las cuatro operaciones de manufactura requeridas y la estimación por parte del departamento de contabilidad de la contribución a la utilidad por bolsa.

Producto	Tiempo de Producción (Hrs)				Utilidad por bolsa
	<i>Corte y teñido</i>	<i>Costura</i>	<i>Terminado</i>	<i>Inspección y empaque</i>	
Estándar	7 \ 10	1 \ 2	1	1 \ 10	\$10
Deluxe	1	5 \ 6	2 \ 3	1 \ 4	\$9

El director de manufactura estima que durante los siguientes tres meses estarán disponibles 630 horas de tiempo de corte y teñido, 600 de tiempo de costura, 708 horas de tiempo de terminado y 135 horas de tiempo de inspección y empaque para la producción de las bolsas de golf.

- Si la empresa desea maximizar la contribución total a la utilidad, ¿Cuántas bolsas de cada modelo deberá fabricar?
- ¿Qué contribución a la utilidad puede obtener Par de estas cantidades de producción?
- ¿Cuántas horas de producción se programaran para cada operación?

- d) ¿Cual es el tiempo de holgura de cada operación?
- e) Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X_1 y X_2 por medio del algoritmo branch and bound y calcule la eficiencia en cada una de las restricciones.

Problema 3: Embassy Motorcycles (EM) fabrica dos motocicletas ligeras diseñadas para un manejo fácil y seguro. El modelo EZ-Rider tiene un motor nuevo y un perfil bajo que la hace fácil de equilibrar. El modelo Lady-Sport es un poco más grande, usa un motor más tradicional y está diseñada de manera más específica para atraer a las mujeres. Embassy produce los motores para ambos modelos en su planta de Des Moines, Iowa. Cada motor EZ-Raider requiere 6 hrs. de manufactura y cada motor Lady-Sport requiere 3 hrs. de manufactura. La planta de Des Moines tiene 2100 hrs. de manufactura de motores disponibles para el siguiente periodo de producción. El proveedor de cuadros de motocicletas de Embassy puede surtir tantos marcos de la EZ-Raider como sea necesario. Sin embargo, el cuadro de la Lady-Sport es más complejo y el proveedor solo puede proporcionar hasta 280 cuadros Lady-Sport para el siguiente periodo de producción. El ensamble y prueba finales requieren 2 hrs. para cada unidad de la EZ-Raider y 2.5 hrs. para cada unidad de la Lady-Sport. Se dispone de un máximo de 1000 hrs. de tiempo de ensamble y prueba para el siguiente periodo de producción. El departamento de contabilidad de la compañía proyecta una contribución a la ganancia de \$2400 para cada EZ-Raider producida y \$1800 para cada Lady-Sport producida.

- a) Formule un modelo de programación lineal que pueda usarse para determinar la cantidad de unidades de cada modelo que deberían producirse para maximizar la contribución total a la utilidad.
- b) Resuelva el problema por el algoritmo branch and bound. ¿Cuál es la solución óptima para valores enteros (transforme de valores continuos a enteros)?
- c) ¿Cuáles restricciones no tienen holgura?

Problema 4: Kelson Sporting Equipment fabrica dos modelos de guantes de béisbol: uno normal y una manopla de catcher. La empresa tiene disponibles 900 hrs. de tiempo de producción en su departamento de corte y costura, 300 horas disponibles en su departamento de terminado y 100 horas disponibles en su departamento de embarque. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a la utilidad de cada uno de los productos son:

Modelo	TIEMPO DE PRODUCCION (Hrs)	Utilidad/Guante
--------	----------------------------	-----------------

	Corte y costura	Terminado	Empaque y embarque	
Guante normal	1	1\2	1\8	\$5
Manopla de catcher	3\2	1\3	1\4	\$8

Suponga que la empresa está interesada en maximizar la contribución total a la utilidad.

- ¿Cuál es el modelo de programación para este problema?
- Encuentre la solución óptima. ¿Cuántos guantes de cada modelo deberá fabricar Kelson?
- ¿Cuál es la contribución total a la utilidad que puede ganar Kelson con las cantidades de producción arriba citadas?
- ¿Cuántas horas de tiempo de producción serán programadas en cada departamento?
- ¿Cuál es el tiempo libre de cada departamento?
- Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X_1 y X_2 por medio del algoritmo branch and bound y calcule la eficiencia en cada una de las restricciones.

Problema 5: Considere el siguiente problema de programación lineal:

Variable -->	X_1	X_2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	3		
C1	2	4	\leq	12
C2	6	4	\leq	24
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

- Encuentre la solución óptima usando el procedimiento del algoritmo branch and bound.
- Si la función objetivo se cambia a $2x_1 + 6x_2$ ¿cuál será la solución óptima?
- ¿Cuántos puntos extremos hay? ¿Cuáles son los valores de X_1 y X_2 en cada punto extremo?
- Transforme los datos a valores enteros en cada una de las variables de decisión X_1 y X_2 , para el inciso a y b por medio del algoritmo branch and bound y calcule las eficiencias en cada una de las restricciones.

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso estudiado.

6.- CONCLUSIONES:

Las conclusiones y recomendaciones se emitirán en un reporte de Word en base a los resultados obtenidos en la parte de cálculos, los cuales ayudaran a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PROGRAMACIÓN POR METAS: META ÚNICA, MÚLTIPLES METAS	PRÁCTICA NÚMERO	4
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
HOJA DE CÁLCULO	
WORD PARA HACER EL REPORTE	
Programa WINQSB.	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESÚS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIAN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y la estructura para el planteamiento de modelos de programación por metas, así como las etapas básicas para el desarrollo y uso de técnicas de ingeniería, en específico: se presenta un panorama general del planteamiento de un modelo por metas, se esboza un procedimiento para resolver el modelo básico, se analizan algunas limitaciones en su solución, y se analiza el uso de una solución en computadora.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno será capaz de identificar los elementos básicos para el planteamiento de problemas por medio de la programación por metas, esto para el mejoramiento en la toma de decisiones en el sector productivo.

3.- TEORÍA: Hasta este punto, hemos analizado modelos que pueden aplicarse, bajo condiciones o supuestos especificados a problemas que tienen un objetivo como el de maximizar utilidades o minimizar costos. Sin embargo, existen muchos problemas con objetivos múltiples, como la simultánea maximización de utilidades, maximización de participación de mercados, minimización de costos, maximización de calidad del producto y maximización de la satisfacción de los clientes. En el mundo real, los ingenieros deben considerar y ser capaces de evaluar problemas con objetivos múltiples. En general, los modelos de criterios múltiples proporcionan una solución que "satisface" los objetivos múltiples en vez de una solución que optimice todos los objetivos.

4.- PROCEDIMIENTO: Solución de problemas donde se aplique la programación por metas.

Problema 1. Problema de Comprar o Producir de la Compañía Janders. Esta Compañía vende varios productos para oficina y de ingeniería. Actualmente, Janders está preparando la introducción de dos nuevas calculadoras: una para el mercado de oficinas, llamada Financial Manager, y la otra para el mercado de ingeniería conocida como Technician. Cada calculadora tiene tres componentes: una base, un cartucho electrónico y una carátula o parte superior. En ambas calculadoras se utiliza la misma base, pero los cartuchos y las carátulas son diferentes. La empresa puede fabricar todos los componentes, o puede adquirir de proveedores externos. Los costos de manufactura y los precios de adquisición de los componentes se resumen en la siguiente tabla:

	Costo por unidad
--	------------------

Componente	Manufactura (tiempo Normal)	Adquisición
Base	\$0.50	\$0.60
Cartucho Financiamiento	3.75	4.00
Cartucho Technician	3.30	3.90
Carátula Financiamiento	0.60	0.65
Carátula Technician	0.75	0.78

Los encargados de pronósticos en Janders indican que serán necesarias 3000 calculadoras Financiamiento Manager y 2000 Technician. Sin embargo, la capacidad de producción está limitada. La empresa cuenta con 200 horas de tiempo normal de fabricación, que pueden utilizarse para la fabricación de calculadoras. La siguiente tabla muestra los tiempos de fabricación (en minutos) de dichos componentes:

Componente	Tiempo de manufactura
Base	1.0
Cartucho Financiamiento	3.0
Cartucho Technician	2.5
Carátula Financiamiento	1.0
Carátula Technician	1.5

El gerente de producción le pide que formule un modelo de programación lineal (continuo) y por metas, el cual le brinde un costo mínimo por \$40,000 dólares (meta 1) de compra o de fabricación, la cantidad a producir por cada producto, sus capacidades u holguras, precios sombra y algo más, concluya, analice si existen diferencias con respecto a cada modelo de optimización.

Problema 2. La Fresh Food Faros, Inc., tiene 50 acres de tierra en la cual plantar cualquier cantidad de maíz, soya, lechuga, algodón y brócoli. La siguiente tabla muestra la información relevante perteneciente a la producción, el costo de plantación, el precio de venta esperado y los requerimientos de agua para cada cultivo:

Cultivo	Producción (kg/acre)	Costo (\$/kg)	Precio de venta (\$/kg)	Agua requerida (lts/kg)
Maíz	640	1.00	1.70	8.75
Frijoles de soya	500	0.50	1.30	5.00
Lechuga	400	0.40	1.00	2.25
Algodón	300	0.25	1.00	4.25
Brócoli	350	0.60	1.30	3.50

Para la próxima temporada, hay 100 000 litros de agua disponible y la compañía ha contratado vender al menos 5120 kilogramos de maíz. Formule un programa lineal (continuo) y por metas para determinar una estrategia de plantación óptima para la compañía, que nos maximice las utilidades por \$15,000 y \$20,000 pesos (meta 1), nos minimice los costos por \$5,120 y \$6,000 pesos (meta 2) y se obtenga una plantación por 50 acres en total (meta 3). Analice las eficiencias de los recursos disponibles (holguras), precios sombra y concluya.

Problema 3. La administración de Carson Stapler Manufacturing Company pronostica para el trimestre que viene una demanda de 5000 unidades para su modelo Sure Hola. Esta engrapadora se ensambla a partir de tres componentes principales: la base, el cartucho de grapas y la manija. Hasta ahora Carson ha fabricado los tres componentes. Sin embargo, el pronóstico de 5000 unidades es un nuevo volumen máximo de venta y la empresa quizás no tenga suficiente capacidad de producción para la fabricación de todos los componentes. La administración está pensando contratar una empresa maquiladora local para producir por lo menos una parte de los componentes. Los requisitos de tiempos de producción por unidad son como sigue:

Departamento	Tiempo de producción (horas)			Tiempo disponible (horas)
	Base	Cartucho	Manija	
A	0.03	0.02	0.05	400
B	0.04	0.02	0.04	400
C	0.02	0.03	0.01	400

Note que cada componente fabricado de Carson ocupa tiempo de producción en cada uno de los tres departamentos.

Después de tomar en consideración los gastos generales, las materias primas y los costos por mano de obra de la empresa, el departamento de contabilidad ha llegado al costo unitario de manufactura de cada componente. Estos datos, junto con las cotizaciones de la empresa maquiladora de los precios de compra, son como sigue:

Componente	Costo de manufactura	Costo de adquisición
Base	0.75	0.95
Cartucho	0.40	0.55
Manija	1.10	1.40

a). Determine por medio de un modelo de programación lineal (continuo) y por metas, cuál sería la decisión de fabricar o comprar para Carson, que haga que pueda cumplir con la demanda de 5000 unidades a un costo total mínimo de \$11,000 dólares

(meta 1). De cada componente, ¿Cuántas unidades deberán ser fabricadas y/o cuántas deberán ser adquiridas?, analice si existe diferencia con respecto a cada modelo de optimización.

b). ¿Qué departamento están limitando el volumen de fabricación en cada tipo de modelo?

c). Analice los precios sombra con los resultados arrojados por los modelo de programación lineal y por metas, concluya.

Problema 4. GSI produce palos de grafito para varios fabricantes de palos de golf. Dos instalaciones de fabricación de GSI, una localizada en San Diego y la otra en Tampa, tienen capacidad para producir palos en diversos grados de rigidez, desde modelos normales, principalmente por golfistas promedio, hasta modelos extrarígidos, utilizados principalmente por golfistas con bajo handicap y profesionales. GSI acaba de recibir un contrato para la producción de 200 000 palos normales y 75 000 rígidos. Dado que ambas plantas actualmente están produciendo palos de golf para cumplir con órdenes anteriores, ninguna de las plantas tiene capacidad suficiente, por sí misma, para llenar el nuevo pedido. La planta de San Diego, puede producir hasta un total de 120 000 palos, y la de Tampa, hasta un total de 180 000 palos de golf. Debido a diferencias en equipamiento en cada una de las plantas y de distintos costos de mano de obra, los costos de producción unitarios son distintos, como se muestra a continuación:

	Costo de San diego	Costo de Tampa
Palo normal	\$5.25	\$4.95
Palo rígido	\$5.45	\$5.70

El gerente de producción le pide que formule un modelo de programación lineal (continuo) y por metas, el cual le brinde un costo mínimo por \$1'500,000 y \$1'404,750 (meta 1), la cantidad a producir por planta por cada tipo de producto, en esta parte se establece la meta 2 de saber si se podrá cumplir o no la fabricación de 250,000 palos normales y la meta 3 de saber si se podrá cumplir o no la fabricación de 75,000 palos rígidos, analice para cada uno de los planteamientos sus capacidades de producción, precios sombra y concluya.

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	MODELOS DE REDES PERT-CPM: PROBLEMAS DETERMINÍSTICOS	PRÁCTICA NÚMERO	5
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
HOJA DE CÁLCULO	
WORD PARA HACER EL REPORTE	
el programa WINQSB.	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: esta práctica presentará el desarrollo y análisis de los modelos de redes determinísticos aplicados a la administración de proyectos (por medio del ciclo de vida de un proyecto: definición, planeación, ejecución y entrega) para la optimización de los recursos (humano, materia prima, económico, etc.)

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de redes determinísticos para el óptimo desarrollo de proyectos.

3.- TEORÍA: Las herramientas básicas que se utilizan para el desarrollo y análisis de modelos de redes son: *PERT* y *CPM* que son técnicas que se concentran en buscar el camino de consumo de tiempo más largo en una red de tareas como base para planear y controlar un proyecto. Tanto el PERT como el CPM utilizan nodos y flechas en sus diagramas. Las principales diferencias entre PERT y CPM eran que el PERT empleaba la flecha para representar una actividad, mientras que el CPM utilizaba el nodo. Los términos CPM y PERT se emplean indistintamente y ambos se refieren a lo mismo, aunque se usa más CPM.

En cierto sentido, ambas técnicas deben su desarrollo a su ampliamente utilizado predecesor, el Diagrama Gantt. Este diagrama sirve para relacionar las actividades con el tiempo en una forma fácil de usar para proyectos muy pequeños.

La programación de ruta crítica se refiere a una serie de técnicas gráficas que se utilizan en la planeación y control de proyectos. En cualquier proyecto, los tres factores que interesan principalmente son: El tiempo, El costo y La disponibilidad de recursos.

Existen diferentes modelos con base en el tiempo, modelos de tiempo – costo y modelos de recursos limitados.

La técnica de evaluación y revisión de programas PERT (program evaluation and review technique), y el método de ruta crítica CPM (critical path method), las dos técnicas de programación de ruta crítica más conocidas, fueron desarrolladas a fines de los años cincuenta. El PERT se desarrolló bajo el patrocinio de la oficina de proyectos especiales de la armada de estados unidos en 1958, a manera de herramienta gerencial para programar y controlar el proyecto del misil polaris. El CPM fue desarrollado en 1957 por J. E. Kelly, de Remington – Rand, y M. R. Walker, de DuPont Company, con miras a ayudar en la programación de cierres de mantenimiento en plantas de procesamiento de químicos.

Las técnicas de programación de ruta crítica muestran un proyecto de manera gráfica y relacionan las tareas que lo componen de forma que se concentre la atención en aquellas que resultan cruciales para completar el proyecto. Para poder aplicar bien las técnicas de programación de ruta crítica, un proyecto debe tener las siguientes características:

1. Debe tener funciones o tareas bien definidas cuya terminación señale el fin del proyecto.
2. Las funciones o tareas son independientes; pueden ser iniciadas, detenidas y realizadas por separado dentro de una secuencia determinada.
3. Las funciones o tareas son ordenadas; deben seguir una a la otra en una secuencia determinada.

Relaciones De Precedencia.

Son aquellas redes de tiempo constante que presentan las actividades en círculo. Las relaciones entre círculos se indican mediante flechas que pueden presentar una amplia variedad de inicio y terminación. En el diagrama de red se muestran las actividades como flechas mientras que los objetivos (o eventos) se muestran en círculos.

El convencionalismo que se utiliza para dibujar estos diagramas de red es que las actividades que van hacia un círculo (evento) deben terminarse antes de que se puedan comenzar las flechas que salen del círculo. Todas las flechas que entran a un círculo se denominan sucesoras. Todas las actividades predecesoras se deben terminar antes de poder comenzar ninguna de las sucesoras.

En ocasiones se necesitan actividades ficticias para poder dibujar el diagrama de la red. Una actividad ficticia es aquella que tiene un tiempo de duración de cero y se utiliza para indicar sola una relación de precedencia. También se necesitan actividades ficticias cuando existen dos actividades que tienen juegos de actividades predecesoras y sucesoras parcialmente en común, más no idénticas.

Relaciones Secuenciales.

Las relaciones secuenciales tienen que ver con el desarrollo de un orden exacto (o secuencia) de procesamiento de tareas. En la secuencia se calculan los tiempos de interferencia de trabajos y de teorías de colas al diseñar un programa para cada trabajo. No se preocupe una cola promedio (o tiempo de espera) como en el caso de las cargas.

Un **Diagrama De Red es una representación gráfica de una actividad en particular, o de un proyecto en su totalidad.** La gráfica de red se puede

representar de dos formas distintas: por actividad en los arcos (flechas), y por actividades en los nodos.

En la gráfica de red por asignación en los arcos se muestran las actividades como flechas, mientras que los objetivos o eventos se muestran como círculos.

Reglas O Procedimiento Para La Construcción De Redes.

1. Cada actividad está representada por una flecha en la red. Ninguna actividad puede representarse dos veces.
2. Dos actividades diferentes no pueden identificarse por los mismos eventos terminal y de inicio. Puede ser que tengan el mismo evento de inicio pero distinto nodo final, o distinto nodo de inicio y mismo nodo final; otra solución sería colocar una liga entre los nodos finales de una y otra actividad con mismo inicial.
3. Para asegurar las relaciones de precedencia, deben responderse las siguientes preguntas al agregar cada actividad en la red:
 - ✓ ¿Qué actividad deben terminarse inmediatamente antes de que esta actividad pueda comenzar?
 - ✓ ¿Qué actividad deben seguirla?
 - ✓ ¿Qué actividades deben efectuarse simultáneamente?

Elaboración De Una Red Con Actividades En Los Nodos.

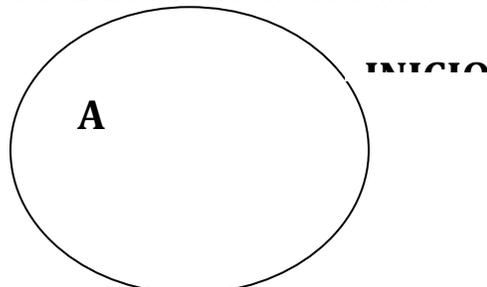
Esta es la segunda forma de asignación o elaboración de una red donde los valores de flujo de materiales con tiempo de duración para cada actividad se presentan en los nodos mismos y no en la flecha. Ejemplo:

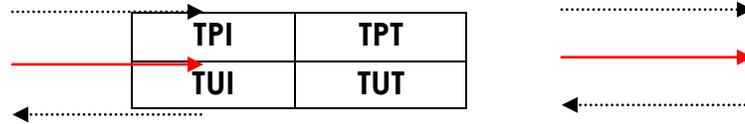
Tiempo Primero De Inicio (TPI):- Es el tiempo en el que la actividad va a comenzar. En el cálculo de inicio a fin. Es el tiempo en el que termina la actividad precedente.

Tiempo Primero De Terminación (TPT):- Es el tiempo en el que la actividad termina realmente. Este tiempo es el que llega a la actividad sucesora, es el que se hace objeto de separación para escoger el mayor en caso de que dos o más actividades le precedan a una misma. El TPT es el resultado de sumar TPI y la duración de la actividad que se esta analizando.

Tiempo Último De Terminación (TUT):- Es el tiempo en el que la actividad "puede terminar" en caso de que esta iniciará en el tiempo que le permite la holgura total. El TUT es el tiempo que viene de la actividad sucesora inmediata.

Tiempo Último De Inicio (TUI):- Es el tiempo en el que pueden iniciar la actividad tomando en cuenta su holgura. Es el tiempo que sale a la actividad predecesora y el objeto de comparación para escoger el menor en el caso de que dos o más actividades les sucedan a una misma actividad. El TUI es la diferencia entre TUT y la duración de la actividad en cuestión.





FIN

Donde:

$TUT - TPT = \text{Holgura}$

$TUT = TPT = \text{Actividad Crítica}$

Aplicación.

La clasificación más común de la planificación de los proyectos de producción de bienes y prestaciones de servicios corresponde a la división de la economía en el sector de producción:

1. **Proyectos Agropecuarios.-** Estos abarcan todo el campo de la producción animal y vegetal.
2. **Proyectos Industriales.-** Comprende toda la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos de la pesca, agricultura y actividad pecuaria o ganadera.
3. **Proyectos De Infraestructura Social.-** Tiene la función de atender a necesidades básicas de la población, como salud, educación, abastecimiento de agua, redes de alcantarillado, vivienda, etc.
4. **Proyectos De Infraestructura Económica.-** Incluye los proyectos de unidades directa o indirectamente productivas que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios, por ejemplo la CFE, transporte, comunicación, etc.
5. **Proyectos De Servicios.-** Son aquellos cuyo propósito no es la producción de bienes materiales, sino la prestación de servicios, ya sea personal, material o técnico y puede ser por medio del ejercicio profesional o a través de instituciones.

Importancia De Aplicar CPM y PERT.

Uno de los modos de medir la importancia de un plan de producción por CPM y PERT, es tomando como referencias la repercusión de este en las metas de desarrollo, tanto de la región donde se implantará, como del país. Esta repercusión dependerá:

- a) Del tamaño del proyecto en relación con las dimensiones económicas del sistema en que se inserta.
- b) De la naturaleza de los insumos, sus productos y de la posición de estos en el cuadro general de la economía.

Carácter De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

- a) **Económico:** Es aquel que tiene como fin obtener un lucro o una utilidad.

b) **Social:** Es aquel en el que se establecen por medio de impuestos o cuotas (grupales no se obtiene lucro o beneficio).

Carácter De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

a) **Instalación:** Personal que nada más se encargará de instalar el equipo.

b) **Operación:** Capacitan personal para operar las máquinas instaladas.

c) **Mixto:** Es la combinación de las dos anteriores.

Resultados De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

a) **Su producto:** Es el resultado identificado por la obtención de una utilidad o beneficio a una necesidad.

b) **Sus efectos:** Resultado que se establece de acuerdo al efecto que tendrá un producto o servicio puesto en marcha.

Específicamente la aplicación de CPM y PERT se ha implantado y utilizado en: la industria de la construcción y en empresas industriales para aplicaciones como la programación del mantenimiento de aviones, la instalación de activos fijos, el diseño de plantas, la planeación y la administración de programas de investigación y desarrollo, y la planeación de utilidades a nivel empresas.

4.- PROCEDIMIENTO: Solución de problemas determinísticos

Problema 1: Un proyecto que implica la instalación de un sistema de cómputo está formado por ocho actividades. La tabla siguiente enlista los predecesores inmediatos y los tiempos de cada actividad (en semanas).

Actividad	Precedente	Tiempo
A	-	3
B	-	6
C	A	2
D	B,C	5
E	D	4
F	E	3
G	B,C	9
H	F,G	3

- ✓ Dibuje una red por nodos y la gráfica de Gantt para el proyecto.
- ✓ ¿Cuáles son las actividades críticas (ruta crítica)?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo de terminación del proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las actividades que generan holguras y cuánto?

Problema 2: El Proyecto de Daugherty Porta-Vac. La H. S. Daugherty Company ha manufacturado sistemas industriales de aspiradoras durante muchos años. Recientemente, un miembro del equipo de investigación de nuevos productos de la

empresa presentó un informe sugiriendo que la empresa considere la manufactura una aspiradora inalámbrica. El nuevo producto, conocido como Porta-Vac, podría contribuir a la expansión de Daugherty en el mercado doméstico. La administración espera que se pueda fabricar a un costo razonable y que el hecho de que sea portátil e inalámbrico lo hagan extremadamente atractivo, por lo que la empresa desea estudiar la posibilidad de manufacturar el Porta-Vac. Para realizar este estudio, se debe obtener información de los grupos de investigación y desarrollo. La pregunta es ¿cuánto tardará este estudio de posibilidad?. La siguiente tabla proporciona los datos para este proyecto.

- ✓ Dibuje una red por nodos y la gráfica de Gantt para el proyecto.
- ✓ ¿Cuáles son las actividades críticas (ruta crítica)?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo de terminación del proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las actividades que generan holguras y cuánto?

Actividad	Predecesor inmediato	Tiempo (días)
A	-	5
B	-	1.5
C	A	3
D	A	4
E	A	3
F	C	2
G	D	3
H	B,E	3.5
I	H	2
J	F,G,I	2

Problema 3. Una nueva y revolucionaria "lavativa", está lista para salir al mercado por la empresa Licrafo S.L. Se compone de dos piezas: la primera es una especie de jarra de plástico y la segunda es una goma de poliuretano blando que acaba en un extremo puntiagudo con perfiles redondeados. Ambas piezas son novedad mundial por el diseño y el material que los forman. Para fabricar esta "lavativa" se deben ensamblar la goma y la jarra de plástico. Antes de empezar la producción de la lavativa que se realiza con la fabricación en máquinas de inyección de plásticos de la

jarra (duración 8 minutos) y de la goma (duración 7 minutos) y su posterior ensamble (duración 12 minutos), hay que preparar la materia prima (duración 9 minutos) y preparar las máquinas de inyección (duración 6 minutos). Antes de poder ensamblar la goma y la jarra es conveniente inspeccionar a fondo el extremo puntiagudo de la goma para asegurarnos de que los bordes están suficientemente redondeados como para no dañar el intestino.

- Dibuje una red por nodos y la gráfica de Gantt para el proyecto.
- Calcular la duración del proceso de fabricación
- ¿Qué actividades no son críticas?
- ¿Cuál es la ruta crítica?
- Si no hubiera que inspeccionar a fondo el extremo puntiagudo de la goma, ¿Cuánto tiempo nos ahorraríamos en la fabricación de la "lavativa"?

Nota: La tarea inspeccionar a fondo el extremo puntiagudo de la goma tiene una duración de 10 minutos.

Actividad	Descripción	Tiempo (min.)
A	Prepara la máquinas de inyección	6
B	Preparar la materia prima	9
C	Inyección en la jarra en la maquina	8
D	Inyección de la goma en la maquina	7
E	Inspeccionar a fondo el extremo puntiagudo de la goma	10
F	Ensamblado de la jarra y la goma	12

Problema 4: Un proyecto que implica la instalación de un sistema de línea eléctrica de 1700 ft. Está formado por las siguientes actividades. La tabla siguiente enlista los predecesores inmediatos y los tiempos de cada actividad (en días).

Actividad	Precedente	Duración (días)
A	-	1
B	A	0.5
C	A	1
D	A	0.5
E	C,D	3
F	E	3.5
G	D	0.5
H	G	0.5
I	H	3
J	F,I	4
K	F,I	1
L	J,K	2
M	L	2
N	L	2
O	D	2
P	B,M,N,O	0.5

Q	P	0.5
R	Q	1
S	Q	1
T	S	2
U	T	2

- ✓ Dibuje una red por nodos y la gráfica de Gantt para el proyecto.
- ✓ ¿Cuáles son las actividades críticas?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo de terminación del proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las actividades que generan holguras y cuánto cada una?
- ✓ ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto pueda finalizarse dentro de los siguientes 25 días? Con una variabilidad de 3600 minutos, y ¿Dentro de los siguientes 28 días? Con una variabilidad de 3000 minutos.
- ✓ Si existe una probabilidad del 95 % de que se terminará el proyecto en 26 días, ¿Cuál es la variabilidad del proyecto?

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentarán en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- g) Administración de proyectos, Gray C.F. y Larson E.W., , editorial McGraw-Hill.
- h) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	MODELOS DE REDES PERT-CPM: PROBLEMAS PROBABILÍSTICOS	PRÁCTICA NÚMERO	6
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
HOJA DE CÁLCULO	
OFFICE WORD PARA HACER EL REPORTE	
PROGRAMA WINQSB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: esta práctica presentará el desarrollo y análisis de los modelos de redes probabilístico aplicados a la administración de proyectos (por medio del ciclo de vida de un proyecto: definición, planeación, ejecución y entrega) para la optimización de los recursos (humano, materia prima, económico, etc.)

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de redes probabilístico para el óptimo desarrollo de proyectos.

3.- TEORÍA: las herramientas básicas que se utilizan para el desarrollo y análisis de modelos de redes son: *PERT y CPM que son técnicas que se concentran en buscar el camino de consumo de tiempo más largo en una red de tareas como base para planear y controlar un proyecto.* Tanto el PERT como el CPM utilizan nodos y flechas en sus diagramas. Las principales diferencias entre PERT y CPM eran que el PERT empleaba la flecha para representar una actividad, mientras que el CPM utilizaba el nodo. Los términos CPM y PERT se emplean indistintamente y ambos se refieren a lo mismo, aunque se usa más CPM.

En cierto sentido, ambas técnicas deben su desarrollo a su ampliamente utilizado predecesor, el Diagrama Gantt. Este diagrama sirve para relacionar las actividades con el tiempo en una forma fácil de usar para proyectos muy pequeños.

La programación de ruta crítica se refiere a una serie de técnicas gráficas que se utilizan en la planeación y control de proyectos. En cualquier proyecto, los tres factores que interesan principalmente son: El tiempo, El costo y La disponibilidad de recursos.

Existen diferentes modelos con base en el tiempo, modelos de tiempo – costo y modelos de recursos limitados.

La técnica de evaluación y revisión de programas PERT (program evaluation and review technique), y el método de ruta crítica CPM (critical path method), las dos técnicas de programación de ruta crítica más conocidas, fueron desarrolladas a fines de los años cincuenta. El PERT se desarrolló bajo el patrocinio de la oficina de proyectos especiales de la armada de estados unidos en 1958, a manera de herramienta gerencial para programar y controlar el proyecto del misil polaris. El CPM fue desarrollado en 1957 por J. E. Kelly, de Remington – Rand, y M. R. Walker, de DuPont Company, con miras a ayudar en la programación de cierres de mantenimiento en plantas de procesamiento de químicos.

Las técnicas de programación de ruta crítica muestran un proyecto de manera gráfica y relacionan las tareas que lo componen de forma que se concentre la atención en aquellas que resultan cruciales para completar el proyecto. Para

poder aplicar bien las técnicas de programación de ruta crítica, un proyecto debe tener las siguientes características:

- a) Debe tener funciones o tareas bien definidas cuya terminación señale el fin del proyecto.
- b) Las funciones o tareas son independientes; pueden ser iniciadas, detenidas y realizadas por separado dentro de una secuencia determinada.
- c) Las funciones o tareas son ordenadas; deben seguir una a la otra en una secuencia determinada.

Relaciones De Precedencia.

Son aquellas redes de tiempo constante que presentan las actividades en círculo. Las relaciones entre círculos se indican mediante flechas que pueden presentar una amplia variedad de inicio y terminación. En el diagrama de red se muestran las actividades como flechas mientras que los objetivos (o eventos) se muestran en círculos.

El convencionalismo que se utiliza para dibujar estos diagramas de red es que las actividades que van hacia un círculo (evento) deben terminarse antes de que se puedan comenzar las flechas que salen del círculo. Todas las flechas que entran a un círculo se denominan sucesoras. Todas las actividades predecesoras se deben terminar antes de poder comenzar ninguna de las sucesoras.

En ocasiones se necesitan actividades ficticias para poder dibujar el diagrama de la red. Una actividad ficticia es aquella que tiene un tiempo de duración de cero y se utiliza para indicar sola una relación de precedencia. También se necesitan actividades ficticias cuando existen dos actividades que tienen juegos de actividades predecesoras y sucesoras parcialmente en común, más no idénticas.

Relaciones Secuenciales. Las relaciones secuenciales tienen que ver con el desarrollo de un orden exacto (o secuencia) de procesamiento de tareas. En la secuencia se calculan los tiempos de interferencia de trabajos y de teorías de colas al diseñar un programa para cada trabajo. No se preocupe una cola promedio (o tiempo de espera) como en el caso de las cargas.

Un **Diagrama De Red es una representación gráfica de una actividad en particular, o de un proyecto en su totalidad.** La gráfica de red se puede representar de dos formas distintas: por actividad en los arcos (flechas), y por actividades en los nodos.

En la gráfica de red por asignación en los arcos se muestran las actividades como flechas, mientras que los objetivos o eventos se muestran como círculos.

Reglas O Procedimiento Para La Construcción De Redes.

- a) Cada actividad está representada por una flecha en la red. Ninguna actividad puede representarse dos veces.
- b) Dos actividades diferentes no pueden identificarse por los mismos eventos terminal y de inicio. Puede ser que tengan el mismo evento de inicio pero distinto nodo final, o distinto nodo de inicio y mismo nodo final; otra solución sería colocar una liga entre los nodos finales de una y otra actividad con mismo inicial.
- c) Para asegurar las relaciones de precedencia, deben responderse las siguientes preguntas al agregar cada actividad en la red:
 - ✓ ¿Qué actividad deben terminarse inmediatamente antes de que esta actividad pueda comenzar?
 - ✓ ¿Qué actividad deben seguirla?
 - ✓ ¿Qué actividades deben efectuarse simultáneamente?

Elaboración De Una Red Con Actividades En Los Nodos.

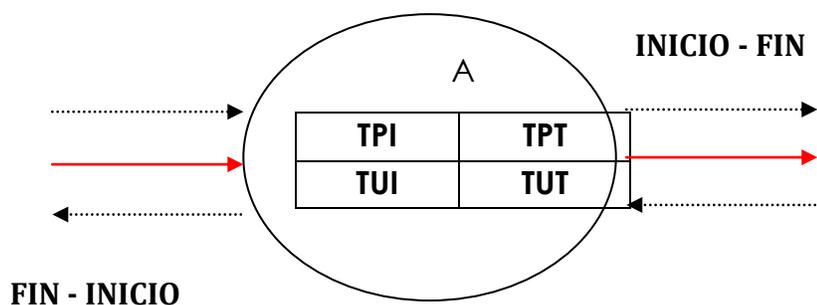
Esta es la segunda forma de asignación o elaboración de una red donde los valores de flujo de materiales con tiempo de duración para cada actividad se presentan en los nodos mismos y no en la flecha. Ejemplo:

Tiempo Primero De Inicio (TPI):- Es el tiempo en el que la actividad va a comenzar. En el cálculo de inicio a fin. Es el tiempo en el que termina la actividad precedente.

Tiempo Primero De Terminación (TPT):- Es el tiempo en el que la actividad termina realmente. Este tiempo es el que llega a la actividad sucesora, es el que se hace objeto de separación para escoger el mayor en caso de que dos o más actividades le precedan a una misma. El TPT es el resultado de sumar TPI y la duración de la actividad que se esta analizando.

Tiempo Último De Terminación (TUT):- Es el tiempo en el que la actividad "puede terminar" en caso de que esta iniciará en el tiempo que le permite la holgura total. El TUT es el tiempo que viene de la actividad sucesora inmediata.

Tiempo Último De Inicio (TUI):- Es el tiempo en el que pueden iniciar la actividad tomando en cuenta su holgura. Es el tiempo que sale a la actividad predecesora y el objeto de comparación para escoger el menor en el caso de que dos o más actividades les sucedan a una misma actividad. El TUI es la diferencia entre TUT y la duración de la actividad en cuestión.



Donde:

$TUT - TPT = \text{Holgura}$

$TUT = TPT = \text{Actividad Crítica}$

Aplicación.

La clasificación más común de la planificación de los proyectos de producción de bienes y prestaciones de servicios corresponde a la división de la economía en el sector de producción:

- Proyectos Agropecuarios.-** Estos abarcan todo el campo de la producción animal y vegetal.
- Proyectos Industriales.-** Comprende toda la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos de la pesca, agricultura y actividad pecuaria o ganadera.
- Proyectos De Infraestructura Social.-** Tiene la función de atender a necesidades básicas de la población, como salud, educación, abastecimiento de agua, redes de alcantarillado, vivienda, etc.
- Proyectos De Infraestructura Económica.-** Incluye los proyectos de unidades directa o indirectamente productivas que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios, por ejemplo la CFE, transporte, comunicación, etc.
- Proyectos De Servicios.-** Son aquellos cuyo propósito no es la producción de bienes materiales, sino la prestación de servicios, ya sea personal, material o técnico y puede ser por medio del ejercicio profesional o a través de instituciones.

Importancia De Aplicar CPM y PERT.

Uno de los modos de medir la importancia de un plan de producción por CPM y PERT, es tomando como referencias la repercusión de este en las metas de desarrollo, tanto de la región donde se implantará, como del país. Este repercusión dependerá:

- Del tamaño del proyecto en relación con las dimensiones económicas del sistema en que se inserta.
- De la naturaleza de los insumos, sus productos y de la posición de estos en el cuadro general de la economía.

Carácter De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

- **Económico:** Es aquel que tiene como fin obtener un lucro o una utilidad.
- **Social:** Es aquel en el que se establecen por medio de impuestos o cuotas (grupales no se obtiene lucro o beneficio).

Carácter De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

- **Instalación:** Personal que nada más se encargará de instalar el equipo.
- **Operación:** Capacitan personal para operar las máquinas instaladas.
- **Mixto:** Es la combinación de las dos anteriores.

Resultados De Un Plan De Producción De Acuerdo A Su Aplicación:

- **Su producto:** Es el resultado identificado por la obtención de una utilidad o beneficio a una necesidad.
- **Sus efectos:** Resultado que se establece de acuerdo al efecto que tendrá un producto o servicio puesto en marcha.

Específicamente la aplicación de CPM y PERT se ha implantado y utilizado en: la industria de la construcción y en empresas industriales para aplicaciones como la programación del mantenimiento de aviones, la instalación de activos fijos, el diseño de plantas, la planeación y la administración de programas de investigación y desarrollo, y la planeación de utilidades a nivel empresas.

Específicamente la aplicación de CPM y PERT se ha implantado y utilizado en: ***la industria de la construcción y en empresas industriales para aplicaciones como la programación del mantenimiento de aviones, la instalación de activos fijos, el diseño de plantas, la planeación y la administración de programas de investigación y desarrollo, y la planeación de utilidades a nivel empresas.***

Métodos Para Control De Proyectos.

Uno de los métodos de relaciones secuenciales más antiguos es la gráfica de Gantt, propuesto por Henry L. Gantt en 1917.

Gráfica de Gantt.

Método para la programación de proyectos manejado por un diagrama de barras que muestra la relación entre actividades en el tiempo. Las actividades del proyecto se listan verticalmente, en tanto que los tiempos se señalan en forma horizontal.

La gráfica de Gantt, por lo tanto, presenta no solo cuanto tiempo se necesita para cada actividad sino también, cuando tendrá lugar la misma. Además de las actividades, las gráficas de Gantt también los objetivos (o eventos), donde un objetivo es un instante en el tiempo, en tanto que una actividad es una

tarea con cierta duración de tiempo. Con frecuencia se utilizan los objetivos para señalar el inicio o término de una o más actividades. Estas gráficas se utilizan comúnmente en la programación de proyectos debido a que son fáciles de usar y hay mucha gente que las comprende. Sin embargo, en los proyectos complejos la gráfica de Gantt se vuelve inadecuada pues no muestra las interdependencias y relaciones entre las actividades.

La ventaja de los métodos de red en comparación con las gráficas de Gantt, es que en la programación con redes se muestran específicamente las relaciones de precedencia en la red.

PERT. (Program Evaluation and Review Technique) Técnica de Evaluación y Revisión de Programas.

Se trata de una técnica que proporciona a la gerencia información sobre los problemas reales y potenciales que pueden presentarse en la terminación de un proyecto, la condición corriente del proyecto en relación con el logro de sus objetivos, la fecha esperada de terminación del proyecto y las probabilidades de lograrlo, y en dónde se encuentran las actividades más críticas y menos críticas en el proyecto total.

Hacer el análisis de PERT, con lleva establecer las actividades y los eventos, además del tiempo estimado de terminación de un plan de producción. Suelen seleccionarse tres estimados de tiempo para cada actividad:

1. Tiempo optimista (t_o) es el estimado del tiempo requerido para una actividad sin ningún problema se presenta. Como regla general habría una oportunidad del 1% de que la actividad tomara menos tiempo que el estimado optimista.
2. Tiempo más probable (t_m) es el tiempo estimado para una actividad si se toman en cuenta las interrupciones y los problemas normales asociados con llevarla a término.
3. Tiempo pesimista (t_p) es el estimado del tiempo requerido para una actividad si se presentan interrupciones y problemas de naturaleza desusada. Como regla general habría una oportunidad del 1% de que la actividad tomará más tiempo que el estimado pesimista.

El trabajo que arroja este tipo de diagrama es de muchas incógnitas, por tanto, los estimados de los tiempos optimista, más probable y pesimista, ayudan al analista a determinar el grado probable de estas incertidumbres.

Una vez que se dispone de los tres tiempos estimados, se puede calcular el **tiempo esperado (t_e)** para cada actividad. Este tiempo representa el porcentaje ponderado de los tres tiempos. En muchos casos, la siguiente ecuación proporcionará un estimado práctico del tiempo esperado:

$$t_e = t_o + \frac{4t_m + t_p}{6}$$

CPM (Critical Path Method) Método de Ruta Crítica.

Fue desarrollado en forma independiente de PERT, pero que está estrechamente relacionado con éste, se refiere básicamente a los intercambios entre el costo de un proyecto y su fecha de terminación. Se aboca a la reducción del tiempo necesario para concluir una tarea o actividad, utilizando más trabajadores y/o recursos, lo cual, en la mayoría de los casos significa mayores costos. Con CPM, se supone que el tiempo necesario para concluir las diversas actividades del proyecto se conoce con certidumbre, al igual que la cantidad de recursos que se utilizan.

Por ello, CPM no se ocupa de tiempos inciertos de tareas o actividades como es el caso en PERT, sino que se refiere a intercambios entre tiempos y costos.

Como mencionamos al inicio, en términos más tradicionales, una red CPM / PERT, consta de diversos **círculos** e interconectados por **flechas**. En terminología general de redes, los círculos numerados se denominan **nodos**, y las flechas que los conectan se denominan **ramas o arcos** (que estas son las dos formas de elaborar redes. La más usual es por nodos). En una red CPM – PERT, **las flechas o ramas representan actividades y los círculos o nodos se denomina eventos**. Las actividades implican tiempo y, por lo general consumen recursos en forma de mano de obra, materiales o dinero. Los eventos no consumen ni tiempo ni recursos sino que, más bien, sirven como **“puntos de referencia del proyecto”** y representan los puntos lógicos de conexión para asociar diversas actividades.

4.- PROCEDIMIENTO:

Problema 1: El Proyecto de Daugherty Porta-Vac. La H. S. Daugherty Company ha manufacturado sistemas industriales de aspiradoras durante muchos años. Recientemente, un miembro del equipo de investigación de nuevos productos de la empresa presentó un informe sugiriendo que la empresa considere la manufactura una aspiradora inalámbrica. El nuevo producto, conocido como Porta-Vac, podría contribuir a la expansión de Daugherty en el mercado doméstico. La administración espera que se pueda fabricar a un costo razonable y que el hecho de que sea portátil e inalámbrico lo hagan extremadamente atractivo, por lo que la empresa desea estudiar la posibilidad de manufacturar el Porta-Vac. Para realizar este estudio, se debe obtener información de lo grupos de investigación y desarrollo. La pregunta es ¿cuánto tardará este estudio de posibilidad?, La siguiente tabla proporciona los datos para este proyecto.

Calcular el tiempo estimado y la varianza para este proyecto. La administración ha asignado 20 semanas para el proyecto Porta-Vac. ¿Cuál es la probabilidad de que se

cumpla con este vencimiento de 20 semanas?, aporte a la administración sus conclusiones para desarrollar este proyecto.

Actividad	Predecesor inmediato	Optimista	Más probable	Pesimista
A	-	4	5	12
B	-	1	1.5	5
C	A	2	3	4
D	A	3	4	11
E	A	2	3	4
F	C	1.5	2	2.5
G	D	1.5	3	4.5
H	B,E	2.5	3.5	7.5
I	H	1.5	2	2.5
J	F,G,I	1	2	3

Problema 2: Considere el siguiente proyecto de investigación con las estimaciones de los tiempos más optimistas, más probables y pesimistas (en días) de las actividades que se muestran en la tabla de abajo y encuentre lo siguiente:

1. Encuentre el camino crítico.
2. ¿Cuánto tiempo de holgura, si es que hay alguna, tiene la actividad C?
3. Determine el tiempo esperado del proyecto así como la varianza.
4. Encuentre la probabilidad de que se termine el proyecto en 30 días o menos.

Actividad	Precedente	Optimista	Más probable	Pesimista
A	Inicial	5	6	7
B	Inicial	5	12	13
C	A	6	8	10
D	A	4	10	10
E	C	5	6	13
F	B,D	7	7	10
G	E,F	4	7	10

Problema 3: Doug Casey está a cargo de planear y coordinar el programa de capacitación del personal de administración de ventas de la primavera siguiente para su empresa. Doug ha enlistado la siguiente información de actividades para este proyecto.

- ✓ Dibuje una red por nodos y la gráfica de Gantt para este proyecto.
- ✓ ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo de finalización esperado del proyecto?
- ✓ Doug desea tener una probabilidad de 0.99 de terminar el proyecto a tiempo, compruebe este hecho.

Actividad	Precedente	Optimista	Más probable	Pesimista
A	INICIO	1.5	2	2.5

B	A	2	2.5	6
C	INICIO	1	2	3
D	C	1.5	2	2.5
E	B,D	0.5	1	1.5
F	E	1	2	3
G	B,D	3	3.5	7
H	G	3	4	5
I	F,	1.5	2	2.5

Problema 4: El grupo de desarrollo de productos en Landon Corporation ha estado trabajando en un nuevo software para computadora que tiene el potencial para capturar una gran porción del mercado. A través de fuentes exteriores, la administración de Landon ha sabido que un competidor está trabajando para introducir un producto similar. Como resultado, la administración general de Landon ha incrementado su presión sobre el grupo de desarrollo de producto. El líder del grupo ha recurrido al PERT-CPM como una ayuda para la programación de las actividades restantes antes de que el producto nuevo pueda lanzarse al mercado. Las estimaciones de tiempos de actividades (en semanas) se muestran en la tabla de abajo y se le pide que:

- ✓ Desarrolle un diagrama de nodos y determine la(s) ruta (s) crítica (s).
- ✓ ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto pueda finalizarse de tal manera que Landon Corporation pueda introducir el producto nuevo dentro de las siguientes 25 semanas? ¿Dentro de las siguientes 30 semanas?

Actividad	Precedente	Optimista	Más probable	Pesimista
A	-	3	4	5
B	-	3	3.5	7
C	B	4	5	6
D	A,C	2	3	4
E	B	6	10	14
F	B	7.5	8.5	12.5
G	E	4.5	6	7.5
H	E	5	6	13
I	D,G	2	2.5	6
J	F,H	4	5	6

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentarán en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- Administración de proyectos, Gray C.F. y Larson E.W., , editorial McGraw-Hill.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Administración de Proyectos: Análisis del método de reducción por ciclos y método SAM	PRÁCTICA NÚMERO	7
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
OFFICE WORD PARA HACER REPORTE	
HOJA DE CÁLCULO	
Programa WINQSB.	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el desarrollo y análisis de los modelos de redes aplicados a la administración de proyectos para la optimización de los recursos (humano, materia prima, económico, etc.) por medio del método de reducción por ciclos y método SAM (Siemens Aproximated Metod)

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de redes para el óptimo desarrollo de proyectos mediante la aplicación del método de reducción por ciclos y método SAM

3.- TEORÍA: Hemos concentrado la atención en los aspectos del tiempo de PERT – CPM y en que debe tenerse cuidado de satisfacer una fecha programada de terminación. No hemos analizado el costo de los recursos asociados con cumplir con una fecha específica de terminación, o de los costos que estarían relacionados con reducir el tiempo de terminación.

Muchas actividades de una red pueden reducirse, pero sólo aumentando los costos. La figura 1 es una representación gráfica de la relación entre el tiempo y el costo en un proyecto representativo. Cada punto de esta curva de intercambio de tiempo y costo representa un programa factible para el proyecto. Observe que existe un programa de tiempo mínimo así como también un programa de costo mínimo. Solo este programa y los que están sobre la curva y entre los dos puntos extremos son programas factibles.

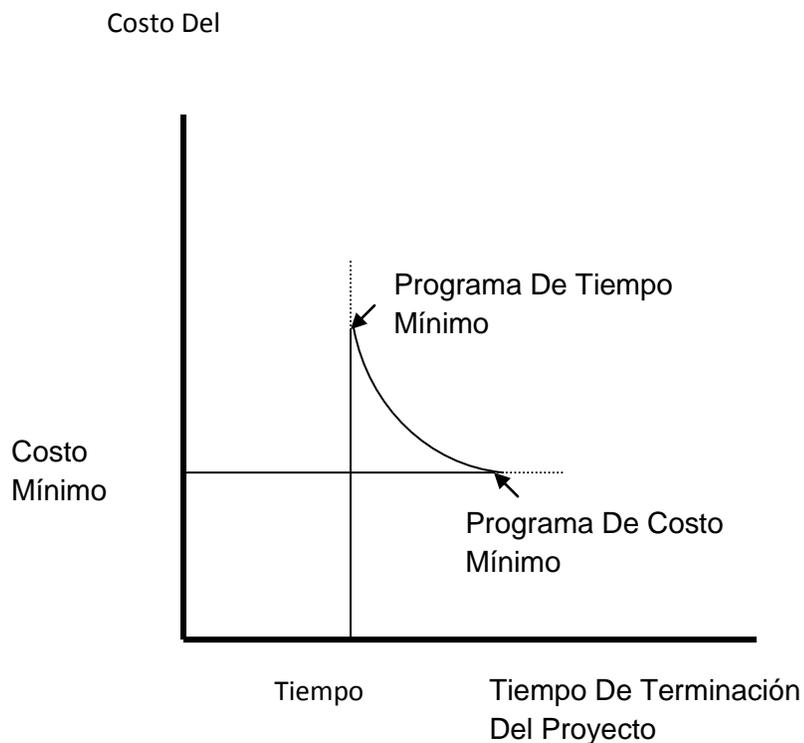


Figura 1. Curva de intercambio de tiempo y costo.

La reducción de los tiempos de las actividades (tiempo de urgencias o por reducción mínima) y el costo por dicha reducción es necesario saber:

1. El costo esperado asociado con cada tiempo esperado de actividad.
2. El tiempo más breve posible para cada actividad, si se aplica el máximo de recursos.
3. El costo esperado para la actividad y asociado con el tiempo más corto posible para ésta actividad. Se utiliza la siguiente notación para representar estos factores:

t_n = tiempo norma (esperado) para la actividad.

c_n = Costo asociado con el tiempo normal de la actividad.

t_c = Tiempo reducido: el menor tiempo posible para terminar la actividad (reducción máxima).

c_c = Costo de reducción: el costo asociado con el menor tiempo posible para la actividad (reducción máxima).

Las relaciones entre t_n , c_n , t_c , c_c se muestran en la figura 2.

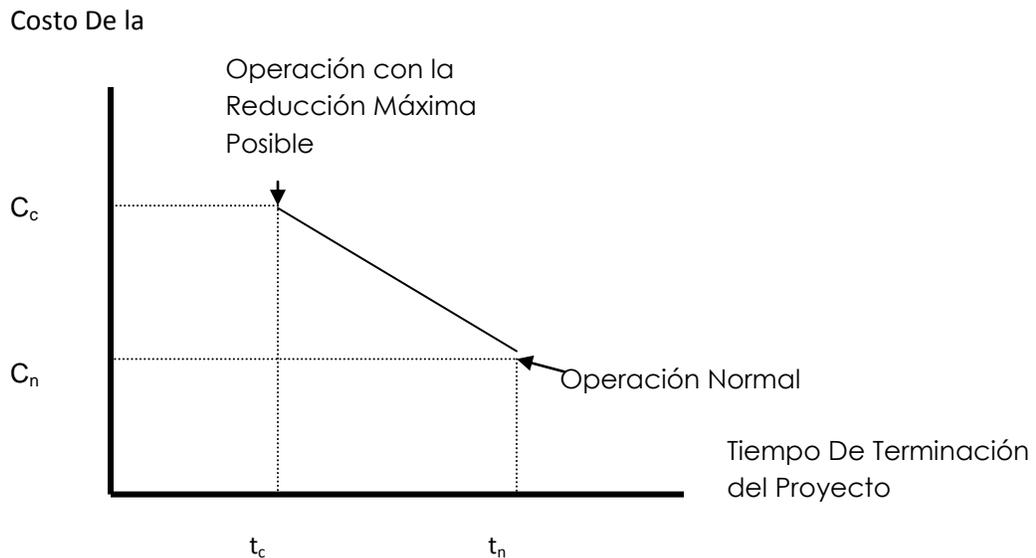


Figura 2. Relación entre los tiempos y los costos normales y reducidos para las actividades.

Haciendo este análisis se deben calcular dos factores:

1. La reducción máxima de tiempo para cada actividad que se expresa de la siguiente manera:

$$t_D = t_n - t_c$$

2. El costo de reducción por unidad de tiempo que se expresa como sigue:

$$S = \frac{\text{Costo}_{\text{emergencia}} - \text{Costo}_{\text{normal}}}{\text{Tiempo}_{\text{normal}} - \text{Tiempo}_{\text{emergencia}}}$$

Los métodos para hacer la reducción de tiempo – costo en los diagramas de redes PERT y CPM son los **Métodos de Reducción Por Ciclos y método SAM**.

4.- PROCEDIMIENTO:

Problema 1. La siguiente tabla proporciona los datos completos del tiempo normal y tiempo reducido, así como, los costos normales y reducidos para un proyecto de mantenimiento de dos máquinas consistente en cinco actividades. Debido a que la administración ha tenido considerable experiencia con proyectos similares, los tiempos para las actividades de mantenimiento se consideran conocidos.

ACTIVIDAD	TIEMPO (DÍAS)		COSTOS	
	NORMAL (Tn)	REDUCIDO (Tr)	NORMAL (Cn)	REDUCIDO (Cr)
A	7	4	\$ 500	\$ 800
B	3	2	200	350
C	6	4	500	900
D	3	1	200	500
E	2	1	300	550
		TOTALES	\$ 1700	\$ 3100

a) Elabore una red del proyecto con el tiempo normal y reducido.

- b) ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo esperado de terminación del proyecto con sus tiempos normales y reducidos?
- c) Calcule el posible acortamiento (P.A) de cada actividad.
- d) Calcule el costo de reducción mínimo o marginal (CRM) por actividad.
- e) ¿Cuál es el costo total del proyecto con el método de reducción por ciclos y el método SAM?
- f) Suponga que la empresa desea completar el proyecto en 9 días. ¿qué decisiones de reducción recomendaría para cumplir con el tiempo deseado con el menor costo posible?

Problema 2. Colonial State College está considerando construir un nuevo complejo atlético de usos múltiples en el campus. El complejo proporcionaría un nuevo gimnasio para los juegos de básquetbol intercolegiales, mayor espacio para oficinas, salones de clases e instalaciones intramuros. Las siguientes actividades tendrían que realizarse antes de que pueda comenzar la construcción.

- a) Elabore una red del proyecto con sus tiempos normales y reducidos.
- b) Identifique la ruta crítica para el tiempo normal y reducido.
- c) Presente los resultados finales del programa de actividades del proyecto.
- d) ¿Parece razonable que la construcción del complejo atlético pudiera comenzar un año después de la decisión de comenzar el proyecto con la investigación del sitio y los planes de diseño iniciales? ¿cuál es el tiempo esperado para completar el proyecto?
- e) Calcule el posible acortamiento (P.A) de cada actividad.
- f) Calcule el costo de reducción mínimo o marginal (CRM) por actividad.
- g) ¿Cuál es el costo total del proyecto usando los tiempos normales con el método de reducción por ciclos y el método SAM?

Actividad	Descripción	Predecesora inmediata
A	Investigar el sitio de construcción	Inicial
B	Elaborar el diseño inicial	A
C	Obtener aprobación del consejo	B
D	Seleccionar arquitecto	C,H
E	Establecer presupuesto	B
F	Finalizar el diseño	E
G	Obtener financiamiento	A
H	Contratar al director de obra	G

ACTIVIDAD	TIEMPO (DÍAS)		COSTOS	
	NORMAL	REDUCIDO	NORMAL	REDUCIDO
A	3	2	300	360
B	4	2	500	900

C	6	3	1000	1600
D	4	3	600	650
E	5	2	1200	1500
F	3	3	500	500
G	6	5	800	1050
H	3	2	900	1200
		TOTALES	5800	7760

Problema 3. Cabinets Unlimited es una compañía en la que se manufactura y ensambla todo tipo de gabinetes. Se va a manufacturar un nuevo gabinete, lo cual requiere las siguientes tareas mostradas en la tabla que se menciona en este problema, en el cual, se le pide lo siguiente:

- Elabore una red del proyecto con sus tiempos normales y reducidos.
- Identifique la ruta crítica para el tiempo normal y reducido.
- Presente los resultados finales del programa de actividades del proyecto.
- Calcule el posible acortamiento (P.A) de cada actividad.
- Calcule el costo de reducción mínimo o marginal (CRM) por actividad.
- ¿Cuál es el costo total del proyecto con el método de reducción por ciclos y el método SAM?

Actividad	Descripción	Predecesora inmediata
A	Preparar las ruedas	Inicial
B	Montar las ruedas	Inicial
C	Ensamblar los contactos	Inicial
D	Colocar la cubierta superior y Colocar la base	A
E	Insertar las ménsulas y repisas	C
F	Colocar las puertas	A
G	Colocar el panel posterior	B,D,E
H	Pintar la unidad	C

ACTIVIDAD	TIEMPO (DÍAS)		COSTOS		P.A.	CRM
	NORMAL	REDUCIDO	NORMAL	REDUCIDO		
A	4	3	100	200		
B	7	5	280	520		

C	3	2	50	100		
D	5	3	200	360		
E	2	2	160	160		
F	10	8	230	350		
G	7	5	200	480		
H	3	1	100	200		
		TOTALES	1320	2370		

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- Administración de proyectos, Gray C.F. y Larson E.W., , editorial McGraw-Hill.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS: ANÁLISIS DEL MÉTODO SHAFFER	PRÁCTICA NÚMERO	8
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
OFFICE WORD PARA HACER EL REPORTE	
HOJA DE CÁLCULO	
Programa WINQSB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el desarrollo y análisis de los modelos de redes y gráfica de barras aplicados a la administración de proyectos para la asignación óptima de los recursos (humano, materia prima, económico, etc.) por medio del método de Shaffer.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de redes y gráficas de barras para la asignación óptima en el desarrollo de proyectos mediante la aplicación del método Shaffer.

3.- TEORÍA: Hemos concentrado la atención en los aspectos del tiempo de PERT – CPM y en que debe tenerse cuidado de satisfacer una fecha programada de terminación. No hemos analizado la asignación de los recursos asociados con cada una de las actividades que se describen en un proyecto, por lo cual dentro de esta práctica el alumno conocerá el procedimiento y aplicación del método Shaffer para asignación óptima de los recursos.

4.- PROCEDIMIENTO:

Problema 1. Este ejercicio plantea el caso de obtener la asignación óptima o nivelar el recurso humano en cada una de las actividades de un proyecto para la construcción de una nave industrial, estas se muestran en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el número de operadores máximo es 12 por mes.

ACTIV.	DURACION (MESES)	PRECED.	OPERARIOS
A	6		3
B	8		4
C	4	A	2
D	8	A	4
E	6	A	3
F	10	A,B	3
G	6	B	4
H	4	B	1
I	10	G,H	3
J	12	C,D,E	3
		Máximo	12

- Elabore los diagramas de red para obtener los valores del TPT y TUI por cada iteración.
- ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo de terminación del proyecto por iteración?
- ¿Cuál es la asignación óptima del recurso humano por mes en este proyecto?
- ¿cuál es el programa óptimo de asignación por actividad/por mes?

Problema 2. Este ejercicio plantea el caso de obtener la asignación óptima en horas - hombre por cada una de las operaciones (actividad) dentro de un proceso industrial, la distribución por operación (actividad), la precedencia, la duración y las horas – hombre por operación se muestran en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el número de horas - hombre máximas son 350 horas por día

- Elabore los diagramas de red para obtener los valores del TPT y TUI por cada iteración.
- ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo de terminación del proyecto por iteración? Analice.
- ¿Cuál es la asignación óptima de las horas hombre por día en este proyecto?
- ¿Cuál es el programa óptimo de asignación por día?
- Si las horas – hombre disminuyera a 250 horas como máximo por día ¿cuál es el efecto en el tiempo del proyecto por iteración y la asignación de las horas – hombre por operación?

ACTIVIDAD	PRECEDENCIA	DIAS	HORAS/HOMBRE
A		5	110
B		6	100
C		4	50
D	A,B	12	200
E	B	8	150
F	B	7	200
G	C,F	6	100
H	B	9	150
I	E,H	7	100
J	E,H	10	100
K	C,D,F,J	8	100
L	K	5	150
RECURSO MAXIMO			350

Problema 3. Este caso plantea hacer la asignación óptima de recurso material en una línea de producción que procesa muebles para el hogar. Los materiales son sierras para cortar la madera y cepillos para tallar madera. La distribución por actividad, la precedencia, la duración (días) y las horas – hombre por actividad se muestran en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el número de sierras y cepillos máximos son 10 y 5 por día respectivamente.

- Elabore los diagramas de red y de Gantt para obtener los valores del TPT y TUI por cada iteración.

- b) ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo de terminación del proyecto por iteración? Analice.
- c) ¿Cuál es la asignación óptima de sierras y cepillos por día en este proyecto?
- d) ¿Cuál es el programa óptimo de asignación por actividad/por día?

ACTIVIDAD	PRECEDENCIA	DIAS	SIERRAS	CEPILLOS
A		4	9	3
B		2	3	4
C		2	6	2
D		2	4	1
E	B	3	8	2
F	C	2	7	3
G	D,F	3	2	4
H	E,G	4	1	3
RECURSO MAXIMO			10	5

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentarán en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.

- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- Administración de proyectos, Gray C.F. y Larson E.W., , editorial McGraw-Hill.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	TEORÍA DE COLAS O LÍNEAS DE ESPERA: ANÁLISIS DE MODELOS M/M/1	PRÁCTICA NÚMERO	9
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
WORD PARA HACER EL REPORTE	
HOJA DE CÁLCULO	
programa WINQSB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: El origen de la teoría de colas está en el esfuerzo de Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 – 1929) en 1909 analiza el congestionamiento de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones acabaron en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión: llegada – partida.

Conceptos básicos para este tipo de estudios son: qué es una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre los costos del sistema y los tiempos promedios de la línea de espera para un sistema dado.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene horario fijo. Así que, en esta práctica se muestran el planteamiento y análisis de

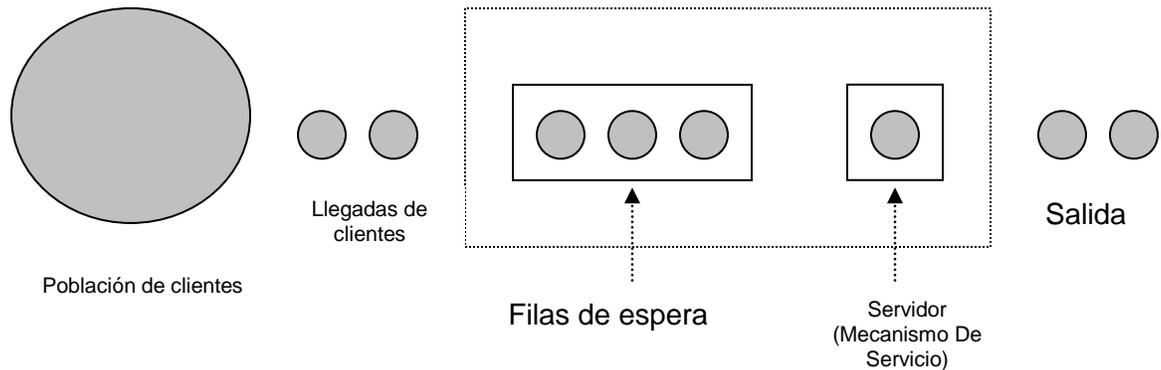
2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno conocerá y aplicará los conceptos básicos sobre los modelos de líneas de espera M/M/1 en el sector productivo con ética profesional, responsabilidad, sentido crítico, respeto y con fundamento en su toma de decisiones, todo ello para el mejoramiento continuo de los procesos productivos.

3.- TEORÍA: La línea de espera, en su concepto más simple, se forma por la llegada aleatoria de clientes que entran a un establecimiento a recibir un servicio proporcionado por un servidor. La naturaleza de los clientes, el establecimiento y los servicios varían con la organización de que se trate (Prawda, 1993).

Teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor” el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera. (Serra, 2000)

Sistema de colas es el sistema en el que los productos (o los clientes) llegan a una estación de trabajo, esperan en una fila (o cola), obtienen algún tipo de servicio y luego salen del sistema (Mathur – Solow, 1996).

Componentes De Un Sistema De Colas.



Conceptos Básicos.

Clientes: Término usado en un sistema de colas para referirse a:

- ✓ Gente esperando líneas telefónicas desocupadas.
- ✓ Maquinas que esperan ser reparadas.
- ✓ Aviones esperando aterrizar.

Instalaciones de servicio: Se refiere a:

- ✓ Líneas telefónicas.
- ✓ Talleres de reparación.
- ✓ Pistas de aeropuerto.

Llegadas: Es el número de clientes que llegan a las instalaciones de servicio.

Tasa de servicio: Este término se usa para designar la capacidad de servicio, por ejemplo:

- ✓ Un sistema telefónico entre dos ciudades puede manejar 90 llamadas por minuto.
- ✓ Una instalación de reparación en promedio puede reparar máquinas a razón de una cada 8 horas.
- ✓ Una pista de aeropuerto en la que aterrizan dos aviones por minuto.

Número de servidores de servicio: Es la cantidad de servidores de que disponemos:

- ✓ Número de conmutadores telefónicos.
- ✓ Número de puestos de reparación.
- ✓ Número de pistas de aterrizaje de un aeropuerto.

4.- PROCEDIMIENTO:

Solución a problemas o casos de estudio de modelos M/M/1.

Problema 1. Una empresa bancaria estudia la posibilidad de instalar una ventanilla de autobanco para atender a sus clientes. La gerencia calcula que los clientes llegaron a una tasa de 15 por hora. El cajero que estará en la ventanilla puede atender a los clientes a una tasa de 1 cada 3 minutos. Suponiendo llegadas poisson y servicios exponenciales. Determine:

- a). El factor de utilización.
- b). El número promedio de clientes en la fila de espera.
- c). El número promedio de clientes en el sistema.
- d). El tiempo promedio de espera en la fila.
- e). El tiempo promedio de espera en el sistema.

Problema 2. Los estudiantes llegan a la oficina de los servicios administrativos, con una tasa promedio de 1 cada 15 minutos y el procesamiento de sus solicitudes toma 10 minutos en promedio. En la actualidad solo una persona atiende el mostrador de servicios, 8 horas diarias. Suponga llegadas poisson y tiempo de servicios exponenciales.

- a). Que porcentaje de tiempo está ocioso y atiende el mostrador?
- b). Cuánto tiempo en promedio pasa un estudiante esperando en la fila?
- c). Que tan larga es la fila de espera en promedio?
- d). Que probabilidad existe de que haya exactamente 5 estudiantes en el sistema?

Problema 3. En el mostrador de libros de la principal biblioteca de la universidad de Hard Knocks llegan estudiantes al azar (los colores de la escuela son negro y azul). En el mostrador de salida deben abrir cualesquier bolsas, portafolios, etc., que traigan para que el dependiente verifique sino hay robos de libros, revistas o documentos. El tiempo que se requiere para hacer esta verificación es de duración aleatoria debido al diferente número de libros y bolsas que los estudiantes llevan. Se ha determinado que la tasa promedio de llegadas es de 20 estudiantes por hora y que el tiempo promedio para realizar la revisión que las bolsas es de un minuto.

- a). Qué valores tiene λ y μ para este problema?

- b). Cuál es el factor de utilización?
- c). Qué tiempo le llevará a un estudiante promedio pasar por la revisión de bolsas?
- d). En promedio, cuántos estudiantes se encuentran esperando en la fila en cualquier momento?
- e). Durante qué fracción de tiempo esta libre el empleado que revisa las bolsas para poder dedicarse a estudiar?

Problema 4. El autocinema Cinemark tiene 3 taquillas, cada una de las cuales atiende una fila de clientes. Los automóviles llegan al autocinema a una tasa total de 90 automóviles por hora y cada taquilla puede atender 40 automóviles por hora. Tanto las llegadas como los servicios son por completo aleatorias. Con base en esta información responda las siguientes preguntas:

- a). Qué tipo de situación de líneas de espera es?
- b). Cuál es la probabilidad de que, si consideramos una sola de las taquillas, se encuentren desocupada?
- c). Cuál es la probabilidad de que se este atendiendo o haya 3 automóviles esperando en la fila?
- d). Cuál es el número promedio de automóviles en el sistema de líneas de espera de cada una de las taquillas esperando y siendo atendidas? 3 automóviles por taquilla.
- e). Cuál es el tiempo promedio que un automóvil espera antes de llegar a la taquilla?
- f). Si el autocinema decide utilizar una sola fila para la venta de todos los boletos en las 3 taquillas, que características de operación esperara usted que cambiara más y porqué?

Problema 5. Quick Lube Inc. es un taller de cambio rápido de lubricantes y aceites. Que en un día típico, los clientes llegan a una tasa de 3 por hora y los trabajos de lubricación se realizan a una tasa promedio de un cliente cada 15 minutos. Los mecánicos trabajan en equipo en un automóvil a la vez. Suponiendo llegadas poisson y un servicio exponencial, determine:

- a). La utilización del equipo de lubricación.
- b). El número promedio de automóviles en la fila.

- c). El tiempo promedio que aguarda un automóvil antes de ser lubricado.
- d). El tiempo total que toma pasar por todo el sistema (es decir, la espera en la fila más el tiempo de lubricación).

Problema 6. La empresa C.G.E.C. tiene un representante en un centro de servicio para atender las preguntas de los clientes, el número de llamadas telefónicas que llegan al centro sigue una distribución de poisson con una tasa promedio de 10 por hora, el tiempo necesario para responder a cada llamada sigue una distribución exponencial con un promedio de 4 minutos. Utilice la relación entre las distribuciones de poisson y exponenciales para responder a las siguientes preguntas:

- a). Cuál es el tiempo promedio de llamadas que llegan?
- b). Cuál es el número promedio de llamadas que un representante puede atender durante 1 hora?
- c). Cuál es la probabilidad de que haya más de 5 llamadas en 1 hora?

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.

- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	TEORÍA DE COLAS O LÍNEAS DE ESPERA: ANÁLISIS DE MODELOS M/M/S	PRÁCTICA NÚMERO	10
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	12/08/11

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1
	1

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
OFFICE WORD PARA EL REPORTE	
HOJA DE CÁLCULO	
PROGRAMA WINQSB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN IOSRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: El origen de la teoría de colas está en el esfuerzo de Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 – 1929) en 1909 analiza el congestionamiento de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones acabaron en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión: llegada – partida.

Conceptos básicos para este tipo de estudios son: qué es una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre los costos del sistema y los tiempos promedios de la línea de espera para un sistema dado.

El problema es determinar que capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene horario fijo. Así que, en esta práctica se muestran el planteamiento y análisis de

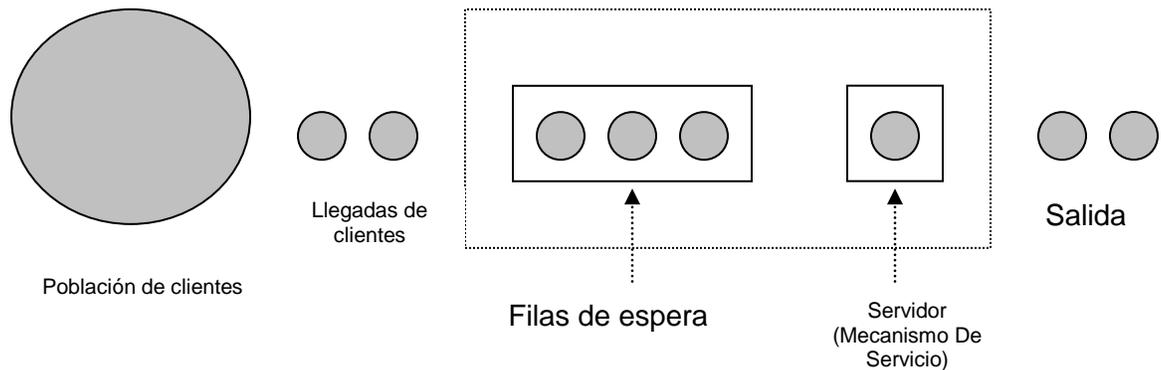
2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno conocerá y aplicará los conceptos básicos sobre los modelos de líneas de espera M/M/S en el sector productivo con ética profesional, responsabilidad, sentido crítico, respeto y con fundamento en su toma de decisiones, todo ello para el mejoramiento continuo de los procesos productivos.

3.- TEORÍA: La línea de espera, en su concepto más simple, se forma por la llegada aleatoria de clientes que entran a un establecimiento a recibir un servicio proporcionado por un servidor. La naturaleza de los clientes, el establecimiento y los servicios varían con la organización de que se trate. (Prawda, 1993)

Teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor” el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera. (Serra, 2000)

Sistema de colas es el sistema en el que los productos (o los clientes) llegan a una estación de trabajo, esperan en una fila (o cola), obtienen algún tipo de servicio y luego salen del sistema. (Mathur – Solow, 1996)

Componentes De Un Sistema De Colas.



Conceptos Básicos.

Clientes: Término usado en un sistema de colas para referirse a:

- ✓ Gente esperando líneas telefónicas desocupadas.
- ✓ Maquinas que esperan ser reparadas.
- ✓ Aviones esperando aterrizar.

Instalaciones de servicio: Se refiere a:

- ✓ Líneas telefónicas.
- ✓ Talleres de reparación.
- ✓ Pistas de aeropuerto.

Llegadas: Es el número de clientes que llegan a las instalaciones de servicio.

Tasa de servicio: Este término se usa para designar la capacidad de servicio, por ejemplo:

- ✓ Un sistema telefónico entre dos ciudades puede manejar 90 llamadas por minuto.
- ✓ Una instalación de reparación en promedio puede reparar máquinas a razón de una cada 8 horas.
- ✓ Una pista de aeropuerto en la que aterrizan dos aviones por minuto.

Número de servidores de servicio: Es la cantidad de servidores de que disponemos:

- ✓ Número de conmutadores telefónicos.
- ✓ Número de puestos de reparación.
- ✓ Número de pistas de aterrizaje de un aeropuerto.

Análisis para **Una Cola Servidores Múltiples M/M/s**, con llegada de proceso Poisson y el proceso de servicio con distribución exponencial.

- ✓ Una población de clientes infinita.

- ✓ Un proceso de llegada en el que los clientes se presentan de acuerdo a un proceso de Poisson con una tasa promedio de λ clientes por unidad de tiempo.
- ✓ Un proceso de colas que consiste en una sola fila de espera de capacidad infinita, con una disciplina de colas de primero que entra, primero que sale.
- ✓ Un proceso de servicio que consiste en "**s**" servidores idénticos, cada uno de los cuales atiende a los clientes de acuerdo con una distribución exponencial, con una cantidad promedio, μ , de clientes por unidad de tiempo.

Este sistema es distinto al sistema M/M/1 ya que nos permite tener "s" servidores en un lugar de sólo uno. Para que un sistema M/M/s alcance una condición de estado estable, la tasa total promedio de servicio, $s*\mu$, debe ser estrictamente mayor que la tasa promedio de llegadas, λ . Si éste no fuera el caso, la cola del sistema continuaría creciendo debido a que, en promedio y por unidad de tiempo, llegarían más clientes que los que pueden ser atendidos.

Modelo M/G/s

En todos los sistemas de colas analizados hasta este punto, el tiempo de servicio se supone que sigue una distribución exponencial con una tasa de servicio media conocida de μ . En algunos modelos, sin embargo, esta suposición puede ser no válida. Un ejemplo extremo es cuando el tiempo de servicio es determinístico, esto es, cuando cada cliente requiere la misma cantidad conocida de tiempo de servicio (como en el caso de una línea de ensamblaje con un ciclo de tiempo fijo). Incluso cuando el tiempo de servicio es probabilístico, usted puede no conocer su distribución o ésta puede no ser exponencial. En tales casos, se puede utilizar un análisis de colas apropiado mediante la identificación del proceso de servicio como "general" (G).

Características clave.

Para obtener medidas de rendimiento en cuanto a tales sistemas, además de la tasa llegada promedio de λ , usted debe estimar:

- ✓ La cantidad promedio de tiempo por servicio.
- ✓ La desviación estándar del tiempo de servicio, que proporciona una medida de su variabilidad. (observe que una $\sigma = 0$ corresponde a un tiempo de servicio determinísticos)

4.- PROCEDIMIENTO: Se presentan los casos de estudio de modelos M/M/S.

Problema 1. La compañía Ohio Turnpike Corporation (OTC), tiene un número de estaciones para el pesado de camiones a lo largo de la autopista de cuota de Ohio, para verificar que el peso de los vehículos cumple con las regulaciones federales. La administración de OTC está considerando mejorar la calidad del servicio en sus estaciones de pesado y ha seleccionado una de las instalaciones como modelo a estudiar (dos estaciones), antes de instrumentar los cambios la administración desea analizar y atender el desempeño del sistema actual durante horas pico, cuando llega a la báscula el mayor número de camiones, suponiendo que el sistema puede desempeñarse bien durante este período, el servicio en cualquier otro momento será a un mejor. Gerente de operaciones siente que el sistema actual cumple con las condiciones de un modelo $M/M/S$. El siguiente paso es estimar las tasas promedio de llegada y de servicio en dicha estación. De los datos disponibles, suponga que la gerencia determina que los valores son:

$S = 2$ Servidores.

$\lambda =$ Número promedio de camiones que llegan por hora (70).

$\mu =$ Número promedio de camiones que pueden ser pesados por hora (40).

Calcular: $\rho, P_0, L_q, W_q, L, W, P_w, P_n$.

Problema 2. El sistema de G.B.T. consta de cuatro canales de servicio, todos ellos con tasa de servicio de ocho clientes por hora. La tasa de llegada es de 26 clientes por hora, por ello calcule los parámetros de rendimiento ($\rho, P_0, L_q, W_q, L, W, P_w, P_n$).

Problema 3. Existe un modelo $M/M/S$ con cinco canales de servicio con tasas promedio de servicio de seis y con tasas de llegada de 24 unidades por hora. Calcular: $\rho, P_0, L_q, W_q, L, W, P_w, P_n$.

Problema 4. Dos compañías de taxis atienden a una comunidad. Cada empresa posee dos taxis y se sabe que ambas compañías comparten el mercado casi igualmente, esto es evidente por el hecho de que las llamadas llegan a una tasa de ocho por hora. El tiempo por viaje es de doce minutos, las llamadas llegan de acuerdo a una distribución de poisson y el tiempo de viaje es exponencial. Recientemente las dos compañías fueron compradas por unos inversionistas que está interesado en consolidarlas en una sola oficina despachadores para proporcionar un servicio más rápido a los clientes. Calcular: $\rho, P_0, L_q, W_q, L, W, P_w, P_n$.

Problema 5. Una oficina de correos tiene dos ventanillas abiertas. Los clientes llegan de acuerdo con una distribución de poisson de uno cada tres minutos, sin embargo, solo el 80% de estos buscan servicio en las ventanillas. El tiempo de servicio por cliente es exponencial, con una medida de cinco minutos. Todos los clientes que llegan forman una cola y se acercan a una ventanilla disponible sobre una base PEPS. Calcular: ρ , P_0 , L_q , W_q , L , W , P_w , P_n .

Problema 6. Un restaurante de comida rápida McBurger tiene tres cajeros, los clientes llegan de acuerdo a una distribución de poisson cada tres minutos y forman una línea para recibir el servicio del primer cajero disponible. Toma cerca de cinco minutos, distribuciones de forma exponencial llenar un pedido. La sala de espera es limitada, sin embargo, la comida es buena. Calcular: ρ , P_0 , L_q , W_q , L , W , P_w , P_n .

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

NOMBRE DE LA MATERIA	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	CLAVE	9017
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	ANÁLISIS DE MODELOS M/M/S CON COSTOS	PRÁCTICA NÚMERO	11
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2007-1
NOMBRE DEL PROFESOR/A	M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	FECHA	09/08/11

REQUERIMIENTOS PARA REALIZACION DE PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LABORATORIOS DE LA FIE

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
COMPUTADORA	1
CALCULADORA	1

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD

SOFTWARE REQUERIDO	
Programa de simulación WINQSB	
PROCESADOR DE TEXTOS PARA HACER EL REPORTE	
HOJA DE CÁLCULO	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO
M.C. JESUS EVERARDO OLGUÍN TIZNADO	M.C. JULIÁN ISRAEL AGUILAR DUQUE

1.- INTRODUCCIÓN: El origen de la teoría de colas está en el esfuerzo de Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 – 1929) en 1909 analiza el congestionamiento de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones acabaron en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión: llegada – partida.

Conceptos básicos para este tipo de estudios son: qué es una cola es una línea de espera y *la teoría de colas* es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre los costos del sistema y los tiempos promedios de la línea de espera para un sistema dado.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene horario fijo. Así que, en esta práctica se muestran el planteamiento y análisis de

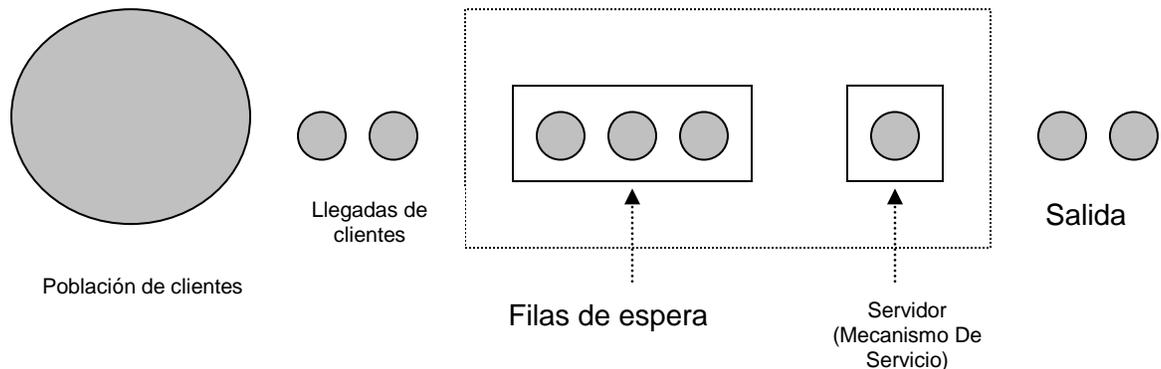
2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): El alumno conocerá y aplicará los conceptos básicos sobre los modelos de líneas de espera M/M/S en el sector productivo introduciendo la variable de costos. La competencia se alcanzará con ética profesional, responsabilidad, sentido crítico, respeto y con fundamento en su toma de decisiones, todo ello para el mejoramiento continuo de los procesos productivos.

3.- TEORÍA: La línea de espera, en su concepto más simple, *se forma por la llegada aleatoria de clientes que entran a un establecimiento a recibir un servicio proporcionado por un servidor.* La naturaleza de los clientes, el establecimiento y los servicios varían con la organización de que se trate. (Prawda, 1993)

Teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. *Estas se presentan cuando “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor” el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera.* (Serra, 2000)

Sistema de colas es el sistema en el que los productos (o los clientes) llegan a una estación de trabajo, esperan en una fila (o cola), obtienen algún tipo de servicio y luego salen del sistema. (Mathur – Solow, 1996)

Componentes De Un Sistema De Colas.



Conceptos Básicos.

Clientes: Término usado en un sistema de colas para referirse a:

- ✓ Gente esperando líneas telefónicas desocupadas.
- ✓ Maquinas que esperan ser reparadas.
- ✓ Aviones esperando aterrizar.

Instalaciones de servicio: Se refiere a:

- ✓ Líneas telefónicas.
- ✓ Talleres de reparación.
- ✓ Pistas de aeropuerto.

Llegadas: Es el número de clientes que llegan a las instalaciones de servicio.

Tasa de servicio: Este término se usa para designar la capacidad de servicio, por ejemplo:

- ✓ Un sistema telefónico entre dos ciudades puede manejar 90 llamadas por minuto.
- ✓ Una instalación de reparación en promedio puede reparar máquinas a razón de una cada 8 horas.
- ✓ Una pista de aeropuerto en la que aterrizan dos aviones por minuto.

Número de servidores de servicio: Es la cantidad de servidores de que disponemos:

- ✓ Número de conmutadores telefónicos.
- ✓ Número de puestos de reparación.
- ✓ Número de pistas de aterrizaje de un aeropuerto.

Análisis Económico De Los Modelos De Cola.

Para evaluar un sistema de colas en el que usted controla el número de servidores o su tasa de servicio, se necesitan las siguientes estimaciones de costos y medidas de rendimiento:

- ✓ El costo por servidor por unidad de tiempo (C_s).
- ✓ El costo por unidad de tiempo por cliente esperando en el sistema (C_w).
- ✓ El número promedio de clientes en el sistema (L).

planta tiene un gran número de máquinas que con frecuencia se las regresan por algún desperfecto. Estas máquinas son examinadas y reparadas basándose en el procedimiento de la primera en entrar, primera en ser revisada, por uno de los siete miembros del personal de chequeo y reparación. Durante varios recorridos, el gerente de informática ha observado que, en promedio, aproximadamente de 10 a 12 computadoras salen defectuosas en cualquier momento debido a que hay defectos en el software utilizando. El gerente sabe que contratar personal de reparaciones adicional bajaría el número de computadoras defectuosas, lo cual traería como consecuencia una disminución en computadoras rechazadas, pero no sabe a cuantas personas más debería contratar. Como asesor de operaciones, se le ha mandado llamar para que ayude a determinar dicho número.

La aparición de computadoras defectuosas puede ser aproximada por un proceso de llegadas de Poisson a una tasa promedio de 25 por hora. Cada computadora defectuosa requiere una cantidad aleatoria de tiempo para su chequeo y reparación, que puede ser aproximada por una distribución exponencial con un tiempo promedio de servicio de 15 minutos.

Suponga que el departamento de contabilidad le informa que cada reparador le cuesta a la compañía \$50 dls. Por hora, incluyendo impuestos, prestaciones, etc. Además, estima que la compañía pierde \$100 dls. Por cada hora que una máquina esté fuera de operación. Calcule el costo total para cada uno de los tamaños de personal (donde para un personal de siete reparadores, el L es 12.0973).

Calcule las medidas de rendimiento siguientes:

- a) El factor de utilización
- b) El número promedio de clientes en la fila de espera
- c) El número promedio de clientes en el sistema
- d) El tiempo promedio de espera en la fila
- e) El tiempo promedio de espera en el sistema
- f) Como analista de líneas de espera cuál es su conclusión.

Problema 2. La compañía arrendadora de automóviles U-Drive-em opera su propia instalación de lavado y limpieza de automóviles para prepararlos para su renta. Los automóviles llegan a las instalaciones de limpieza en forma aleatoria a una tasa de 5 por día. La compañía arrendadora ha determinado que los automóviles pueden limpiarse a un ritmo de $2n$ por día, en donde n es el número de personas que trabajan en un automóvil. Por ejemplo, si se encuentran 4 personas trabajando la tasa de lavado es de 8 automóviles por día. Se ha determinado que este procedimiento de lavado se ajusta a la distribución exponencial negativa. La compañía le paga a sus trabajadores \$30 por día y ha determinado que el costo por un automóvil que no este disponible para rentarlo es de \$25 por día.

- a. calcule el número de empleados que deben contratarse en la instalación de lavado, para que produzca el menor costo.
- b. Calcule las características de operación L, L_q, W y W_q para el número de empleados que eligió.

Problema 3. La Ozella Fish Company utiliza sus propios botes camaroneros para pescar camarón y después lo empaca para enviarlos a otras partes. Cuando estos botes llegan durante la temporada, hay que descargarlos tan rápido como sea posible para que puedan volver al mar. El gerente de producción de la Ozella Fish Company estima que el costo de que un bote camaronero permanezca detenido es \$50 por hora (esto incluye los salarios al igual que el tiempo perdido de pesca). Los trabajadores que descargan los botes ganan \$8 por hora ya sea que estén trabajando o no. si el patrón de llegadas para los botes camaroneros es aleatorio y el tiempo de descarga también lo es, ¿cuál es el numero de trabajadores que la Ozella debe utilizar para descargar los botes y que produzca el menor costo total? Los botes camaroneros llegan a una tasa promedio de uno por hora y cada trabajador puede descargar medio bote por hora.

Problema 4. La compañía arrendadora U-Drive-'em (problema 1) está considerando añadir un taller de lavado para incrementar su negocio. La nueva tasa de llegadas es de 8 automóviles por día, en tanto que la tasa de lavado para cada taller será de $2n$, en donde n = número de empleados en cada taller. La compañía ha determinado que el costo adicional de las nuevas instalaciones es \$50 diarios.

- a. bajo estas nuevas condiciones, determínese si la compañía U-Drive-'em debe añadir la instalación adicional o no.
- b. calcule las características de operación ($\rho, P_0, L_q, W_q, L, W, P_w$) para el plan que determine usted que tiene el menor costo.

CÁLCULOS Y REPORTE: Los cálculos y el reporte se presentarán en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.