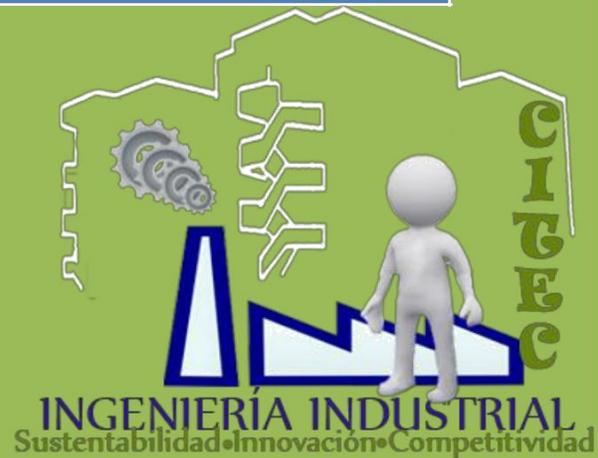




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

# Manual de Laboratorio de Investigación de Operaciones

**PROGRAMA EDUCATIVO DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Realizado por:**

**Maestros:**

Yuridia Vega  
Manuel Rosel Solís  
Miriam Siqueiros

**Alumna:**

Tam Iribarren Sessa Nereu



**ECITEC**  
Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

# Universidad Autónoma de Baja California

## ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA

### UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

#### **PROPÓSITO GENERAL DEL CURSO**

"La Investigación de Operaciones utiliza el enfoque planeado (método científico) a fin de representar las complicadas relaciones funcionales como modelos matemáticos para suministrar una base cuantitativa para la toma de decisiones."

La presente asignatura abarca el estudio de modelos determinísticos y probabilísticos de Investigación de Operaciones, o actualmente también se conoce como modelos cuantitativos para administración. El énfasis de la asignatura es desarrollar la habilidad de abstraer, analizar, plantear, resolver, sintetizar información y presentar, mediante el uso de modelos cuantitativos y técnicas de cómputo, propuestas de mejoras a un problema o sistema existente. Investigación de Operaciones I se ubica en la etapa disciplinaria y corresponde al área de ciencias de ingeniería, para cursarla es indispensable acreditar el curso de Estadística Industrial, así mismo la asignatura retoma los principios y técnicas aprendidos de Metodología de la Investigación y Contabilidad y Costos.

#### **COMPETENCIA GENERAL DEL CURSO**

Plantear, resolver y analizar problemas de programación lineal, mediante la construcción eficiente de modelos cuantitativos y su resolución por diferentes técnicas matemáticas, para optimizar las metas de rendimiento de distintos sistemas de producción.



**ECITEC**  
Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Universidad Autónoma de Baja California**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

<b>NOMBRE DE LA MATERIA</b>	<b>INVESTIGACION DE OPERACIONES</b>	<b>CLAVE</b>	<b>9013</b>
<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>INTRODUCCION AL PROGRAMA WINQSB</b>	<b>PRÁCTICA NÚMERO</b>	<b>1</b>
<b>PROGRAMA EDUCATIVO</b>	<b>INGENIERO INDUSTRIAL</b>	<b>PLAN DE ESTUDIO</b>	<b>20092</b>
<b>NOMBRE DEL PROFESOR/A</b>	<b>YURIDIA VEGA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>CÓMPUTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>04/06/16</b>

<b>EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Computadora	1 por alumno

<b>SOFTWARE REQUERIDO</b>	
Herramienta Solver de Excel	
software WINQSB	
<b>OBSERVACIONES-COMENTARIOS</b>	
<b>NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR</b>	<b>NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO</b>



## **1.- INTRODUCCIÓN:**

Esta práctica presentará un panorama general del manejo y uso del software WINQSB para el análisis de resultados de un modelo de programación lineal continuo.

## **2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):**

Identificar los elementos básicos en el manejo y uso del software WINQSB para el planteamiento de problemas por medio de la programación lineal continua (PLC).

## **3.- TEORÍA:**

Introducción al programa WinQSB

WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. Entre ellos destacaremos los siguientes:

**1.- Linear programming (LP) and integer linear programming (ILP):** este módulo incluye los programas necesarios para resolver el problema de programación lineal gráficamente o utilizando el algoritmo del Simplex; también permite resolver los problemas de programación lineal entera utilizando el procedimiento de Ramificación y Acotación (Branch&Bound).

**2. - Linear goal programming (GP) and integer linear goal programming (IGP):** resuelve modelos de programación multiobjetivo con restricciones lineales.

**3.- Quadratic programming (QP) and integer quadratic programming (IQP):** resuelve el problema de programación cuadrática, es decir, problemas con función objetivo cuadrática y restricciones lineales. Utiliza un método Simplex adaptado. Los modelos de IQP los resuelve utilizando algoritmos de ramificación y acotación.

**3.- Network modeling (NET):** incluye programas específicos para resolver el problema del transbordo, el problema del transporte, el de asignación, el problema del camino más corto, flujo máximo, árbol generador, y problema del agente viajero.

**4.- Nonlinear programming (NLP):** permite resolver problemas no lineales irrestringidos utilizando métodos de búsqueda lineal, y problemas no lineales con restricciones utilizando el método SUMT (función objetivo con penalizaciones sobre el incumplimiento de las restricciones).



**5.- PERT/CPM:** módulo de gestión de proyectos en los que hay que realizar varias actividades con relaciones de precedencia.

A cada uno de estos módulos se accede directamente desde la entrada a WinQSB en el menú principal, seleccionando respectivamente las siguientes opciones del menú:

**a. Linear and Integer Programming**

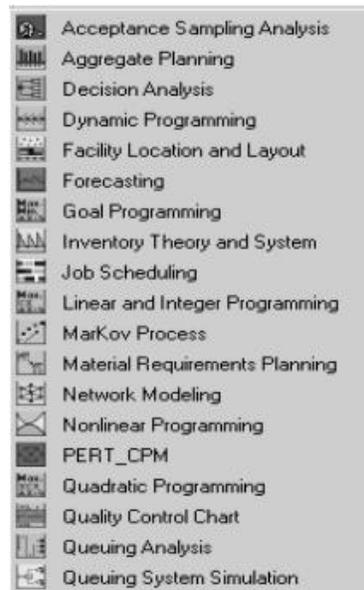
**b. Goal Programming**

**c. Quadratic Programming**

**d. Network Modeling**

**e. Nonlinear Programming**

**f. PERT\_CPM**



**WinQSB** utiliza los mecanismos típicos de la interface de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc. Por lo tanto el manejo del programa es similar a cualquier otro que utilice el entorno Windows.

Al acceder a cualquiera de los módulos se abre una ventana en la que debemos elegir entre crear un nuevo problema (**File > New Problem**) o leer uno ya creado (**File > Load Problem**). Las extensiones de los ficheros con los modelos las pone el programa por default, por lo tanto solamente debemos preocuparnos del nombre, que no deberá tener más de 8 caracteres.

Todos los módulos del programa tienen en común los siguientes menús desplegables:



- a. File:** incluye las opciones típicas de este tipo de menús en Windows, es decir, permite crear y salvar ficheros con nuevos problemas, leer otros ya existentes o imprimirlos.
- b. Edit:** incluye las utilidades típicas para editar problemas, copiar, pegar, cortar o deshacer cambios. También permite cambiar los nombres de los problemas, las variables, y las restricciones. Facilita la eliminación o adición de variables y/o restricciones, y permite cambiar el sentido de la optimización.
- c. Format:** incluye las opciones necesarias para cambiar la apariencia de las ventanas, colores, fuentes, alineación, anchura de celdas, etc.
- d. Solve and Analyze:** esta opción incluye al menos dos comandos, uno para resolver el problema y otro para resolverlo siguiendo los pasos del algoritmo.
- e. Results:** incluye las opciones para ver las soluciones del problema y realizar si procede distintos análisis de la misma.
- f. Utilities:** este menú permite acceder a una calculadora, a un reloj y a un editor de gráficas sencillas.
  
- g. Window:** permite navegar por las distintas ventanas que van apareciendo al operar con el programa.
- h. WinQSB:** incluye las opciones necesarias para acceder a otro módulo del programa.
- i. Help:** permite acceder a la ayuda on-line sobre la utilización del programa o las técnicas utilizadas para resolver los distintos modelos. Proporciona información sobre cada una de las ventanas en la que nos encontremos.

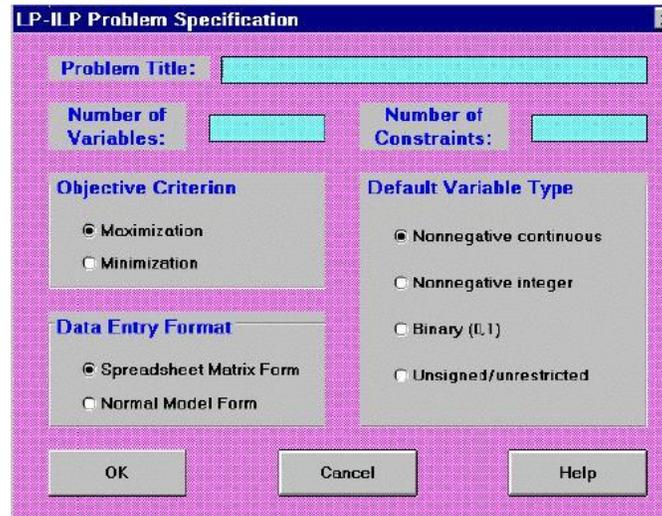
Módulo: Linear Programming and Integer Linear Programming

### **1.- introducir el problema**

Para acceder a este módulo y crear nuestro propio modelo debemos seguir la siguiente secuencia:

**WinQSB > Linear and Integer Programming > File > New Problem**

Aparecerá entonces la siguiente ventana:



A continuación se describirán cada una de las casillas de esta ventana:

**Título del problema (Problem Title):** Se escribe el título con que identificamos el problema.

**Número de variables (Number of Variables):** Se escribe la cantidad de variables con que cuenta el sistema en el modelo original.

**Número de restricciones (Number of Constraints):** Se anotan la cantidad de restricciones con que cuenta el modelo (no se debe contar la restricción de no negatividad).

**Objetivo (Objective Criterion):** Los problemas de programación lineal y entera se clasifican en dos: problemas de Maximización (Maximization) y **Minimización (Minimization):** Formato de entrada de datos (Data Entry Format): Permite elegir entre dos plantillas distintas para introducir los datos del modelo. La primera alternativa se asemeja a una hoja de calcula, mientras que la segunda, es una plantilla diseñada especialmente para este fin.

**Tipo de variable (Default Variable Type):** En esta parte se indica las características del modelo:

- **Continuas no negativas (Nonnegative continuous):** Indica que el modelo lo componen variables continuas no negativas (iguales o mayores a cero).
- **Enteras no negativas (Nonnegative Integer):** Variables enteras no negativas.
- **Binarias (Binary):** Variables cuyo valor solo serán 0 o 1.
- **Sin asignar / Irrestringidas (Unsigned/unrestricted):** Variables irrestringidas.



A continuación podemos introducir los datos del modelo. Para poner cotas a las variables debemos utilizar el formato " $\geq 15$ ,  $\leq 20$ ", teniendo en cuenta que el infinito se indica utilizando la letra M.

**2.- resolución del problema y obtención de resultados**

Una vez introducido el modelo podemos resolverlo utilizando cualquiera de las tres opciones siguientes:

**Solve and Analyze > Solve the Problem:** proporciona un informe completo sobre la solución del problema

**3.- UN PROBLEMA EJEMPLO:** Mediante un ejemplo demostraremos como se introducen los datos para la creación de un nuevo problema de programación lineal.

**Ejemplo 2-1**

La empresa **AXUS S.A.** desea conocer la cantidad de productos A, B y C a producir para maximizar el beneficio, si cada unidad vendida genera en utilidad \$150, \$210 y \$130 por unidad respectivamente.

Cada producto pasa por 3 mesas de trabajo, restringiendo la cantidad de unidades producidas debido al tiempo disponible en cada una de ellas. La siguiente tabla muestra el tiempo requerido por unidad de cada producto en cada mesa y el tiempo total disponible semanalmente (tiempo dado en minutos):

	Tiempo requerido Mesa 1	Tiempo requerido Mesa 1	Tiempo requerido Mesa 1
Producto 1	10	12	8
Producto 2	15	17	9
Producto 3	7	7	8
Tiempo total disponible por mesa	3300	3500	2900

Se supone que cada unidad producida es vendida automáticamente. Determinar la combinación de productos que maximicen la utilidad para la compañía.

Una vez analizado el enunciado el lector procederá a crear el modelo matemático.

**MODELO MATEMÁTICO**

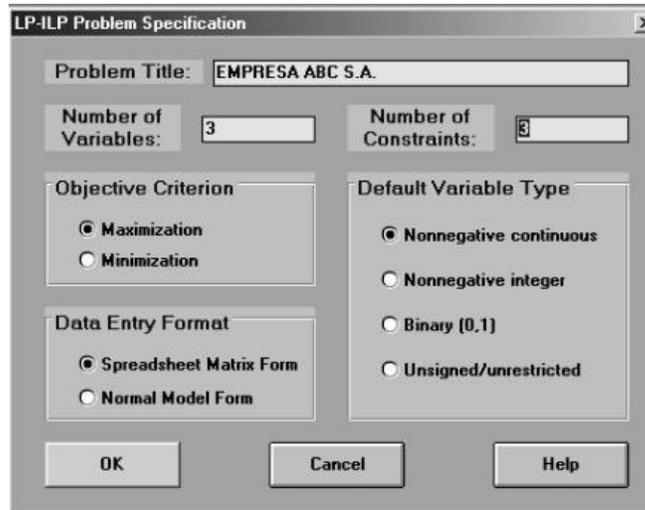
**Función Objetivo (F.O.):**  
**Max. Z = \$150X<sub>1</sub> + \$210X<sub>2</sub> + \$130X<sub>3</sub>**

**Restricciones (S.A.):**  
 $10X_1 + 15X_2 + 7X_3 \leq 3300$  Minutos  
 $12X_1 + 17X_2 + 7X_3 \leq 3500$  Minutos  
 $8X_1 + 9X_2 + 8X_3 \leq 2900$  Minutos  
 $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

Podemos ver claramente que estamos ante un problema de Maximización, con tres restricciones y tres variables (las cuales trabajaremos como variables continuas de tipo No Negativas).

Teniendo claro esto, se alimenta el programa desde la ventana Nuevo Problema

**(New Problem):**



Una vez llenados todos los campos pulsamos el botón OK, generando nuevas opciones dentro del programa.

**INGRESANDO EL MODELO**

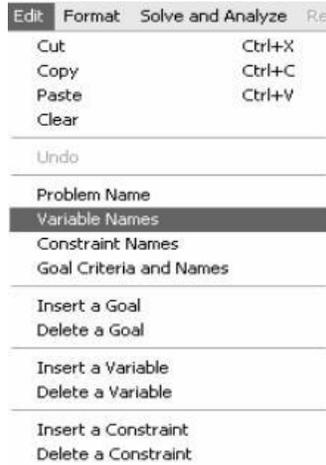
Si se escogió por la plantilla tipo hoja de cálculo (Spreadsheet Matrix Form), se mostrará una nueva ventana dentro de la ZONA DE TRABAJO, la cual servirá para introducir el modelo matemático.

Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
Maximize					
C1				<=	
C2				<=	
C3				<=	
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous		

La primera fila (Variable -->) corresponde a los encabezados de las variables (en gris) definidas automáticamente por el sistema como X1, X2 y X3 (son las tres variables del ejemplo), seguido por el operador de relación



(Direction) y la solución de las restricciones o Lado de la mano derecha (Right Hand Side -R. H. S). El nombre de las variables se puede cambiar accediendo al submenú Nombre de variables (Variables Names) del menú Editar (Edit).



La segunda fila (Maximize) permite introducir los coeficientes de la función objetivo. Luego aparecen una serie de filas identificadas por la letra C y un consecutivo, las cuales corresponden a la cantidad de restricciones con que cuenta el modelo:

<b>C1</b>				<=	
<b>C2</b>				<=	
<b>C3</b>				<=	

Por último aparecen tres filas donde definimos el valor mínimo aceptado por cada variable (Lower Bound), el valor máximo (Upper Bound) y el tipo de variable (Variable Type). En el caso del valor máximo, M significa que la variable podrá recibir valores muy grandes (tendientes a infinito).

### EL MODELO DE EJEMPLO

Para ingresar nuestro modelo propuesto en el ejemplo, el primer paso es llenar la segunda fila con los coeficientes de la función objetivo:

Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
<b>Maximize</b>	150	210	130		

Se sigue con las restricciones C1, C2 y C3.

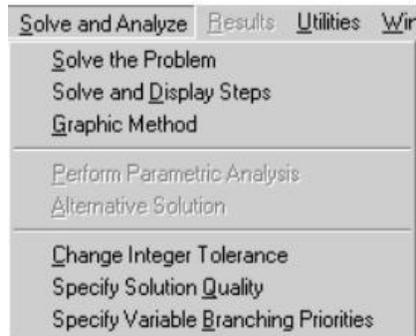
<b>C1</b>	10	15	7	<=	3300
<b>C2</b>	12	17	7	<=	3500
<b>C3</b>	8	9	8	<=	2900



Usted podrá cambiar los operadores de relación pulsando dos veces seguidas sobre ellos con el botón izquierdo del Mouse. Las otras filas se mantienen iguales.

## RESOLVIENDO UN PROBLEMA

Cuando haya terminado de ingresar el modelo en la plantilla, podrá utilizar las herramientas que provee el menú Resolver y Analizar (Solve and Analyze). Este menú cuenta con las siguientes opciones:



- **Resolver el problema (Solve the Problem):** Resuelve el problema mediante el método Simplex Primal. Muestra la solución final completa.
- **Resolver y mostrar los pasos (Solve and Display Steps):** Muestra cada uno de los pasos o las interacciones realizadas por el Simplex hasta llegar a la solución óptima.
- **Método Gráfico (Graphic Method):** Resuelve el problema de programación lineal mediante el método gráfico (para problemas que trabajan con dos variables).

## RESOLVIENDO EL PROBLEMA EJEMPLO

Seleccionamos la primera opción del menú Resolver y Analizar (Solve and Analyze), donde se mostrará una pequeña ventana con el mensaje “El problema ha sido resuelto. La solución óptima ha sido lograda”.





Pulsamos el botón ACEPTAR y automáticamente el programa generará la solución óptima.

17:50:47		Thursday	February	10	2005			
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	0	150.0000	0	-14.9315	at bound	-M	164.9315
2	X2	105.4795	210.0000	22,150.6900	0	basic	182.7500	315.7143
3	X3	243.8356	130.0000	31,698.6300	0	basic	91.0714	186.6667
Objective		Function	(Max.) =	53,849.3200				
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	3,289.0410	<=	3,300.0000	10.9589	0	3,289.0410	M
2	C2	3,500.0000	<=	3,500.0000	0	6.9863	2,537.5000	3,514.0350
3	C3	2,900.0000	<=	2,900.0000	0	10.1370	1,852.9410	2,957.1430

### ENTENDIENDO LA MATRIZ FINAL

Esta matriz presenta suficiente información sobre el modelo resuelto. La primera parte (Solution Summary) corresponde al análisis de las variables definidas (X1, X2 y X3).

17:50:47		Thursday	February	10	2005			
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	0	150.0000	0	-14.9315	at bound	-M	164.9315
2	X2	105.4795	210.0000	22,150.6900	0	basic	182.7500	315.7143
3	X3	243.8356	130.0000	31,698.6300	0	basic	91.0714	186.6667
Objective		Function	(Max.) =	53,849.3200				

- La columna Valores de la solución (Solution Value) presenta los valores óptimos encontrados.
- La columna Costo o Utilidad Unitaria (Unit Cost or Profit) muestra los coeficientes de la función objetivo para cada variable.
- La columna Contribución Total (Total Contribution) representa el costo o utilidad generado por cada variable. Por ejemplo, si el valor de la variable X2 es 105,4795 unidades y la utilidad unitaria es \$210, el beneficio total resultará de la multiplicación de ambos valores dando como resultado \$22,150,69. Justo debajo de la última contribución aparece el valor de Z óptimo (\$53,849,32).
- La columna Costo Reducido (Reduced Cost) identifica el costo que genera incrementar una unidad para cada variable no básica.



- La siguiente columna llamada Estatus de la Variable (Basis Status) muestra si una variable es básica (Basic) o no (at bound).

**4.- PROCEDIMIENTO:** Aquí se evaluará y dará seguimiento en base a varios ejemplos que introducirán en el laboratorio al software para su aprendizaje.

**A) EQUIPO:** el equipo a utilizar será una computadora personal

**B) MATERIAL:** los materiales sería el programa WINQSB

**C) DESARROLLO:** se llevará a cabo en base a lo explicado en la parte TEORÍA, además se agrega en anexos una link para bajar un manual completo del manejo del software WINQSB.

**Problema 1.** La empresa CONSTRUCTORA S.A. programó las siguientes actividades para la construcción de una calle en concreto asfáltico (proyecto resumido – tiempo dado en días)

No	actividad	precedente	tiempo normal	tiempo quiebre	costo normal	costo quiebre
1	excavación		15	10	1000	1200
2	sub-base	1	7	6	3000	3500
3	compactación	2	2	2	700	700
4	base	3	4	2	1200	2400
5	compactación	4	1	1	700	700
6	canaletes	3	6	3	1500	2700
7	pegante	5.1	1	1	1100	1100
8	capa asfalto	6.7	3	2	4700	5200
9	compactación	8	1	1	800	800
10	pruebas base	5	2	1	400	1100
11	pruebas asf.	9	2	1	900	1300

Construya una red de proyectos para este caso e incluya un análisis de tiempos/costos determinístico.

**Problema 2.** Problema de máximos. En una granja se preparan dos clases de alimentos, P y Q, mezclando dos productos A y B. Un saco de P contiene 8 kg de A y 2 de B, y un saco de Q contiene 10 kg de A y 5 de B. Cada saco de P se vende a \$300 y cada saco de Q a \$800. Si en la granja hay almacenados 80 kg de A y 25 de B, ¿cuántos sacos de cada tipo de alimento deben preparar para obtener los máximos ingresos?

**Problema 3.** Amy, Jim, John y Kelly están en la ribera de un río y desean cruzar a la ribera opuesta en una canoa, la cual sólo puede llevar dos personas a la vez. Como Amy es la más atlética, puede cruzar el río remando en 1 minuto. Jim, John y Kelly lo harían en 2, 5 y 10 minutos, respectivamente. Si dos personas están en la canoa, la persona más lenta determina el tiempo de cruce. El objetivo es que las cuatro personas estén en la ribera opuesta en el menor tiempo posible.

**Problema 4.** Durante la construcción de una casa, se deben recortar seis viguetas de 24 pies cada una a la longitud correcta de 23 pies. La operación de recortar una vigueta implica la siguiente secuencia:

	operación	tiempo (s)
1.-	colocar la vigueta en caballetes de aserrar	15
2.-	medir la longitud correcta (23ft)	5
3.-	marcar la línea de corte para la sierra circular	5
4.-	recortar la vigueta a la longitud correcta	20
5.-	apilar las viguetas recortadas en un area designada	20

Intervienen tres personas: Dos deben realizar al mismo tiempo las operaciones 1, 2 y 5, y un cortador se ocupa de las operaciones 3 y 4. Hay dos pares de caballetes de aserrar donde se colocan las viguetas sin recortar, y cada par puede manejar tres viguetas. Sugiera un buen plan para recortar las seis viguetas.

**Problema 5.** Los cuadros de una tabla rectangular de 11 filas y 9 columnas están numerados en secuencia del 1 al 99 con una recompensa monetaria oculta de entre 0 y 20 dólares, asignada a cada cuadro. El juego consiste en que un jugador elige un cuadrado seleccionando cualquier número de dos dígitos y luego restando al número seleccionado la suma de sus dos dígitos. El jugador recibe entonces la recompensa asignada al cuadro seleccionado. Sin importar cuántas veces se repita el juego, ¿qué valores monetarios deben asignarse a los 99 cuadros para minimizar la recompensa de los jugadores? Para hacer el juego interesante, asignar \$0 a todos los cuadros no es una opción.



**Problema 6.** Cuenta con cuatro cadenas y cada una consta de tres eslabones sólidos. Tiene que hacer un brazalete conectando las cuatro cadenas; romper un eslabón cuesta 2 centavos, y volverlo a soldar 3 centavos.

- (a) Identifique dos soluciones factibles y evalúelas.
- (b) Determine el costo mínimo para hacer el brazalete.

**D) CÁLCULOS Y REPORTE:** no aplica.

**E)**

**E) RESULTADOS:** Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software WINQSB para los posteriores problemas a resolver.

**5.- CONCLUSIONES:** no aplica

#### **6.- BIBLIOGRAFÍA:**

- b) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- c) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- d) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- e) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- f) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- g) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- h) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.
- i) Victor Manuel Quesada Ibarquén, J. C. (s.f.). Análisis Cuantitativo con WinQSB. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.
- j) ZUÑIGA, S. (2004). *introduccion a la optimizacion usando excel*.
- h) Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones (9na edición)*. México:
- k) PEARSON EDUCACIÓN.



**ECITEC**  
Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Universidad Autónoma de Baja California**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

<b>NOMBRE DE LA MATERIA</b>	<b>INVESTIGACION DE OPERACIONES</b>	<b>CLAVE</b>	<b>9013</b>
<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE MODELOS DE PROGRAMACION LINEAL CONTINUA</b>	<b>PRÁCTICA NÚMERO</b>	<b>2</b>
<b>PROGRAMA EDUCATIVO</b>	<b>INGENIERO INDUSTRIAL</b>	<b>PLAN DE ESTUDIO</b>	<b>20092</b>
<b>NOMBRE DEL PROFESOR/A</b>	<b>YURIDIA VEGA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>CÓMPUTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>04/06/16</b>

<b>EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Computadora	1 por alumno

<b>SOFTWARE REQUERIDO</b>	
Herramienta Solver de Excel	
software WINQSB	
<b>OBSERVACIONES-COMENTARIOS</b>	
<b>NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR</b>	<b>NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO</b>



**1.- INTRODUCCIÓN:** Esta práctica presentará el fundamento y la estructura para el planteamiento de diferentes tipos de modelos de PLC, así como las etapas básicas para su desarrollo. Se analizan los modelos y se ve su factibilidad de una posible solución en la computadora.

**2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):** el alumno tendrá la habilidad de analizar, plantear y modelar matemáticamente diferentes tipos de modelos de PLC, esto para identificar las características principales de cada tipo de modelo de PL.

**3.- TEORÍA:** La PL es considerada como la técnica de la Investigación de Operaciones utilizada para resolver problemas de asignación de recursos. Desde el punto de vista primo, la PL es una herramienta cuantitativa para resolver problemas de programación de actividades. Desde el punto de vista dual (que es el más utilizado), es una técnica cuantitativa para resolver problemas de asignación de recursos.

Por lo tanto, si la programación de actividades y la asignación de recursos son los términos claves que definen el alcance de la PL, es preciso identificar lo siguiente:

**a) Programación de actividades** es determinar el nivel y el tiempo de un conjunto de actividades interdependientes para llevar un sistema de estado actual hacia un objetivo específico.

**b) Asignar recursos** consiste en la distribución de un conjunto de recursos disponibles escasos, entre las actividades interdependientes que compiten por ellos, para alcanzar un objetivo preestablecido.

La PL pretende encontrar mediante el uso de funciones lineales, un programa óptimo de actividades interdependientes a realizar tomando en consideración el límite de recursos disponibles para efectuarlas.

Se define modelo dentro de PL como una representación general del problema dentro de la investigación de operaciones, de igual forma se definieron en clases las características y la clasificación de dichos modelos según su funcionalidad, su estructura, su referencia en el tiempo, su generalidad, etcétera.

En el caso de la programación lineal, los modelos presentan una estructura general, la cual se basa en el tipo de problema que se desea tratar. En



nuestro caso un problema de programación lineal se define como el problema en que la función objetivo y todas las restricciones son lineales y todas las variables son continuas.

Básicamente existen dos tipos de problemas:

**a)** Problemas en los que se desea maximizar la utilización o generación de recursos; por ejemplo maximizar utilidades, maximizar la producción de unidades terminadas, etcétera.

**b)** Problemas en los que se desea minimizar los costos de la producción o prestación de un servicio.

La representación matemática de este tipo de problemas es la siguiente:

<p><b>Minimizar <math>Z = \sum_{i=1}^n (C_i) X_i</math></b></p> <p>Sujeta a las restricciones</p> <p><math>a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1nxn} \leq b_1</math></p> <p><math>a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2nxn} \leq b_2</math></p> <p style="text-align: center;">⋮</p> <p><math>a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mnxn} \leq b_m</math></p> <p><math>X_i \geq 0</math> donde <math>i = 1, 2, 3, 4, \dots, n</math></p>	<p><b>Maximizar <math>Z = \sum_{i=1}^n (r_i - c_i) X_i</math></b></p> <p>Sujeta a las restricciones</p> <p><math>a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1nxn} \leq b_1</math></p> <p><math>a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2nxn} \leq b_2</math></p> <p style="text-align: center;">⋮</p> <p><math>a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mnxn} \leq b_m</math></p> <p><math>X_i \geq 0</math> donde <math>i = 1, 2, 3, 4, \dots, n</math></p>
---	---

Nomenclatura para un modelo de Programación Lineal (PL).

Z = Representa la función objetivo del problema.

$x_i$  = Representa las variables de decisión  $i$ , (para  $i = 1, 2, \dots, n$ ).

$c_i$  = Representa el costo unitario de producción del producto  $i$ , (para  $i = 1, 2, \dots, n$ ).

$r_i$  = Representa el ingreso unitario de la venta del producto  $i$ , (para  $i = 1, 2, \dots, n$ ).

$b_k$  = Representa la cantidad de recurso  $k$ , (para  $k = 1, 2, \dots, m$ ) disponibles.

$a_{ik}$  = Representa la cantidad del recurso  $k$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$ , que consume una unidad del producto  $i$ , donde  $i = 1, 2, \dots, n$ .



**4.- PROCEDIMIENTO:** Aquí se evaluará el análisis que se planteó en la parte de introducción, donde se le dará seguimiento con los procedimientos para el planteamiento de modelos de PLC.

A).- **EQUIPO:** el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office, hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL:** los materiales serían una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO:** se plantean problemas o casos de estudio para su análisis y solución.

**Problema 1.** La empresa ANCE S.A de C.V.; produce una línea de artículos de Peltre para uso casero; la cual consta de 4 productos. El sistema de manufactura se divide en 5 etapas: Cortado, troquelado, esmaltado, acabado y empackado. A continuación se presenta la información relevante, tanto del sistema productivo como del producto. Información sobre el sistema productivo (Índice de producción Unidades/hrs)

Información sobre el sistema productivo (Índice de producción Unidades/hrs)

Departamento	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	Capacidad (horas/mes)
Corte	25	6	20	10	400
Troquelado	14	8	20	10	380
esmaltado	17	9	33	8	490
acabado	20	4	-	8	450
empacado	50	13	50	20	400

Información sobre el producto

producto	Precio de vta. (\$/unidad)	Costo de vta. (\$/unidad)	Demanda mínima	Mensual (unidades) máxima
1	100	50	500	5000
2	300	200	750	6000
3	160	100	650	8000
4	250	150	0	3500

Además, se debe que en el siguiente mes solo se dispondrán de 1200m<sup>2</sup> de lámina que consumen los productos 1 y 2. El producto 1 requiere 0.50m<sup>2</sup> por unidad y el producto 2 requiere 0.80m<sup>2</sup>.



**Universidad Autónoma de Baja California**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

**Problema 2.** Un ganadero decide elaborar una mezcla para alimentos de animales a base de alfalfa, sorgo, avena, maíz, soya y harina. De cada 100Kg de mezcla; se desea que al menos 30Kg de ellos sean proteínas, no más de 40 sean de calcio, y como máximo 35Kg de fosforo.

A continuación se presenta la información del contenido de la mezcla y los precios de los ingredientes a combinar.

ingredientes	Proteína (%)	Calcio (%)	Fosforo (%)	Precio (kg)
Alfalfa	25	50	25	7
Sorgo	40	20	40	9
Avena	10	30	60	8
Maíz	65	15	20	20
Soya	40	20	40	5
harina	30	20	50	15

Además, no se puede usar más de 10Kg harina, ni más de 12Kg de soya por c/100kg de mezcla.

**Problema 3.** La refinería azteca produce 2 tipos de gasolina sin plomo regular y extra, los cuales se venden en 8 y 15 pesos por barril respectivamente. Ambos tipos se preparan del inventario de azteca del petróleo de azteca nacional refinado y del petróleo importado refinado y debe de cumplir con las siguientes especificaciones.

	Presión Máxima de vapor	Octanaje Mínimo	Demanda Máxima Barriles/ semana	Entrega Mínima Barriles/semana
Regular	23	88	100000	50000
Extra	23	93	20000	5000

Las características del inventario refinado son las siguientes

	Presión Máxima de vapor	Octanaje Mínimo	Demanda Máxima Barriles/ semana	Entrega Mínima Barriles/semana
Regular	25	87	40000	8
Extra	15	98	60000	15

Que cantidades de los 2 petróleos nacional e importado debe mezclar la azteca a fin de acrecentar sus ganancias semanales.



**Problema 4.** Una tienda de autoservicio funciona las 24 horas tiene los siguientes requerimientos mínimos para los cajeros. El periodo uno sigue inmediatamente después del periodo 6. Un cajero trabaja 8hrs consecutivas, empezando al inicio de uno de los 6 periodos. Determine el número requerido de empleados en cada uno de los periodos.

<b>Periodo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Horas del día (24 hrs)</b>	3-7	7-11	11-15	15-19	19-23	23-3
<b>Numero mínimo</b>	7	20	14	20	10	5

**Problema 5.** La empresa ha destinado un presupuesto de \$4,000,000 para la campaña publicitaria del primer mes; además, el consejo de administración ha sugerido al departamento de mercadotecnia los siguientes lineamientos.

- 1.- Deben utilizarse por los menos 20 comerciales de T.V.
- 2.- El mensaje debe llegar a por lo menos 2,500,000 familias potencialmente compradoras.
- 3.- El mensaje debe publicarse en un periódico local por lo menos un domingo.
- 4.- No deben de gastarse más de 2,000,000 de pesos en .T.V. ¿Cuál debe ser la campaña publicitaria para este primer mes?  
Plantee un Modelo de PL; para resolver este problema.

**Problema 6.** La empresa olle S.A de C.V, productora de radio portátiles para intercomunicación (solamente entre dos personas: transmisora y receptora); va a promover su nuevo radio con un alcance de 40Km, el cual tiene diversas funciones. El principal canal de distribución está enfocado a mayoristas en el área de comunicación industrial, así mismo, la firma está considerando dos alternativas de distribución: una cadena de autoservicio y mayorista de equipos marítimos. Dichos canales de distribución alternativos abren el mercado a personas interesadas en radio comunicación como afición y como enlace entre botes de pesca y su estación de base. Debido a la diferencia de costos de comercialización y



de promoción, la utilidad del producto varía con la alternativa de distribución seleccionada. Además, el costo publicitario y el tiempo el vendedor por unidad son distintos para cada canal de distribución. Dado que la compañía solo produce bajo pedido; el número de unidades fabricadas y vendidas es el mismo. A continuación se resume la información preparada por olle S.A de C.V, con respecto a la utilidad, costo publicitario y hr/hombre de vendedor por cada unidad vendida. Lo anterior ha sido estimado con base en experiencias con radios similares.

canal de distribución	utilidad unitaria (\$)	costo publicitario (\$/unidad)	esfuerzo de ventas(hr-hombre/unidad)
industrial	20000	1800	4
tienda	12000	3000	6
marítimo	18000	1000	7

El director general de la empresa; ha establecido que en la estrategia de ventas a seguir deben venderse por lo menos 100 unidades al canal tienda, 250 al canal marítimo; en el siguiente mes; también el gasto publicitario no debe exceder de \$1,000,000. Si la capacidad de producción se estima en 1000 unidades y las horas hombre de un vendedor, disponibles en el próximo mes son 2,000. ¿Qué estrategia de ventas debe adoptar la empresa? Es decir, la empresa debe decidir:

- a) Cuántas unidades producir por c/canal de distribución.
- b) Cuanto gasto publicitario se debe hacer en c/canal de distribución.
- c) Cuanto esfuerzo de ventas debe dedicarse a c/canal de distribución.

**Problema 7.** Mi dieta requiere que todo los alimentos que ingiera pertenezcan a una de los cuatro “grupos básicos de alimentos” (pastel de chocolate, helado de crema, bebidas carbonatadas y pastel de queso). Por ahora hay los siguientes cuatro alimentos: barras de chocolate, helado de crema de chocolate, bebida de cola y pastel de queso con piña. Cada barra de chocolate cuesta \$35.00, cada bola de helado de crema cuesta \$40.00, cada botella de bebida de cola cuesta \$7.50 y cada rebanada de pastel de queso con piña cuesta \$20.00. De acuerdo al nutriólogo, todos los días debo ingerir por lo menos 500 calorías, 6 onzas de chocolate, 10 onzas de azúcar y 8 onzas de grasas. Plantee un modelo de PL que pueda emplear para cumplir mis necesidades nutricionales al costo



Mínimo. El contenido nutricional por unidad de c/alimento se da en la siguiente tabla.

Tipo de alimento	Calorías	chocolate	Azúcar (onzas)	Grasas (onzas)
Barra de chocolate	400	3	2	2
Helado de crema con chocolate (1 bola)	200	2	2	4
Bebida de cola (1 botella)	150	0	4	1
Pastel de queso con piña	500	0	4	5

**Problema 8.** El taller de máquinas y herramientas Era S.A de C.V; se dedica a la fabricación de dos refacciones para una empresa metalmecánica. Las partes se producen en cuatro operaciones (departamentos). Las horas maquina son suficientes aunque se tiene una fuerte limitación en mano de obra calificada. La empresa piensa por tanto, que las horas-hombre disponibles restringen su capacidad de producción. Las horas hombre asumidas por cada parte en cada departamento son:

Departamento (operación)	Parte 1	Parte 2
1	0.10	0.20
2	0.20	0.15
3	0.10	0.15
4	0.05	0.10

La empresa gana \$100 y \$129 por unidad de las partes 1 y 2 respectivamente. Luego de considerar la experiencia y habilidad de los trabajadores actuales, se ha llegado al siguiente resultado:

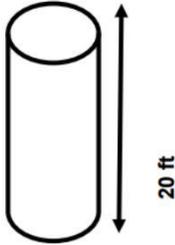
Asignación posible De mano de obra	Hr/hombre disponibles/semana
Únicamente a departamento 1	480
Únicamente a departamento 2	400
Únicamente a departamento 3	500
Únicamente a departamento 4	200
A departamento 1 o departamento 2	350
A departamento 3 o departamento 4	370

Plantee un modelo de PL.

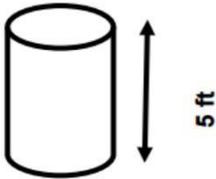


**Problema 9.** PCP S.A de C.V produce rollos de papel en un ancho estándar de 20 pies c/u, los pedidos de los clientes en rollos de diversos anchos; se producen recortando el tamaño estándar de 20 pies. Los requerimientos promedio de los clientes están dados de la siguiente forma: Rollos de 5 pies 150 unidades Rollos de 7 pies 200 unidades Rollos de 9 pies 300 unidades

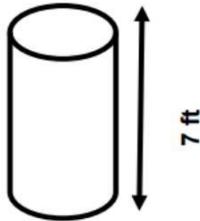
¿Qué combinación es la mejor para optimizar los rollos?



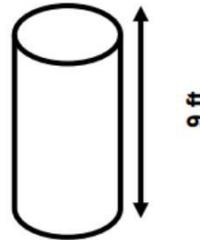
A



b)



c)



tipo de corte	5ft	7ft	9ft	desperdicio (ton)
I	4	0	0	0
II	1	2	0	1
III	0	0	2	2
IV	2	0	2	1
V	0	1	1	4
VI	2	1	0	3

**Problema 10.** - Un proveedor debe preparar 5 bebidas de fruta en existencia, 500 gal que contengan por lo menos 20% de jugo de naranja, 10% de jugo de toronja y 5% de jugo de arándano. Si los datos del inventario son lo que se presentan a continuación ¿Qué cantidad de cada



bebida de fruta deberá emplear el proveedor a fin de obtener la composición requerida a un costo mínimo?

	Jugo de naranja (%)	Jugo de toronja (%)	Jugo de arándano (%)	existencia (gal)	costo (%/gal)
<b>bebida A</b>	40	40	0	200	1.5
<b>bebida B</b>	5	10	20	400	0.75
<b>bebida C</b>	100	0	0	100	2
<b>bebida D</b>	0	100	0	50	1.75
<b>bebida E</b>	0	0	0	800	0.25

**Problema 11.** La regiomontana es una fábrica que produce 3 diferentes sombreros: Su capacidad de producción mensual es como sigue.

Modelo	Capacidad de producción (sombreros/ mes)
<b>Norteño</b>	650
<b>Lona</b>	900
<b>Artícela</b>	700

La producción mensual se reparte en tres diferentes distribuidoras que se localizan dentro del área metropolitana de la ciudad. Los costos unitarios de transporte para cada modelo se muestran a continuación.

Modelo	Zona norte	Zona rosa	Zona sur
<b>norteño</b>	3.00	5.00	7.00
<b>lona</b>	2.50	4.80	5.80
<b>Artícela</b>	2.00	3.40	5.20

Los requerimientos mensuales de cada distribuidor son como sigue:

Distribuidora	Demanda (sombreros/mes)
<b>Zona norte</b>	750
<b>Zona rosa</b>	900
<b>Zona sur</b>	600

**Problema 12.** Un Hospital está realizando estudios sobre Ingeniería Industrial para optimizar con los recursos con que cuenta. Una de las principales



preocupaciones del Director del Hospital es el área de personal, ya que no está del todo convencido con el número de enfermeras que laboran en la sección de emergencias. Por tal motivo, ordeno un estudio estadístico, el cual arrojo los siguientes datos

hora	numero minimo requerido de enfermeras
0 a 4	40
4 a 8	80
8 a 12	100
12 a 16	70
16 a 20	120
20 a 24	50

De acuerdo con la Ley Federal del Trabajo cada enfermera debe trabajar 8 hrs consecutivas por día. Formule un modelo de programación lineal que cumpla con los requerimientos citados.

**Problema 13.** En dos máquinas se procesan cuatro productos de forma secuencial. La sig. Tabla muestra los datos pertinentes de problema.

maquina	costo por hr (\$)	producto I	producto II	producto III	producto IV	capacidad (hr)
1	10	2	3	4	2	500
2	5	3	2	1	2	380
<b>costo unitario de venta</b>		75	70	55	45	

Formule un Modelo de programación lineal

**Problema 14.** Una compañía Manufacturera local produce cuatro diferentes productos metálicos que deben maquinarse pulirse y ensamblarse. Las necesidades específicas de tiempo (en horas) para cada producto son las siguientes:

	Maquinado (hr)	Pulido (hr)	Ensamble (hr)
<b>Producto I</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Producto II</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Producto III</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Producto IV</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>



La compañía dispone semanalmente de 480 hr para el maquinado, 400 horas para el pulido y 400 hr para el ensamble. Las ganancias unitarias son: \$6, \$4, \$6 y \$8 respectivamente. La compañía tiene un contacto con el distribuidor en el que se compromete a entregar 50 unidades semanalmente del producto I y 100 unidades de cualquier combinación de los productos I, II y III, según la producción, pero solo como máximo 25 unidades del producto IV. ¿Cuántas Unidades de cada producto debe fabricar semanalmente la empresa, a fin de cumplir las condiciones de contrato e incrementar la ganancia total?

**Problema 15.** Una comunidad ha reunido \$250,000 para desarrollar nuevas áreas para la eliminación de desechos. Hay siete sitios disponibles, cuyos costos de desarrollo y capacidades se muestran a continuación. ¿Qué sitios deberá desarrollar la comunidad?

sitio	A	B	C	D	E	F	G
<b>capacidad ton/ semana</b>	20	17	15	15	10	8	5
<b>costo \$1000</b>	145	92	70	70	84	14	47

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

E).- **RESULTADOS:** los resultados se presentarán en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

**5.- 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 ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

**6.- BIBLIOGRAFÍA:**

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.



**ECITEC**  
Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Universidad Autónoma de Baja California**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

- 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.
- h) GAONA, I. O. (febrero de 2010). DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.  
*INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I* . La paz, Baja california sur,  
mexico : TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL  
ESTADO DE MÉXICO.



**ECITEC**  
Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Universidad Autónoma de Baja California**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA**  
**UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS**

<b>NOMBRE DE LA MATERIA</b>	<b>INVESTIGACION DE OPERACIONES</b>	<b>CLAVE</b>	<b>9013</b>
<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>METODO GRAFICO</b>	<b>PRÁCTICA NÚMERO</b>	<b>3</b>
<b>PROGRAMA EDUCATIVO</b>	<b>INGENIERO INDUSTRIAL</b>	<b>PLAN DE ESTUDIO</b>	<b>20092</b>
<b>NOMBRE DEL PROFESOR/A</b>	<b>YURIDIA VEGA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>CÓMPUTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>04/06/16</b>

<b>EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Computadora	1 por alumno

<b>SOFTWARE REQUERIDO</b>	
Herramienta Solver de Excel	
software WINQSB	
<b>OBSERVACIONES-COMENTARIOS</b>	
<b>NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR</b>	<b>NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO</b>



**1.- INTRODUCCIÓN:** Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLC, mediante el método de solución gráfica.

**2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):** el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante los métodos de solución gráfica para la mejora en la toma de decisiones en el sector productivo.

**3.- TEORÍA:** El método gráfico soluciona problemas de PL por medio de la representación geométrica del objetivo, las restricciones estructurales y las condiciones técnicas. En esta representación geométrica, los ejes coordenados pueden asociarse ya sea con variables o con las restricciones tecnológicas del problema.

Cuando los ejes cartesianos están relacionados con las variables (actividades) del problema, el proceso se conoce como método Gráfico en Actividades. Cuando de forma alternativa las restricciones tecnológicas (recursos) se identifican con los ejes coordenados, el método se denomina, Gráfico en Recursos.

Un problema de PL con **m** restricciones y **n** variables (las condiciones técnicas no se incluyen en la dimensión del problema) se dice que posee una dimensión de  $(m \times n)$ . Entonces, geoméricamente hablando, el método gráfico se limita a resolver problemas de una dimensión  $(m \times 3)$ , como máximo y el método gráfico en recursos a problemas de máximo  $(3 \times n)$ . El método gráfico en sus dos versiones no representa una buena alternativa de solución a problemas de PL reales, ya que uno de tamaño mediano tendría una dimensión de, por lo menos,  $(10 \times 20)$ . Sin embargo, dada su naturaleza geométrica y su poco formalismo matemático, brinda al lector un beneficio didáctico. Resumiendo, el método gráfico se utiliza para la solución de problemas de PL, representando geoméricamente a las restricciones, condiciones técnicas y el objetivo. El modelo se puede resolver en forma gráfica si sólo tiene dos variables. Para modelos con tres o más variables, el método gráfico es impráctico o imposible.

### **Ventajas y Desventajas del Método Gráfico.**

Básicamente, la mayor ventaja que representa, (como se mencionaba en el párrafo anterior) es de origen didáctico. Cuando se inicia con el estudio de los modelos de soluciones, resulta muy conveniente la representación de la información que este método proporciona, lo que permite observar



con claridad la interacción de las variables y la función objetivo, así como la solución óptima. El método gráfico es una oportunidad valiosa e interesante para involucrar al investigador de operaciones, clara y objetivamente, en los fundamentos matemáticos de los métodos analíticos de solución a problemas de PL.

Por otra parte, la desventaja que presenta, obviamente es que en problemas reales de PL se maneja un número mucho mayor de variables y restricciones, que las que este método permite, lo cual automáticamente lo deja fuera de consideración, sin embargo recordemos que el método simplex toma de base la estructura que proporciona el método gráfico.

### **Pasos para planteamiento y desarrollo del Método Gráfico.**

Los pasos necesarios para realizar el método son los siguientes:

1. graficar las soluciones factibles, o el espacio de soluciones (factible), que satisfagan todas las restricciones en forma simultánea.
2. Las restricciones de no negatividad  $X_i \geq 0$  confían todos los valores posibles.
3. El espacio encerrado por las restricciones restantes se determinan sustituyendo en primer término  $\leq$  por  $(=)$  para cada restricción, con lo cual se produce la ecuación de una línea recta.
4. trazar cada línea recta en el plano y la región en cual se encuentra cada restricción cuando se considera la desigualdad lo indica la dirección de la flecha situada sobre la línea recta asociada.
5. Cada punto contenido o situado en la frontera del espacio de soluciones satisfacen todas las restricciones y por consiguiente, representa un punto factible.
6. Aunque hay un número infinito de puntos factibles en el espacio de soluciones, la solución óptima puede determinarse al observar la dirección en la cual aumenta la función objetivo.
7. Las líneas paralelas que representan la función objetivo se trazan mediante la asignación de valores arbitrarios a fin de determinar la pendiente y la dirección en la cual crece o decrece el valor de la función objetivo.

El último paso consiste en la conclusión analítica de la solución obtenida, es decir la interpretación de la solución. Ahora bien, aquí es importante señalar que existen dos variantes del método gráfico: el método gráfico en actividades y el método gráfico en recursos. Estos métodos concluyen de forma distinta la solución del problema. A continuación veremos estos a detalle.

### **Clasificación del Método Gráfico**



Cuando los ejes son relacionados con las variables del problema, el método es llamado método gráfico en actividad. Cuando se relacionan las restricciones tecnológicas se denomina método gráfico en recursos. Dibujar un sistema de coordenadas cartesianas en el que cada variable de decisión esté representada por un eje, con la escala de medida adecuada a su variable asociada. A continuación describiremos cada uno de estos métodos.

**Método Gráfico en Actividades**

Esta versión del método grafico asocia una variable a cada eje coordinado y luego realiza tres pasos básicos:

- I. Representa geoméricamente las restricciones estructurales y las condiciones técnicas
- II. Representa geoméricamente a la función objetivo
- III. Identifica gráficamente a la solución optima

**4.- PROCEDIMIENTO:** Aquí se evaluará el análisis que se planteó en la parte de introducción, donde se le dará seguimiento con los procedimientos para la solución de los problemas por el método gráfico.

A).- **EQUIPO:** el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL:** los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO:**

**Problema 1.** Una compañía que funciona 10 horas al día fabrica dos productos en tres procesos secuenciales. La siguiente tabla resume los datos del problema:

producto	minutos por unidad			utilidad unitaria
	proceso 1	proceso 2	proceso 3	
1	10	6	8	\$2
2	5	20	10	\$3

Determine la combinación óptima de los dos productos.



**Problema 2.** Una compañía fabrica dos productos, A y B. El volumen de ventas de A es por lo menos 80% de las ventas totales de A y B. Sin embargo, la compañía no puede vender más de 100 unidades de A por día. Ambos productos utilizan una materia prima, cuya disponibilidad diaria máxima es de 240 lb. Las tasas de consumo de la materia prima son de 2 lb por unidad de A y de 4 lb por unidad de B. Las utilidades de A y B son de \$20 y \$50, respectivamente. Determine la combinación óptima de productos para la compañía.

**Problema 3.** Alumco fabrica láminas y varillas de aluminio. La capacidad de producción máxima se estima en 800 láminas o 600 varillas por día. La demanda diaria es de 550 láminas y 580 varillas. La utilidad por tonelada es de \$40 por lámina y de \$35 por varilla. Determine la combinación de producción diaria óptima.

**Problema 4.** Una persona desea invertir \$5000 durante el próximo año en dos tipos de inversión. La inversión A reditúa 5% y la inversión B 8%. La investigación de mercado recomienda una asignación de por lo menos 25% en A y cuando mucho 50% en B. Además, la inversión A debe ser por lo menos de la mitad de la inversión B. ¿Cómo deben asignarse los fondos a las dos inversiones?

**Problema 5.** La división de educación continua del Colegio Comunitario Ozark ofrece un total de 30 cursos cada semestre. Los cursos ofrecidos suelen ser de dos tipos: prácticos y de humanidades. Para satisfacer las demandas de la comunidad, se deben ofrecer por lo menos 10 cursos de cada tipo cada semestre. La división estima que los ingresos por el ofrecimiento de cursos prácticos y humanistas son aproximadamente de \$1500 y \$1000 por curso, respectivamente.

(a) Idee una oferta de cursos óptima para el colegio.

(b) Demuestre que el costo por curso adicional es de \$1500, el cual es igual al ingreso por curso práctico. ¿Qué significa este resultado en función de la oferta de cursos adicionales?

**Problema 6.** ChemLabs utiliza las materias primas I y II para producir dos soluciones de limpieza doméstica, A y B. Las disponibilidades diarias de las materias primas I y II son de 150 y 145 unidades, respectivamente. Una unidad de solución A consume 0.5 unidades de la materia prima I, y 0.6



unidades de la materia prima II, en tanto que una unidad de la solución B consume 0.5 unidades de la materia prima I, y .4 unidades de la materia prima II. Las utilidades por unidad de las soluciones A y B son de \$8 y \$10, respectivamente. La demanda diaria de la solución A es de entre 30 y 150 unidades, y la de la solución B va de 40 a 200 unidades. Determine las cantidades de producción óptimas de A y B.

**Problema 7.** Wild West produce dos tipos de sombreros tejados. El sombrero tipo 1 requiere el doble de mano de obra que el tipo 2. Si toda la mano de obra disponible se dedica sólo al tipo 2, la compañía puede producir un total de 400 sombreros tipo 2 al día. Los límites de mercado respectivos para el tipo 1 y el tipo 2 son de 150 y 200 sombreros por día, respectivamente. La utilidad es de \$8 por sombrero tipo 1, y de \$5 por sombrero tipo 2. Determine la cantidad de sombreros de cada tipo que maximice la utilidad.

**Problema 8.** Wyoming Electric Coop posee una planta generadora de energía de turbina de vapor. Como en Wyoming abundan los depósitos de carbón, la planta genera su vapor con carbón. Esto, sin embargo, puede conducir a emisiones que no satisfagan las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). Las normas de la Agencia de Protección Ambiental limitan la descarga de bióxido de azufre a 2000 partes por millón por tonelada de carbón quemado, y la descarga de humo por las chimeneas de la planta a 20 lb por hora.

La Coop recibe dos tipos de carbón pulverizado, C1 y C2, para usarlos en la planta de vapor. Los dos tipos se suelen mezclar antes de la combustión. Por simplicidad, se supone que la cantidad de azufre contaminante descargado (en partes por millón) es un promedio ponderado de la proporción de cada tipo utilizado en la mezcla. Los siguientes datos se basan en el consumo de 1 tonelada por hora de cada uno de los dos tipos de carbón.

tipo de carbón	descarga de azufre en partes por millón	descarga de humo en lb/hr	vapor generado en lb/hr
C1	1800	2.1	12,000
C2	2100	0.9	9000

- (a) Determine la proporción óptima para mezclar los dos tipos de carbón.
- (b) Determine el efecto de rebajar el límite de descarga de humo en una libra sobre la cantidad de vapor generado por hora.



**Problema 9.** Burroughs Garment Company fabrica camisas para caballero y blusas de dama para las tiendas de descuento Walmart, corporación que aceptará toda la producción surtida por Burroughs. El proceso de producción incluye el corte, la costura y el empaque. Burroughs emplea 25 trabajadores en el departamento de corte, 35 en el de costura, y 5 en empaque. La fábrica trabaja un turno de 8 horas, 5 días a la semana. La siguiente tabla muestra los requerimientos de tiempo y utilidades por unidad para las dos prendas:

minutos por unidad				
Prenda	corte	costura	empaque	utilidad unitaria(\$)
camisas	20	70	12	8
Blusas	60	60	4	12

Determine el programa de producción semanal óptimo para Burroughs.

**Problema 10.** John debe trabajar cuando menos 20 horas a la semana para complementar sus ingresos al mismo tiempo que asiste a la escuela. Tiene la oportunidad de trabajar en dos tiendas de menudeo. En la tienda 1 puede trabajar entre 5 y 12 horas a la semana, y en la tienda 2 le permiten trabajar entre 6 y 10 horas. Ambas tiendas pagan el mismo salario por hora. Para decidir cuántas horas trabajar en cada tienda, John desea basar su decisión en la tensión del trabajo. Basado en entrevistas con otros empleados, John estima que, en una escala del 1 al 10, los factores de tensión son 8 y 6 en las tiendas 1 y 2, respectivamente. Como la tensión aumenta cada hora, supone que la tensión total en cada tienda al final de la semana es proporcional a las horas que trabaja en las tiendas. ¿Cuántas horas debe trabajar John en cada tienda?

**Problema 11.** Day Trader desea invertir una suma de dinero que genere un rendimiento anual mínimo

de \$10,000. Están disponibles dos grupos de acciones: acciones de primera clase y accio-

nes de alta tecnología, con rendimientos anuales promedio de 10 y 25%, respectivamente. Aunque las acciones de alta tecnología producen un mayor rendimiento, son más riesgosas, y Trader quiere limitar la suma invertida en estas acciones a no más de 60% de la inversión total. ¿Cuál es



la suma mínima que Trader debe invertir en cada grupo de acciones para alcanzar su objetivo de inversión?

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

**5.- 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.

#### **6.- 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.
- h) Taha, H. A. (2012). *investigacion de operaciones (9na edicion)*. Mexico:

PEARSON EDUCACIÓN.



<b>NOMBRE DE LA MATERIA</b>	<b>INVESTIGACION DE OPERACIONES</b>	<b>CLAVE</b>	<b>9013</b>
<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>METODO SIMPLEX: método de la gran "M" y bifásico</b>	<b>PRÁCTICA NÚMERO</b>	<b>4</b>
<b>PROGRAMA EDUCATIVO</b>	<b>INGENIERO INDUSTRIAL</b>	<b>PLAN DE ESTUDIO</b>	<b>20092</b>
<b>NOMBRE DEL PROFESOR/A</b>	<b>YURIDIA VEGA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>CÓMPUTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>04/06/16</b>

<b>EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Computadora	1 por alumno

<b>SOFTWARE REQUERIDO</b>	
Herramienta Solver de Excel	
software WINQSB	
<b>OBSERVACIONES-COMENTARIOS</b>	
<b>NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR</b>	<b>NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO</b>

**1.- INTRODUCCIÓN:** Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLc,



mediante el método simplex en base a sus diferentes lógicas matemáticas y algoritmos.

**2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):** el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante los métodos de solución matricial para la mejora en la toma de decisiones en el sector productivo

**3.- TEORÍA:** El método Simplex es un procedimiento iterativo que permite ir mejorando la solución a cada paso. El proceso concluye cuando no es posible seguir mejorando más dicha solución.

El método gráfico muestra que la solución óptima de Programación Lineal siempre está asociada con un punto de esquina (también conocido matemáticamente como punto extremo) del espacio de la solución. Este resultado es la idea clave para el desarrollo del método simplex algebraico general para resolver cualquier modelo de Programación Lineal.

La transición del punto extremo geométrico (o esquina) de la solución al método simplex radica en identificar algebraicamente los puntos extremos. Para lograr esta meta, primero convertimos el modelo a la forma estándar de PL, utilizando variables de holgura o de superávit, para convertir las restricciones de desigualdad en ecuaciones. El interés en la forma estándar de PL, se basa en las soluciones básicas de las ecuaciones lineales simultáneas. Esta solución básica (algebraica) define completamente todos los puntos extremos (geométricos) del espacio de la solución.

El algoritmo simplex está diseñado para localizar de manera eficiente la óptima entre estas soluciones básicas. Es la técnica para solucionar problemas de programación lineal. Se fundamenta en 2 criterios:

**a) Criterio de optimalidad:** Este principio garantiza que nunca encontraremos soluciones inferiores a la del punto ya considerado.

**b) Criterio de factibilidad:** Este criterio nos asegura que si comenzamos con una solución básica factible inicial, siempre encontraremos soluciones básicas factibles.

El procedimiento más común para resolver un modelo de Programación Lineal, y en el cual está basado la mayoría de software existente sobre Investigación de Operaciones, es el método simplex. French (1986) resume el procedimiento del método simplex de la siguiente manera:



**Paso 1.** Introducir las variables de holgura y exceso para convertir las desigualdades en ecuaciones.

**Paso 2.** Encontrar una solución inicial factible. Esto es que la tabla inicial contenga variables que tomen valor. Como para que una variable tome valor debe tener en su columna un 1 y las demás componentes 0, en la tabla inicial la soluciones serán las variables de holgura.

**Paso 3.** Tomar el valor más negativo en la función objetivo. Esto dará la columna pivote y la variable correspondiente a esta columna será una nueva variable básica.

**Paso 4.** En cada renglón de las restricciones dividir la cantidad que aparece en la última columna (valor de b) entre el número que aparece en la columna pivote. Escoger el renglón con el resultado de la división más pequeño y será el renglón pivote. La intersección entre columna y renglón pivote es el elemento pivote.

**Paso 5.** Dividir el renglón entre el valor del elemento pivote. Utilizando el renglón resultante de la división anterior, convertir las otras componentes de la columna pivote en cero. Regresar al paso 2.

Los cinco pasos anteriores muestran, a groso modo, la lógica del método simplex. Si el lector está familiarizado con el tema no tendrá problema alguno para comprender este procedimiento, de cualquier manera se recomienda utilizar algunos de los libros que aparecen en la bibliografía (principalmente Taha, 1998). Aunque el procedimiento es muy sencillo, en la actualidad no es necesario realizar cálculos a mano, ya que este mismo proceso utiliza cualquier software comercial de Investigación de Operaciones.

#### **4.- PROCEDIMIENTO:**

**Problema 1.** Un banco asigna un máximo de \$20,000 en préstamos personales y de automóviles. El monto de los préstamos para automóviles debe ser cuando menos 2 veces mayor que el de los préstamos personales. La experiencia pasada ha demostrado que los adeudos no cubiertos constituyen el 1% de los préstamos personales. Como deben asignarse los fondos para maximizar la utilidad del banco si los intereses anual para préstamos personales son de 14% y del 12% para préstamos para automóviles.

**Problema 2.** Un estanque de peces es abastecido cada primavera con dos especies: beta y globo; si hay dos tipos de comida f1 y f2 disponibles en el



tanque. El peso promedio de los peces y el requerimiento promedio de alimento para cada pez; esta dado en la siguiente tabla:

especie	F1	F2	peso promedio
BETA	2	3	3 lb
GLOBO	3	1	2 lb

Si existen 600 lb de comida f1 y 300 lb de comida f2 diariamente. ¿Cuántos peces deben existir en la pecera; dado que lo mínimo para lo cual fue construida es de 400 lb?

**Problema 3.**

$$\text{MAX } Z=2X_1-3X_2+4X_3+5X_4$$

**s.a**

$$3X_1 + 9X_2 + 2X_3 + 7X_4 \leq 10$$

$$2X_1 - 2X_2 + 3X_3 + 9X_4 \leq 15$$

$$2X_1 + 4X_2 + 9X_3 + 6X_4 \leq 5$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

**Problema 4.** Gutchi Company fabrica bolsos de mano, bolsos para rasuradora y mochilas. La elaboración incluye piel y materiales sintéticos, y la piel es la materia prima escasa. El proceso de producción requiere dos tipos de mano de obra calificada: costura y acabado. La siguiente tabla da la disponibilidad de los recursos, su consumo por los tres productos y las utilidades por unidad.

recurso	requerimientos de recursos por unidad			disponibilidad diaria
	bolsos de mano	bolsos para rasuradora	mochilas	
piel (ft <sup>2</sup> )	2	1	3	42 ft <sup>2</sup>
costura (h)	2	1	2	40 h
acabado (h)	1	0.5	1	45 h
precio de venta	24	22	45	



**Problema 5.** La siguiente tabla representa una iteración simplex específica. Todas las variables son no negativas. La tabla no es óptima en cuanto a maximización o minimización. Por lo tanto, cuando una variable no básica entra en la solución, puede o incrementar o reducir z, o bien dejarla como estaba, según los parámetros de la variable no básica de entrada.

básica	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	solución
<b>Z</b>	0	-5	0	4	-1	10	0	0	620
<b>x8</b>	0	3	0	-2	-3	-1	5	1	12
<b>x3</b>	0	1	1	3	1	0	3	0	6
<b>x1</b>	1	-1	0	0	6	-4	0	0	0

(a) Clasifique las variables como básicas y no básicas, y proporcione los valores actuales de todas las variables.

(b) Suponiendo que el problema fuera del tipo de maximización, identifique las variables no básicas que tienen el potencial de mejorar el valor de z. Si cada una de esas variables entra en la solución básica, determine la variable de salida asociada, si la hay, y el cambio asociado de z. No utilice operaciones de filas de Gauss-Jordan.

(c) Repita (b) suponiendo que el problema fuera del tipo de minimización.

(d) ¿Cuál variable o variables no cambiarán el valor de z al seleccionarlas para que entren en la solución?

**Problema 6.** Problema de máximos. En una granja se preparan dos clases de alimentos, P y Q, mezclando dos productos A y B. Un saco de P contiene 8 kg de A y 2 de B, y un saco de Q contiene 10 kg de A y 5 de B. Cada saco de P se vende a \$300 y cada saco de Q a \$800. Si en la granja hay almacenados 80 kg de A y 25 de B, ¿cuántos sacos de cada tipo de alimento deben preparar para obtener los máximos ingresos?

**5.- 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.





## **6.- 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.
- h) GAONA, I. O. (febrero de 2010). DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.  
*INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I* . La paz, Baja california sur, mexico : TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.
- i) Taha, H. A. (2012). *investigacion de operaciones (9na edicion)*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.