

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADO TITULADO:
“DISEÑO DE UNA GUÍA DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE WINQSB, PARA
EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS DE LA
INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

**PRESENTADO POR:
HENRÍQUEZ AGUILAR, MÓNICA ELIZABETH
HERNÁNDEZ RAMÍREZ, WALTER ERNESTO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. ROBERTO CARLOS SIGUENZA CAMPOS**

NOVIEMBRE, 2010

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. Y MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

VICE-RECTOR ACADÉMICO

ARQ. Y MASTER MIGUEL ÁNGEL PÉREZ RAMOS

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO:

LIC. Y MASTER OSCAR NOÉ NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL:

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FISCAL GENERAL:

DR. RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

LIC. JORGE MAURICIO RIVERA.

VICEDECANO:

LIC. Y MASTER ELADIO EFRAÍN ZACARÍAS ORTEZ.

SECRETARIO:

LIC. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:

ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMUDEZ.

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR:

F. _____

ING. ROBERTO CARLOS SIGUENZA CAMPOS

DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A dios todo poderoso,

Por darme la vida, por bendecirme de muchas maneras, por las pruebas difíciles y obstáculos que me ha ayudado a superar, por no soltarme la mano y ayudarme a salir adelante.

A la memoria de mi abuela y mi tío Julio,

A ti abue que fuiste y seguirás siendo una madre para mí que vivirá siempre en mi corazón. A ti tío Julio, que me consentiste y fuiste como un padre para mí. Les dedico con todo mi corazón este esfuerzo que he realizado para dar este nuevo paso en mi vida, porque fueron y siguen siendo mi fuerza, mi fortaleza y mi apoyo espiritual.

A mi madre, Celia Margarita Aguilar,

Por su apoyo incondicional y por su sacrificio, por sus consejos, por estar siempre a mi lado, por ser más que una madre una amiga, por enseñarme la perseverancia y a no temer a los retos, por creer en mí y por guiar siempre mi camino. Eres el motor que impulsa mi vida. Te amo.

A mi padre, Mario Wilfredo Henríquez,

Que de alguna manera me ha apoyado.

A mis tíos: Roberto y Rosa María,

Por sus consejos, por quererme como una hija y por todo el apoyo incondicional que me han dado en el transcurso de mi vida.

A alguien especial,

Por ser parte de mi vida Carlos, por estar en momentos cuando en verdad se necesita a alguien, por darme todo su apoyo y ayuda incondicional, por sus palabras de aliento, por ser mi confidente, por su amor, paciencia y comprensión, Gracias amor.

A mi primo, Nelson,

Porque me enseñó a tener paciencia, a ser fuerte y a defenderme. Porque además, me enseñó a ver lo grande que es Dios.

A mis madrinas: Tía Chocha y Tía María Elena (Q.D.D.G),

Que contribuyeron de alguna manera en mi formación, por sus consejos, palabras de aliento y porque son parte de mi admiración.

A mis compañeros y amigos/as,

Por estar conmigo en las buenas y malas, por brindarme su apoyo y comprensión, por los consejos en momentos oportunos, por todos los momentos compartidos, por esas palabras de aliento, por ayudarme a acercarme a Dios y en mi crecimiento espiritual.

A mi compañero de tesis: Walter,

Que siempre estuvo a mi lado en los momentos de trabajo y también en los momentos de relax, por animarme cuando más lo necesite y por su apoyo para alcanzar juntos esta meta.

A ingeniero Roberto Carlos Sigüenza,

Por sus consejos, orientación, y por guiar mi camino en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Aquellas personas que me animaron,

Ing. Raquel, Ing. Rodezno, Lic. Kryssia, Ing. Santa María, Téc. García, a mis compañeros de estudio de las diferentes promociones que dejaron una huella en mi mente y corazón, a mis amigas/os Karen, Mina, Yoba, Ángel, Yesi, Walter, a las personas que me facilitaron los trámites en académica... A todos ellos que de alguna manera me brindaron su apoyo y colaboración.

“Soñemos alto con los pies puestos sobre la tierra, pero para que nuestros sueños se cumplan tenemos que trabajar duro y perseverar hasta el final. No olvidemos, siempre tomados de la mano de Dios”.

Mónica E. Henríquez.-

AGRADECIMIENTOS.

Agradecimiento a Dios todo Poderoso, por haberme protegido de todo peligro en mis años de estudio, además de haber proporcionado la sabiduría e inteligencia para poder alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Agradecimiento A mi Madre: Leila Elizabeth Ramirez Galván, por su amor incondicional, por su confianza depositada, paciencia y gran esfuerzo económico, para que saliera adelante y así ser un orgullo para ella, te lo agradezco desde lo más profundo de mi corazón gracias por amarme mamá.

Agradecimiento a mis Hermanos: Karla Yanira Hernández R. y Edwin Alberto Hernández R. los cuales Estuvieron conmigo en esos momentos difíciles donde mis fuerzas decaían, con su ayuda y comprensión, salía adelante a cualquier obstáculo.

Agradecimiento a mis Tíos. Todos en especial por sus consejos los cuales me dieron las herramientas para salir adelante a cualquier dificultad en la vida.

Agradecimientos a Todos mis Amigos, en especial al Lic. Francisco Rodríguez, por apoyarme cuando más lo necesite gracias por brindarme su ayuda.

Agradecimientos a Ligia Yasmin Navas Guadron, Gracias por llegar a mi vida en el momento exacto y estar en esos instantes tan difíciles y siempre con palabras de ánimo a

mi vida, las cuales me dan aliento para seguir luchando hasta alcanzar todas las metas en mi vida. Espero siempre contar contigo.

A MI COMPAÑERA DE TESIS: Gracias por depositar tu confianza en mí para salir adelante en este meta que se trazo desde el principio, por las experiencias vividas las cuales las guardo en el fondo de mi corazón, nuevamente gracias por ser mi compañera de tesis y mi gran amiga, Dios te bendiga en todo lo que emprendas en la vida.

Walter H. Ramírez.-

AGRADECIMIENTOS GENERALES

A Dios todo poderoso,

Por permitirnos alcanzar una de nuestras metas propuestas, por iluminar nuestro camino y colmarnos de múltiples bendiciones.

A la Facultad Multidisciplinaria de Occidente,

Por abrir sus puertas y darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente.

A los docentes del Departamento de Ingeniería y Arquitectura,

Por compartir sus conocimientos y experiencias.

Ingeniero Raúl Ernesto Martínez Bermúdez,

Jefe del departamento de Ingeniería y Arquitectura, por su apoyo en la realización del trabajo de grado.

Ingeniero Roberto Carlos Sigüenza,

Nuestro asesor de tesis, por el respaldo brindado en todo el desarrollo del trabajo de grado, por creer en nosotros, por su tiempo y entrega incondicional aportando sus conocimientos.

Ingeniero Eduardo Marroquín Escoto,

Docente Adjunto, por brindarnos su ayuda y orientación en la realización del trabajo de grado.

Ingeniero Salvador Eliseo Meléndez

Por brindarnos su apoyo, orientación y sugerencias.

A nuestros compañeros,

Con quienes compartimos buenos y malos momentos, a lo largo de nuestra formación académica.

Grupo de tesis.

INDICE GENERAL

	<i>Página</i>
INTRODUCCION	i
<u>CAPÍTULO UNO:</u> GENERALIDADES.	
1.1. Antecedentes.	23
1.1.1. Generalidades del software Winqs.	23
1.2. Planteamiento del Problema.	27
1.3. Objetivos.	30
1.3.1. Generales.	30
1.3.2. Específicos.	30
1.4. Justificación.	31
1.5. Alcances.	33
1.6. Limitantes.	33
1.7. Metodología de la Investigación.	34
<u>CAPÍTULO DOS:</u> MARCO TEORICO.	
2.1. Que es el Winqs.	38
2.2. Aspectos técnicos.	38
2.3. Módulos que lo conforman.	39

2.4.	Descripción de cada modulo.	40
2.4.1.	Análisis de muestreo de aceptación.	41
2.4.1.1.	Muestreo de aceptación por atributos.	42
2.4.1.2.	Muestreo de aceptación por variables.	42
2.4.1.3.	Muestreo simple.	42
2.4.1.4.	Muestreo doble.	43
2.4.1.5.	Muestreo múltiple.	43
2.4.1.6.	Muestreo secuencial.	43
2.4.2.	Planeación agregada.	44
2.4.3.	Análisis de decisión.	45
2.4.3.1.	Análisis bayesiano.	45
2.4.3.2.	Análisis de tablas de pago.	46
2.4.3.3.	Juegos de suma cero para dos jugadores.	46
2.4.3.4.	Análisis de arboles de decisión.	47
2.4.4.	Programación dinámica.	49
2.4.4.1.	Problema de la diligencia.	49
2.4.4.2.	Problema de la mochila.	50
2.4.4.3.	Programación de producción e inventarios.	51
2.4.5.	Diseño y localización de plantas.	52

2.4.6.	Pronósticos.	53
2.4.6.1	Series de tiempo.	53
2.4.6.2	Regresión lineal.	53
2.4.7.	Programación por objetivos.	55
2.4.8.	Teoría y sistemas de inventarios.	57
2.4.9.	Programación de jornadas de trabajo.	58
2.4.9.1.	Talleres cuyas actividades se basan en el flujo de trabajo.	58
2.4.9.2.	Línea de fabricación y línea de ensamble.	58
2.4.10.	Programación lineal y entera.	60
2.4.11.	Procesos de Márkov.	62
2.4.12.	Planeación de requerimiento de materiales.	63
2.4.13.	Modelación de redes.	64
2.4.13.1.	Flujo en redes o modelo de transbordo.	64
2.4.13.2.	Problema de transporte.	64
2.4.13.3.	Problema de asignación.	65
2.4.13.4.	Problema de la ruta más corta.	65
2.4.13.5.	Problema de flujo máximo.	66
2.4.13.6.	Problema del agente viajero.	66
2.4.14.	Programación no lineal.	67

2.4.15.	PERT y CPM.	68
2.4.16.	Programación cuadrática.	69
2.4.17.	Cartas de control de la calidad.	70
2.4.17.1.	Gráficos de control para atributos.	70
2.4.17.1.1.	Grafico p.	70
2.4.17.1.2.	Grafico np.	70
2.4.17.1.3.	Grafico c.	71
2.4.17.1.4.	Grafico u.	71
2.4.17.2.	Gráficos de control para variables.	71
2.4.17.2.1.	Grafico X.	71
2.4.17.2.2.	Grafico R.	71
2.4.17.2.3.	Grafico S.	72
2.4.17.2.4.	Grafico CUSUM.	72
2.4.18.	Análisis de sistemas de cola.	73
2.4.18.1.	Elementos existentes en la teoría de colas.	73
2.4.19.	Simulación de análisis de sistemas de colas.	76

**CAPÍTULO TRES: ANALISIS DE LOS CONTENIDOS DE LOS PROGRAMAS Y SU
RELACION CON EL WINQSB.**

3.1. Pensum de la carrera de ingeniería industrial.	78
3.2. Identificación de contenidos que se pueden desarrollar con Winqsb.	84
3.3. Tablas de relación.	88

**CAPÍTULO CUATRO: GUIA DE USUARIO DEL WINQSB, EN ESPAÑOL Y CON
EJEMPLOS RESUELTOS.**

4. Guía de utilización del Winqsb.	97
4.1. Como instalar el programa.	98
4.2. Ingresando a los módulos.	100
4.3. Análisis de muestreo de aceptación.	104
4.3.1. Ejemplo de muestreo de aceptación.	105
4.4. Planeación agregada.	109
4.4.1. Ejemplo de planeación agregada.	110
4.5. Análisis de decisiones.	123
4.5.1. Ejemplo de análisis bayesiano.	123
4.5.2. Ejemplo de árbol de decision.	129

4.5.3. Ejemplo juegos de suma cero.	134
4.6. Programación dinámica.	137
4.6.1. Ejemplo sobre el problema de la diligencia.	137
4.6.2. Ejemplo sobre el problema de la mochila.	141
4.6.3. Ejemplo de programación de producción e inventarios.	144
4.7. Diseño y localización de plantas.	148
4.7.1. Ejemplo de distribución en planta.	149
4.8. Pronósticos.	157
4.8.1. Ejemplo de series de tiempo.	158
4.8.2. Ejemplo de regresión lineal.	161
4.9. Programación por metas.	164
4.9.1. Ejemplo de programación por metas.	165
4.10. Teoría y sistemas de inventarios.	170
4.10.1. Ejemplo de un problema de cantidad económica de la orden.	170
4.10.2. Ejemplo de un problema con demanda estocástica.	174
4.11. Programación de jornadas de trabajo.	178
4.11.1. Ejemplo de un problema de jornadas de trabajo.	179
4.12. Programación lineal y entera.	183
4.12.1. Ejemplo de problema de programación lineal.	184

4.13.	Procesos de Markov.	190
4.13.1.	Ejemplo de problema de procesos de Markov.	190
4.14.	Planeación de requerimiento de materiales.	195
4.14.1.	Ejemplo de MRP.	196
4.15.	Modelación de redes.	204
4.15.1.	Ejemplo de modelo de transbordo.	205
4.15.2.	Ejemplo de modelo de transporte.	209
4.15.3.	Ejemplo de problema de asignación.	210
4.15.4.	Ejemplo de problema de la ruta más corta.	212
4.15.5.	Ejemplo de problema de flujo máximo.	214
4.15.6.	Ejemplo de problema del agente viajero.	216
4.16.	Programación no lineal.	218
4.16.1.	Ejemplo de ejercicio de programación no lineal.	218
4.17.	PERT y CPM.	221
4.17.1.	Ejemplo de CPM.	223
4.17.2.	Ejemplo de PERT.	230
4.18.	Programación Cuadrática.	234
4.18.1.	Ejemplo de problema de programación cuadrática.	235
4.19.	Cartas de control de calidad.	240

4.19.1.	Ejemplo de un grafico C.	241
4.20.	Sistemas de colas.	247
4.20.1.	Ejemplo de sistemas de colas.	248
4.21.	Simulación de sistemas de colas.	252
4.21.1.	Ejemplo de simulación.	252
		260
	CONCLUSIONES.	261
	RECOMENDACIONES.	264
	BIBLIOGRAFIA.	267
	ANEXOS.	271

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Ahorro de las empresas por la utilización del Winqsb	25
Tabla 2. Comparativa del software Winqsb con otros programas similares.	32
Tabla 3: Descripción de los requisitos técnicos del software	38
Tabla 4: Materias servidas por ciclo.	81
Tabla 5: Técnicas electivas que podrían ser servidas.	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plan de estudios 1998, Ingeniería Industrial.	80
Figura 2: Mapa de materias de ingeniería industrial.	85
Figura 3: Mapa de materias obligatorias en las que se puede utilizar el Winqsb.	86
Figura 4: Mapa de materias electivas en las que se puede utilizar el Winqsb.	87

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Biografía del creador del Winqsb.	271
Anexo 2: Resultado de encuestas a docentes.	274
Anexo 3: Resultado de encuestas a estudiantes.	280

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas informáticos han tomado auge en el desarrollo tecnológico que se está generando a nivel mundial. Con la utilización de los mismos en las computadoras personales (PC's), han surgido programas y aplicaciones muy completas para el tratamiento de los problemas de gestión empresarial, como es el caso del software Winqsb “Windows Quantitative Systems Base” o por su traducción al español: “Sistemas Cuantitativos Base Windows”.

Esta herramienta en la actualidad es muy utilizada por empresas reconocidas a nivel mundial, ya que permite la solución de problemas administrativos, de producción, recursos humanos, dirección de proyectos, etc. Y además presenta la ventaja de ser gratuita.

Al analizar si actualmente en la carrera de Ingeniería Industrial se utilizaba algún tipo de software para el análisis y solución de problemas relacionados con la carrera, se llegó a la conclusión de que no se hacía y se considero que debido a las exigencias laborales en cuanto al dominio de ciertas herramientas o software, no se podía continuar trabajando de esa manera. Motivados por esto, nació la idea del tema de trabajo de grado titulado “Diseño de una guía de aplicación del software Winqsb, para el desarrollo de herramientas cuantitativas de la Ingeniería Industrial”, en el cual se desarrollen los diecinueve módulos que el software Winqsb tiene.

La idea básica fue tomar los programas de asignatura de la carrera de ingeniería industrial, para analizar los contenidos de los mismos y su relación con los diecinueve módulos del software Winqsb, y se verifico en que contenidos del programa de asignatura se pueden aplicar los módulos del software, de esta manera el docente cada vez que imparta un contenido de una materia, sabrá si se puede aplicar algún modulo y estará consiente que tiene una herramienta informática a su disposición que le permitirá

desarrollar mejor la clase, al mismo tiempo que motivara a los estudiantes para que usen este software para la resolución de guías de trabajo, ejercicios de libros o exámenes parciales y finalmente al estar el estudiante ya relacionado con este tipo de herramientas, no tendrá muchos problemas en su vida laboral si necesitara aplicarlas pues ya conocerá algunas.

Para el buen desarrollo del trabajo se hizo necesario estructurar el presente documento respetando los lineamientos del Departamento de Ingeniería y Arquitectura de la FMOcc. Para la elaboración de trabajos de grado, por lo que está compuesto de cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones además de su bibliografía y anexos.

Los capítulos contienen la siguiente información:

CAPÍTULO UNO: GENERALIDADES.

En este capítulo se detallan aspectos que son la base de todo documento formal, detallándose lo que se pretendía alcanzar con el presente estudio, así como sus antecedentes y limitantes. El planteamiento del problema que se pretendía resolver, las razones que motivaron a la resolución de dicho problema y la metodología de investigación que se empleo para la realización del estudio.

CAPÍTULO DOS: MARCO TEÓRICO.

Para lograr comprender de una mejor manera el tema fue necesario contar con un extenso panorama de conceptos teóricos básicos con los cuales se lograra orientar y brindar al lector una idea bastante clara sobre los propósitos de dicha investigación.

Por lo que se presenta un marco teórico el cual contiene información general acerca del software Winqsb, por quién fue creado, definición del Winqsb, la utilidad que brinda y de manera detallada una descripción de los módulos que lo componen.

CAPÍTULO TRES: ANALISIS DE CONTENIDOS DE PROGRAMAS.

En este capítulo se estudio los programas de asignatura de la carrera de ingeniería industrial, se identificaron los contenidos que se pueden desarrollar utilizando algún modulo del software Winqsb, utilizando para ello una matriz de relación “Contenidos vs. Winqsb”. La cual fue desarrollada por los miembros del grupo.

CAPÍTULO CUATRO: GUIA DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE.

En este capítulo se presenta la guía práctica del software Winqsb para los docentes y estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la FMOcc., aunque dicho sea de paso, esto no limita a que cualquier otra carrera que necesite utilizar la guía de aplicación del software Winqsb la pueda aplicar. Dicha guía Inicia desde lo que es la instalación del software, como ejecutarlo y además, como seleccionar el modulo a trabajar, hasta la resolución de ejemplos desarrollados por el grupo de trabajo.

Se presentan también las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron después de la elaboración de la guía práctica, y se describe en detalle las acciones que se deben llevar a cabo y también las sugerencias que se deben tomar en cuenta al momento de la ejecución del proyecto. Al final se encontrará la bibliografía que se utilizo y sirvió de apoyo para la realización del presente trabajo y los anexos en donde se muestra material complementario referente al trabajo.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



Capitulo I:

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES.

1.1.1. GENERALIDADES DEL SOFTWARE WINQSB.

La versión inicial del software Winqsb llamado en ese entonces QSB, fue creado en el año 1985 por Yin-Long Chang profesor del instituto tecnológico de Georgia¹.

El profesor Chang imparte cursos en las áreas de control de calidad, gestión de la tecnología, los sistemas de información de fabricación, las operaciones de planificación y control, y gestión de operaciones². También ha desarrollado tres paquetes de software, QSB, QSOM y QS tanto en versiones para PC y Macintosh, para ayudar en la instrucción y el aprendizaje de las ciencias de gestión, gestión de operaciones y métodos cuantitativos. QSB ha sido valorado el paquete de software superior entre los paquetes similares de OR / MS (1986) y de interfaz (septiembre de 1988).

El Winqsb es una herramienta para el manejo de métodos cuantitativos que inició con la versión de Winqsb 1.0 y luego fue mejorado hasta llegar al Winqsb versión 2.0 el cual está conformado por 19 módulos, los cuales son:

1. ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS (Análisis de muestreo de aceptación)
2. AGGREGATE PLANNING (Planeación agregada)
3. DECISION ANALYSIS (Análisis de decisiones)
4. DYNAMIC PROGRAMMING (Programación dinámica)
5. FACILITY LOCATION AND LAYOUT (Diseño y localización de plantas)
6. FORECASTING (Pronósticos)
7. GOAL PROGRAMMING (Programación por objetivos)

¹ Ver biografía en anexo 1

² Fuente obtenida de: http://mgmt.gatech.edu/directory/faculty/chang/chang_vita.pdf

8. INVENTORY THEORY AND SYSTEM (Teoría y sistemas de inventarios)
9. JOB SCHEDULING (Programación de jornadas de trabajo)
10. LINEAR AND INTEGER PROGRAMMING (Programación lineal y entera)
11. MARKOV PROCESS (Procesos de MARKOV)
12. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING (Planeación de Requerimiento de Materiales)
13. NETWORKS MODELING (Modelación de redes)
14. NONLINEAR PROGRAMMING (Programación no lineal)
15. PERT y CPM
16. QUADRATIC PROGRAMMING (Programación cuadrática)
17. QUALITY CONTROL CHART (Cartas de control de calidad)
18. QUEUING ANALYSIS (Análisis de sistemas de cola)
19. QUEUING ANALYSIS SIMULATION (Simulación de análisis de sistemas de cola)

Con la utilización de este Software, se puede encontrar la solución a problemas administrativos, de producción, de recurso humano, dirección de proyectos, programación dinámica, modelos de redes, programación no lineal, entre otros, tiene la versatilidad de usarse en sistemas operativos de versiones diferentes como el win95/win98/98Se/Me/2000/NT/XP/2003/Vista, ya que, además el uso del software Winqsb sirve para la solución y automatización de una gran cantidad de problemas de carácter complejo de tipo cuantitativo.

Esté software fue creado para la toma de decisiones, para solucionar y automatizar problemas, ya que contiene herramientas útiles como las mencionadas anteriormente. También, fue creado para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa y para ser utilizado como una herramienta de apoyo para estudiantes, docentes y personas en general que necesitan auxiliarse de un paquete de herramientas completo en el que puedan elegir la que más se adapta a la necesidad o

problema de tipo cuantitativo, ya sea en el desarrollo académico de las materias que tengan relación con los módulos del Winqsb o como herramienta de aplicación en las empresas.

Por último, muchas son las empresas que han utilizado el Winqsb y se han visto beneficiadas, empresas reconocidas a nivel mundial como la Texaco, IBM, Delta Airlines, entre otras³, han obtenido millones en ahorros anuales. A fin de ejemplificar el amplio uso de este tipo de software en grandes organizaciones se adjunta una tabla de aplicaciones reales. (Ver tabla 1)

Tabla 1. Ahorro de las empresas por la utilización del Winqsb

ORGANIZACION	NATURALEZA DE LA APLICACION	AÑO DE APLICACION	AHORROS ANUALES
The Netherlands Rijkswaterstaat	Desarrollo de política nacional de administración del agua, incluye mezcla de nuevas instalaciones. Procedimientos de operación y costeo.	1985	\$15 millones
Monsanto Corp.	Optimización de operaciones de producción para cumplir metas con un costo mínimo.	1985	\$2 millones
United Airlines	Programación de turnos de trabajo en oficinas de reservaciones y aeropuertos para cumplir con las necesidades del cliente a un costo mínimo.	1986	\$70 millones
Citgo Petroleum Corp.	Optimización de las operaciones de refinación y de la oferta, distribución y comercialización de productos.	1987	\$70 millones

³ Fuente: www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/173_ivanoff.pdf, Tesinas Programación Lineal.

San Francisco Pólice Department	Optimización de la programación y asignación de oficiales de patrulla con un sistema computarizado.	1989	\$11 millones
Texaco Inc.	Optimización de la mezcla de ingredientes disponibles para que los productos de gasolina cumplieran con los requerimientos de venta y calidad.	1989	\$30 millones
IBM	Integración de una red nacional de inventario de refracciones para mejorar el apoyo al servicio.	1990	\$20 millones + \$250 millones en mejor inventario
Yellow Freight System, Inc.	Optimización del diseño de una red nacional de transporte y la programación de rutas de envío.	1992	\$17,3 millones
New Haven Health Dept.	Diseño de un programa efectivo de intercambio de agujas para combatir el contagio del SIDA.	1993	33% menos contagio
AT&T	Desarrollo de un sistema basado en PC para guiar a los clientes del negocio en el diseño del centro de llamadas.	1993	\$750 millones
Delta Airlines	Maximización de ganancias a partir de la asignación de los tipos de aviones en 2.500	1994	\$100 millones

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La tecnología ha venido evolucionando y más aun entrando al nuevo siglo, época en la cual se da un auge tecnológico en la informática, específicamente en la utilización de software como una herramienta de solución de problemas ingenieriles de tipo cuantitativo y para este caso la carrera de ingeniería industrial no se puede quedar obsoleta en la utilización de software aplicado en el desarrollo de las asignaturas.

Muchos de estos programas informáticos son gratuitos y están al alcance de todas las personas que requieran de su uso, pero hoy en día estos no son explotados, lo cual beneficiaría tanto a docentes como a alumnos por presentar otra forma de solucionar problemas en las materias que lo amerite.

Actualmente, en la carrera de ingeniería industrial de la FMOcc, la informática no se utiliza de manera regular, y día a día hay más exigencias o requerimientos en cuanto al conocimiento y aplicabilidad de estas herramientas informáticas en el desarrollo académico para posteriormente ser aplicados en el ámbito laboral, y esto es logrado a través de los docentes. A pesar de esto, el software no es explotado debidamente para aprovechar las funcionalidades y ventajas que aportan en la solución de problemas de tipo cuantitativo.

Precisamente, es el caso de los docentes de la FMOcc de la carrera de ingeniería industrial, ya que existe irregularidad en cuanto a la utilización de software para impartir las clases, ejemplificar, o incentivar el uso de software que tengan aplicabilidad en las materias que lo requiera.

Por tal motivo, se realizó una encuesta para indagar acerca de la utilización de software y específicamente del conocimiento del software Winqsb, y se administró a nueve catedráticos que representan el 100% de los docentes que imparten clases a

Ingeniería Industrial; en lo cual se les preguntó si han utilizado el software Winqsb como una herramienta para la solución de problemas de tipo cuantitativo (administración, de recursos humanos, producción, etc.), obteniendo en los resultados que el 60% de los docentes expresan que no han utilizado el software, esto es por desconocimiento tanto del software como de todas aplicaciones que este tiene.

De la misma manera, se les pregunto si han utilizado el software (Winqsb) y si conocen de todas las aplicaciones que posee esta herramienta para la utilización en las materias de Ingeniería Industrial, lo cual el 70% de la muestra expresan no conocer del software ni de sus aplicaciones. Además, otra de las preguntas sobresalientes, es que si permite que los alumnos utilicen algún tipo de herramienta o software para resolver parciales o guías prácticas de ejercicios, y el 50% de la muestra expresa que es importante que los alumnos se apoyen de herramientas como son algunos tipos de software que sirven para la solución de problemas ingenieriles de tipo cuantitativo para comparar respuestas obtenidas manualmente, tareas ex aula, entre otros, con el fin que los alumnos sean eficientes, efectivos y prácticos.⁴

Igualmente, el alumnado de la carrera de ingeniería industrial, desconoce de la utilización del software Winqsb, como se mencionó anteriormente, los docentes no utilizan este tipo de software, por tal motivo, no incentivan a los alumnos a la utilización del mismo, en la solución de tareas ex aula, comparación de respuestas a problemas realizados manualmente, para la solución de parciales, entre otros.

Por tal razón, se realizó y administró encuestas dirigidas a estudiantes de la FMOcc de la carrera de ingeniería industrial, exactamente a 32 estudiantes entre cuarto y quinto año de la carrera, que representan el 60% del universo, lo cual expresan a la pregunta ¿mencione en cuales materias de ingeniería industrial se ha visto en la necesidad de

⁴ Datos obtenidos de encuestas administradas a docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, FMOcc. Ver anexo 2.

utilizar el software Winqsb y especifique en cuales temas?, control de calidad 5, investigación de operaciones 1, administración de proyectos 1, modelos de resolución de problemas 1, distribución en planta 1, técnicas de gestión industrial 1, y 22 alumnos expresan no utilizar ningún software por falta de conocimiento.

De la misma manera, se preguntó ¿por qué motivo no utiliza un software para resolver tareas ex aula, resolución de exámenes, ejercicios prácticos, etc.? Lo cual, 11 respondieron por complejidad, 13 no existe una guía, 6 no conocen de ningún software y 1 no es necesario. Por último, otra de las preguntas significativas que se obtuvieron es ¿estaría dispuesto a utilizar el software Winqsb si se le presenta como una guía de aplicación en las materias de ingeniería industrial?, lo cual el 97% de la muestra respondieron que si les gustaría utilizarlo⁵.

Por otra parte, los alumnos por sí mismo no tienen la iniciativa ni el conocimiento para utilizar el software y los que han utilizado esta herramienta no conocen en su totalidad las aplicaciones que posee y lo hacen de manera empírica.

Se debe tomar en cuenta que hoy en día las empresas solicitan profesionales integrales y esperan que estos futuros profesionales estén familiarizados con herramientas informáticas, específicamente software que permitan cumplir con las exigencias del mercado laboral, software como el Winqsb.

En el caso de los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial no tienen estos conocimientos al momento de culminar y ejercer la carrera para emerger en el ámbito laboral, las exigencias del mercado laboral impulsan a explorar nuevas formas de analizar y resolver problemas de tipo cuantitativo, al conocimiento de software y que estos a la vez puedan ser utilizados en las empresas para la administración de las mismas.

⁵ Datos obtenidos de encuestas administradas a estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, FMOcc. Ver anexo 3.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. GENERAL:

- Diseñar una guía de aplicación del software Winqsb, para el desarrollo de herramientas cuantitativas de la Ingeniería Industrial.

1.3.2. ESPECIFICOS:

- Encontrar la relación de las materias de la carrera de Ingeniería industrial con los con los 19 módulos del software Winqsb.
- Desarrollar la guía de aplicación de los contenidos con cada uno de los módulos del programa.
- Ejecutar el software aplicando técnicas cuantitativas en cada caso de estudio.
- Resolver ejercicios para un mejor entendimiento del uso del programa.

1.4. JUSTIFICACION.

Actualmente las empresas requieren de profesionales con diversos conocimientos que puedan ser aplicados directamente a estas, en la que no se puede dejar a un lado los conocimientos de la informática en cualquiera de las diferentes carreras y los ingenieros industriales no son la excepción. Por tal motivo, en la formación académica del Ingeniero Industrial es indispensable el manejo de la informática ya que hoy en día el uso de la computadora es indispensable dentro de las empresas.

Es por ello, que los estudiantes y futuros profesionales de la carrera de ingeniería industrial deben estar familiarizados con el conocimiento de los diferentes software que existen en la actualidad, generando la utilización de estos, una ventaja competitiva en el futuro profesional a la hora de insertarse al mercado laboral, ya que muchos de estos software no generan costos para las empresa o instituciones que lo deseen utilizar, y estos al mismo tiempo aportan beneficio y valor para el desarrollo y crecimiento de las empresas, como es el caso específico del software Winqsb.

Por otra parte, dentro de la enseñanza aprendizaje de la carrera de ingeniería industrial, el docente juega un papel importante para incentivar al alumnado el uso y aplicación del software Winqsb en las materias que lo requieran. En el cual se verá beneficiado el docente aprendiendo y enseñando nuevos métodos para el análisis y resolución de problemas, y al mismo tiempo el alumno aprendiendo esos nuevos métodos de enseñanza que será de ayuda a la hora de ejercer en el ámbito profesional.

Además, las empresas se verán beneficiadas porque los futuros profesionales ya tendrán conocimientos de un software que aporte valor a la resolución de problemas de tipo cuantitativo que se estén generando dentro de las empresas.

Se llevo a cabo una investigación entre diferentes software que son similares al Winqsb, para verificar la calidad del mismo en relación con otros, los resultados se muestran en la siguiente tabla⁶:

Tabla 2. Comparativa del software Winqsb con otros programas similares.

	WINQSB 2.0	MATLAB	STATGRAPHIC	MINITAB
HERRAMIENTA	Paquete de herramientas para el análisis de decisiones	Es una familia de productos que incluye optimización, proceso de señales, simulación y ecuaciones diferenciales.	Este programa incluye las utilidades necesarias para el análisis estadístico de datos	Ofrece herramientas precisas y fáciles de usar para la mejora de la calidad y la estadística general.
COSTO	Gratis	\$6000	\$2300	\$895
LICENCIA	Gratis	\$1000 / año	\$450 / año	\$150 / año
EVALUACION DE USUARIOS	8.7	9.1	9.0	8.3
IDIOMA	Inglés	Inglés, Alemán, Japonés	Inglés	Ingles
SISTEMA OPERATIVO	Win98, 98SE, Me, 2000, NT, XP, 2003, Vista, Win 7	Win2000, NT, XP, 2003, Vista	Win95, 98, 98SE, Me, 2000, NT, XP	Win2000, NT, XP, 2003, Vista
TAMAÑO	3,7 MB	145,3 MB	43.3 MB	122.8 MB

Después de esta revisión, es notorio que el Winqsb, tiene muchas prestaciones y entre ellas la más atractiva es que no tiene costo alguno y además los usuarios que lo han usado lo califican con nota alta.

⁶ Fuente: <http://www.sectormatematica.cl/software.htm>

1.5. ALCANCES.

- La guía se desarrollo aplicándola en los contenidos de los programas de las materias de la carrera de ingeniería industrial, tomando en cuenta si se aplica o no alguna técnica de tipo cuantitativa.
- Se desarrollo la guía por cada uno de los 19 módulos del software Winqsb y se solucionaron ejemplos para cada tecnica.

1.6. LIMITANTES.

- Falta de manuales o guías donde se desarrolle cada uno de los 19 módulos del software Winqsb.

1.7. METODOLOGIA DE INVESTIGACION.

Se necesitaba un método que asegurara la obtención y preparación de toda la información requerida. La metodología de la investigación incluyó los procesos y procedimientos usados para llevar a cabo dicho trabajo y que mediante la implementación de estos se pudo llegar a la definición de los Objetivos o del rumbo que debía tomar la investigación que se realizó. Así entonces, todo el desarrollo del trabajo de investigación se orientó a lograr dichos Objetivos.

Una de las finalidades primordiales del desarrollo de la investigación fue la de proveer la información necesaria para poder tener en que respaldarse y tomar las decisiones respectivas, en cada momento de la investigación, y tuvo las siguientes características:

- Fue planificada, se tuvo una previa organización.
- Fue objetiva es decir, trato de eliminar las preferencias personales y los sentimientos que podrían desempeñar o enmascarar el resultado del trabajo de investigación.
- Ofrece resultados comprobables y verificarles en las mismas circunstancias en las que se realizó la investigación.

Es importante tener en cuenta los pasos que se realizaron para cumplir con la investigación del estudio, el cual constó de 5 etapas en las cuales se obtuvo la información clave y necesaria para tomar las decisiones respectivas que demuestran la importancia de la utilización de esta herramienta (Winqsb) en el área de ingeniería industrial, a continuación se detalla cada una de las etapas cumplidas:

ETAPA 1. DOCUMENTACION DE LA INFORMACION.

Se procedió a reunir la información sobre la utilización del software, la relación con las materias, y su importancia de aplicación en la carrera.

ETAPA 2. CLASIFICACION DE LA INFORMACION.

Una vez recolectada toda la información, se procedió a clasificarla por orden de importancia y se excluyó toda información innecesaria que no aporte valor a la investigación que se realizó, para ellos se hizo uso de gráficos, tablas, diagramas, etc.

ETAPA 3. ANALISIS DE LA INFORMACION.

Se realizó el análisis sobre la utilización del software, los módulos que tiene y la relación de los contenidos de los programas de materias de la carrera de ingeniería industrial con el software, en este punto fue muy importante poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica de ingeniería industrial, pues se tomaron decisiones con base técnica.

ETAPA 4. EXPERIMENTACION DEL SOFTWARE (Winqsb).

Se experimentó con este software durante 6 meses resolviendo los problemas ingenieriles de tipo cuantitativo y se pudo identificar muchos de los problemas que los futuros usuarios podrían tener al usarlo, por lo que se procedió a enlistar estos problemas y tomarlos en cuenta al momento de proponer el manual.

ETAPA 5. ELABORACION DEL DOCUMENTO.

Una vez que la información se encontraba documentada y analizada, el siguiente paso fue plantear toda la información obtenida haciendo énfasis especialmente en que todo se pensó de tal manera que la guía resultara fácil de comprender y aplicar por parte de los alumnos y los docentes.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



Capitulo II:

MARCO TEORICO

2.1. ¿QUE ES EL WINQSB?

Winqsb (Windows Quantitative Systems Base o Sistemas Cuantitativos Base Windows) 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.

2.2. ASPECTOS TECNICOS

Tabla 3: Descripción de los requisitos técnicos del software

PROCESADOR :	Procesador Intel Celeron 566 Mhz o superior
MEMORIA RAM :	64 Mb RAM
DISCO DURO :	Disco Duro 10 Gb
VIDEO :	Tarjeta Gráfica 8Mb SVGA ATI RAGE 3D AGP
PERIFERICOS NECESARIOS:	Teclado, Mouse, Monitor
RESOLUCIÓN :	800 x 600 (default)
SISTEMA OPERATIVO MICROSOFT:	Win98/98SE/Me/2000/NT/XP/2003/Vista/Win7
IDIOMA SOPORTE :	Inglés
PLATAFORMAS :	Microsoft, Macintosh
LICENCIA :	Freeware (Gratis)
TAMAÑO DEL SOFTWARE:	3.7 MB
ULTIMA VERSIÓN ESTABLE:	2.0
AUTOR:	Dr. Yih-Long Chang
PAQUETES:	19 módulos independientes
MULTIUSUARIO :	No (no es cliente-servidor), es mono usuario
DEPENDENCIAS DE SOFTWARE:	Ninguna
ARQUITECTURA :	32 bits
INTERFAZ :	Entornos gráficos con funciones personalizables
INSTALACIÓN :	Archivo rar o zip con un instalador Setup.exe

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.

2.3. MODULOS QUE LO CONFORMAN

Hoy en día el mundo empresarial se ha vuelto más complicado que en años anteriores, debido a un mercado muy competitivo en donde solo el mejor se lleva la mejor parte, es por eso que las empresas han comenzado a usar una variedad de modelos de optimización en sus procesos tanto operativos como administrativos y financieros apoyados en los diferentes modelos cuantitativos, como es la investigación de operaciones y es en este punto donde aparece WINQSB, este aplicativo tiene como finalidad solucionar problemas de tipo empresarial en cada una de las diferentes áreas, resolviendo por medio de modelos matemáticos y heurísticos, diferentes problemas de orden cuantitativo que se pueden presentar en una organización, esto da apoyo igualmente a profesores y estudiantes de carreras como la ingeniería industrial quienes pueden simular situaciones empresariales donde hay que solucionar problemas de diferente índole. WINQSB esta dividido en 19 módulos:

- 1. Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis)*
- 2. Planeación agregada (Aggregate Planning)*
- 3. Análisis de decisiones (Decision Analysis)*
- 4. Programación dinámica (Dynamic Programming)*
- 5. Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)*
- 6. Pronósticos (Forecasting)*
- 7. Programación por objetivos (Goal Programming)*
- 8. Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System)*
- 9. Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling)*

10. *Programación lineal y entera (Linear and integer programming)*
11. *Procesos de Markov*
12. *Planeación de Requerimiento de Materiales*
13. *Modelación de redes (Network Modeling)*
14. *Programación no lineal (Nonlinear Programming)*
15. *PERT y CPM (PERT_CPM)*
16. *Programación cuadrática (Quadratic Programming)*
17. *Cartas de control de calidad (Quality Control Chart)*
18. *Sistemas de cola (Queuing Analysis)*
19. *Simulación de sistemas de cola (Queuing Analysis Simulation)*

2.4. DESCRIPCIÓN DE CADA MODULO.

A continuación se presenta una breve descripción teórica referente a cada uno de los módulos que presenta el Winqs; con el objetivo de definirlos para que cualquier persona que lea el presente documento, se familiarice con las técnicas que el software presenta.

2.4.1. ANALISIS DE MUESTREO DE ACEPTACION.

El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

El error que se comete debido al hecho de que se obtienen conclusiones sobre cierta realidad a partir de la observación de sólo una parte de ella, se denomina error de muestreo. Obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos.

En todas las ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo, lo que se hace es trabajar con una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población.

Cuando se dice que una muestra es representativa, se indica que reúne aproximadamente las características de la población que son importantes para la investigación.

Existen diferentes criterios de clasificación de los diferentes tipos de muestreo, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: métodos de muestreo probabilísticos y métodos de muestreo no probabilísticos.

El muestreo de aceptación Es la manera de evaluar una parte de los productos que forman un lote con el propósito de aceptar o rechazar el lote completo. Su uso es recomendado cuando el costo de inspección es alto o la inspección es monótona y causa errores de inspección o cuando se requieren pruebas destructivas.

El plan de muestreo consiste en seleccionar aleatoriamente una parte representativa del lote, inspeccionarla y decidir si cumple con nuestras especificaciones.

La primera clasificación de los planes de muestreo para aceptación podría ser la distinción entre planes de muestreo por atributos y planes de muestreo por variables dependiendo del tipo de característica de calidad que se mida. Las variables son características de calidad que se miden en una escala numérica y los atributos son características de calidad que se expresan en forma de aceptable o no aceptable.

Utilizando el Winqsb, se puede hacer:

2.4.1.1. Muestreo de Aceptación por Atributos.

El plan de muestreo por atributos (n, c) consiste en inspeccionar muestras aleatorias de n unidades tomadas de lotes de tamaño N , y observar el número de artículos disconformes o defectuosos d en las muestras. Si el número de artículos defectuosos d es menor que o igual a c , se aceptara el lote, si el número de dichos artículos defectuosos d es mayor que c se rechazara el lote.

2.4.1.2. Muestreo de aceptación por variables.

En los planes de muestreo de aceptación por variables se especifican el número de artículos que hay que muestrear y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa. Estos planes se basan generalmente en la media y desviación estándar maestras de la característica de calidad. Cuando se conoce la distribución de la característica en el lote o el proceso, es posible diseñar planes de muestreo por variables que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada.

2.4.1.3. Muestreo simple.

Un plan de muestreo simple es un procedimiento en el que se toma una muestra aleatoria de n unidades del lote para su estudio y se determina el destino de todo el lote con base en la información contenida en la muestra.

Consiste en extraer una muestra aleatoria de n unidades de una corrida o lote original e inspeccionarla sobre las bases de aceptación o rechazo para encontrar c o menos unidades defectuosas.

2.4.1.4. Muestreo doble.

Un plan de muestro doble tiene dos fases. En la primera fase se selecciona una muestra inicial y se toma una decisión basada en la información de esta muestra. Esta decisión puede llevar a tres alternativas: aceptar el lote, rechazar el lote o tomar una segunda muestra. Si se toma esta ultima estamos ante la segunda fase, y se combina la información de ambas muestras para decidir sobre la aceptación o el rechazo del lote.

2.4.1.5. Muestreo múltiple.

Un plan de muestre múltiple es una extensión del concepto de muestreo doble a varias fases en el que pueden necesitarse más de dos muestras para llegar a una decisión acerca de la suerte del lote. Los tamaños maestres suelen ser menores que en un muestreo simple o doble.

2.4.1.6. Muestreo secuencial.

Un plan de muestreo secuencial es una extensión del muestreo múltiple a un número elevado de fases (teóricamente infinito) en el que se van seleccionando artículos de uno en uno del lote y, según la inspección de cada unidad, se toma una decisión para aceptar o rechazar el lote o bien seleccionar otro artículo para seguir inspeccionando.

2.4.2. PLANEACION AGREGADA.

La planeación agregada se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. La planeación agregada se refiere a la relación existente entre la oferta y la demanda de producción a mediano plazo hasta un aproximado de doce meses a futuro.

El término agregada implica que esta planeación se realiza para una sola medida en general de producción y en dado caso, en algunas categorías de productos acumulados. Por lo tanto, la planeación agregada, tiene un alcance establecido, tanto en límite de tiempo, como a nivel de productividad, en el que deberá abarcar un tiempo no mayor de un año, al igual que sólo se aplica para una sola medida general de producción, y cuando mucho pudiera realizarse para algunas categorías de productos ya existentes.

Utilizando el Winqsb, la planeación agregada se puede abordar de 3 formas distintas:

- Modelos Simples: Este tipo de modelos analizan los costos lineales de producción, los subcontratos, ventas pérdidas, inventarios/pedidos, tiempos extras, contratos/despidos.
- Modelos de Transportes: Representa una relación origen (producción) destino (demanda) entre varios actores a través de un modelo de transporte, considerando tiempos de producción, venta perdidas, subcontratos, tiempos extras.
- Modelos generales de Programación Lineal: Cubre la mayoría de situaciones que pueden presentarse en la Planeación Agregada. Incluye todos los elementos de los dos modelos anteriores.

2.4.3. ANÁLISIS DE DECISIÓN.

Proporciona un marco conceptual y una metodología para la toma de decisiones de forma racional. Una decisión puede definirse como el proceso de elegir la solución para un problema, siempre y cuando existan al menos dos soluciones alternativas.

El Winqsb resuelve cuatro problemas de decisión típicos: Análisis de Bayes, análisis de tabla de pagos, análisis de árbol de decisión, y teoría de juegos de suma-cero. Las capacidades específicas incluyen:

- Resuelve Problemas del Análisis de Bayes
- Encuentra las probabilidades posteriores dado un estudio o información de la muestra
- Analiza la tabla de pagos
- Usa siete criterios para tomar la decisión para la situación de pagos. También se evalúan valores de información perfecta y/o información de la muestra.
- Analiza el árbol de decisión
- Evalúa valores esperados por cada nodo o evento y elige la opción.
- Resuelve juegos de suma-cero de dos jugadores
- Halla el Punto de silla de montar para la solución estable o las probabilidades óptimas para la solución inestable.
- Dibuja el gráfico del árbol de decisión para Análisis de Bayes, tabla de pagos, y problemas de árbol de decisión
- Realiza una simulación Monte Carlo para el problema de juego de suma-cero
- La introducción de datos se da en formato de hoja de cálculo

2.4.3.1. Análisis bayesiano

Así denominado al método que, haciendo uso de la fórmula de Bayes, permite corregir unas probabilidades a priori o de partida, generalmente de carácter subjetivo, en función

de la nueva información experimental u objetiva obtenida por medio de una muestra, y obtener unas segundas probabilidades revisadas o a posteriori. El proceso se puede repetir cuantas veces sea menester, tomando estas segundas probabilidades como probabilidades a priori, susceptible de ser revisadas nuevamente. Se trata de un método de naturaleza secuencial y adaptativa de gran utilidad para la toma de decisiones.

2.4.3.2. Análisis de tablas de pago

Esta herramienta permite escribir el problema en una tabla estandarizada, permiten hacer un análisis sistemático del problema siendo de gran aporte para la toma de decisiones. Estas tablas contiene cuatro elementos de manera usual los cuales son: Diferentes alternativas de acción, los estados de la naturaleza, la probabilidad de los estados de la naturaleza y los rendimientos; en esta última se muestran los resultados.

2.4.3.3. Juegos de suma cero para dos jugadores

En los juegos de suma cero el beneficio total para todos los jugadores del juego, en cada combinación de estrategias, siempre suma cero (en otras palabras, un jugador se beneficia solamente a expensas de otros). El go, el ajedrez, el póker y el juego del oso son ejemplos de juegos de suma cero, porque se gana exactamente la cantidad que pierde el oponente. Como curiosidad, el fútbol dejó hace unos años de ser de suma cero, pues las victorias reportaban 2 puntos y el empate 1 (considérese que ambos equipos parten inicialmente con 1 punto), mientras que en la actualidad las victorias reportan 3 puntos y el empate 1.

La mayoría de los ejemplos reales en negocios y política, al igual que el dilema del prisionero, son juegos de suma no cero, porque algunos desenlaces tienen resultados netos mayores o menores que cero. Es decir, la ganancia de un jugador no necesariamente se corresponde con la pérdida de otro. Por ejemplo, un contrato de

negocios involucra idealmente un desenlace de suma positiva, donde cada oponente termina en una posición mejor que la que tendría si no se hubiera dado la negociación.

Se puede analizar más fácilmente un juego de suma cero, y cualquier juego se puede transformar en un juego de suma cero añadiendo un jugador "ficticio" adicional ("el tablero" o "la banca"), cuyas pérdidas compensen las ganancias netas de los jugadores.

La matriz de pagos de un juego es una forma conveniente de representación. Por ejemplo, un juego de suma cero de dos jugadores con la matriz que se muestra a la derecha.

2.4.3.4. Análisis de árboles de decisión

Un árbol de decisión proporciona una forma para desplegar visualmente un problema y después organizar el trabajo de cálculos que deben realizarse. Los árboles de decisión son especialmente útiles cuando deben tomarse una serie de decisiones.

Nodo de decisión: Indica que una decisión necesita tomarse en ese punto del proceso. Está representado por un cuadrado

Nodo de probabilidad: Indica que en ese punto del proceso ocurre un evento aleatorio (estado de la naturaleza) Está representado por un círculo

Rama: Nos muestra los distintos posibles caminos que se pueden emprender dado que tomamos una decisión u ocurre algún evento aleatorio.

Por último se colocan los pagos al final de las ramas terminales del estado de la naturaleza para demostrar el resultado que se obtendría a elegir un camino específico.

En resumen, los árboles de decisión proveen un método efectivo para la toma de decisiones debido a que:

1. claramente plantean el problema para que todas las opciones sean analizadas.
2. permiten analizar totalmente las posibles consecuencias de tomar una decisión.
3. proveen un esquema para cuantificar el costo de un resultado y la probabilidad de que suceda.
4. nos ayuda a realizar las mejores decisiones sobre la base de la información existente y de las mejores suposiciones.

2.4.4. PROGRAMACIÓN DINÁMICA.

La programación dinámica es un enfoque general para la solución de problemas en los que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas. Las decisiones tomadas en una etapa condicionan la evolución futura del sistema, afectando a las situaciones en las que el sistema se encontrará en el futuro (denominadas estados), y a las decisiones que se plantearán en el futuro.

Conviene resaltar que a diferencia de la programación lineal, el modelado de problemas de programación dinámica no sigue una forma estándar. Así, para cada problema será necesario especificar cada uno de los componentes que caracterizan un problema de programación dinámica.

El procedimiento general de resolución de estas situaciones se divide en el análisis recursivo de cada una de las etapas del problema, en orden inverso, es decir comenzando por la última y pasando en cada iteración a la etapa antecesora. El análisis de la primera etapa finaliza con la obtención del óptimo del problema.

Existen tres modelos diferentes manejados por WINQSB.

2.4.4.1. Problema de la diligencia.

El problema de la diligencia es un prototipo literal de los problemas de programación dinámica. Por tanto una manera de reconocer una situación que se puede formular como un problema de programación dinámica es poder identificar una estructura análoga a la del problema de la diligencia.

Características básicas:

1.- El problema se puede dividir en etapas que requieren una política de decisión en cada una de ellas.

- 2.- Cada etapa tiene cierto número de estados asociados con su inicio. Los estados son las distintas condiciones posibles en las que se puede encontrar el sistema en cada etapa del problema.
- 3.- El efecto de la política de decisión en cada etapa es transformar el estado actual en un estado asociado con el inicio de la siguiente etapa.
- 4.- El procedimiento de solución está diseñado para encontrar una política óptima para el problema completo.
- 5.- Dado el estado actual, una política óptima para las etapas restantes es independiente de la política adoptada en etapas anteriores. Este es el principio de optimalidad para programación dinámica.
- 6.- El procedimiento de solución se inicia al encontrar la política óptima para la última etapa.
- 7.- Se dispone de una relación recursiva que identifica la política óptima para la etapa n , dada la política óptima para la etapa $n+1$.

2.4.4.2. Problema de la mochila.

La idea básica es que existen N tipos distintos de artículos que pueden cargarse en una mochila; cada artículo tiene asociados un peso y un valor. El problema consiste en determinar cuántas unidades de cada artículo se deben colocar en la mochila para maximizar el valor total.

Este enfoque resulta útil para la planificación del transporte de artículos en algún medio, por ejemplo: carga de un buque, avión, camión etc.

También es utilizable este modelo en planificación de producción, por ejemplo enrutamiento de la producción a través de varias máquinas.

El problema se desarrolla bajo dos consideraciones, primero teniendo en cuenta el peso y luego el volumen. Este es un problema que también podría resolverse por programación lineal entera teniendo en cuenta la función objetivo y sus restricciones siguientes.

2.4.4.3. Programación de producción e inventarios.

El problema consiste en determinar un programa de producción para un periodo de tiempo con el fin de minimizar los costos totales relacionados.

Hay demandas conocidas para cada periodo, límites de capacidad tanto para la producción como para los inventarios. Cuando hay más producción que demanda, se acumula inventario, y cuando la producción es menor que la demanda, se generarán retrasos en el cumplimiento de pedidos. Para cada periodo, una producción diferente de cero incurre en un costo de preparación.

2.4.5. DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTAS.

Por diseño de plantas se entiende: La ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller.

El objetivo primordial que persigue el diseño de planta es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados.

Por localización de plantas se entiende el proceso de ubicación del lugar adecuado para instalar una planta industrial requiere el análisis de diversos factores, y desde los puntos de vista económico, social, tecnológico y del mercado entre otros.

El Winqsb considera no solo los aspectos relacionados con la ubicación y diseño de instalaciones, sino que también lo relacionado con el balanceo de líneas de producción.

2.4.6. PRONÓSTICOS.

Este modulo soluciona problemas correspondientes a estimaciones de ciertas variables en un periodo de tiempo futuro, para lo cual toma datos del pasado; con los cuales se hace un pronóstico sistemático, con el fin de obtener una estimación futura.

Estos pronósticos son muy útiles en el campo en diferentes organizaciones tanto privadas como públicas, las cuales utilizan estos métodos para obtener mecanismos de predicción de variables futuras, tales como los son: El nivel de educación de un área, la demanda de un producto, la cantidad de insumos necesarios para la producción de un articulo, entre otros. El programa utiliza las series de tiempo y la regresión lineal

2.4.6.1. Series de tiempo.

Una serie de tiempo es una secuencia de datos, observaciones o valores, medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, normalmente, espaciados entre sí de manera uniforme. El análisis de series temporales comprende métodos que ayudan a interpretar este tipo de datos, extrayendo información representativa, tanto referente a los orígenes o relaciones subyacentes como a la posibilidad de extrapolar y predecir su comportamiento futuro.

De hecho uno de los usos más habituales de las series de datos temporales es su análisis para predicción y pronóstico. Por ejemplo de los datos climáticos, de las acciones de bolsa, o las series pluviométricas.

2.4.6.2. Regresión lineal.

El objeto de un análisis de regresión es investigar la relación estadística que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Para poder realizar

esta investigación, se debe postular una relación funcional entre las variables. Debido a su simplicidad analítica, la forma funcional que más se utiliza en la práctica es la relación lineal. Cuando solo existe una variable independiente, esto se reduce a una línea recta.

En general el programa utiliza los siguientes métodos de pronóstico:

- Promedio simple.
- Promedio móvil.
- Promedio móvil ponderado.
- Promedio móvil con tendencia lineal.
- Suavizado exponencial simple.
- Suavizado exponencial simple con tendencia lineal.
- Suavizado exponencial doble.
- Suavizado exponencial doble con tendencia lineal.
- Suavizado exponencial adaptado.
- Regresión lineal con tiempos.
- Algoritmo suma Holt-Winters.
- Algoritmo multiplicativo Holt-Winters.

2.4.7. PROGRAMACIÓN POR OBJETIVOS.

La Programación por Metas fue inicialmente introducida por Charnes y Cooper en los años 50. Desarrollada en los años 70 por Ljiri, Lee, Ignizio y Romero, es actualmente uno de los enfoques multicriterio que más se utilizan.

En principio fue dirigida a resolver problemas industriales, sin embargo posteriormente se ha extendido a muchos otros campos como la economía, agricultura, recursos ambientales, recursos pesqueros, etc. Resulta de gran interés, sobre todo, en problemas complejos de gran tamaño.

La formulación de un modelo de Programación Meta es similar al modelo de P.L. El Primer paso es definir las variables de decisión, después se deben de especificar todas las metas gerenciales en orden de prioridad. Así, una característica de la Programación Meta es que proporciona solución para los problemas de decisión que tengan metas múltiples, conflictivas e inconmensurables arregladas de acuerdo a la estructura prioritaria de la administración.

La Programación Meta es capaz de manejar problemas de decisión con una sola meta o con metas múltiples. En tales circunstancias, las metas establecidas por el tomador de decisiones son logradas únicamente con el sacrificio de otras metas.

Las características que distinguen la programación Meta es que las metas se satisfacen en una secuencia ordinal. Esto es, las metas que deben clasificarse en orden de prioridad por el tomador de decisiones son satisfechas secuencialmente por el algoritmo de solución. Las metas con prioridad baja se consideran solamente después de que las metas de prioridad alta se han cumplido. La Programación meta es un proceso de satisfacción, en el sentido de que el tomador de decisiones tratará de alcanzar un nivel satisfactorio en vez del mejor resultado posible para un solo objetivo.

La noción fundamental de la Programación Meta, comprende incorporar todas las metas gerenciales en la formulación del modelo del sistema. En la programación Meta, en vez de intentar minimizar o maximizar la Función Objetivo directamente, como en la programación lineal, se minimizan las desviaciones entre las metas y los límites logrables dictados por el conjunto dado de restricciones en los recursos.

Estas variables de desviación, que se denominan de "holgura" o "sobrantes" en programación lineal toman un nuevo significado en la Programación Meta. Ellas se dividen en desviaciones positivas y negativas de cada una de las submetas o metas. El objetivo se convierte entonces en la minimización de estas desviaciones, dentro de la estructura prioritaria asignada a estas desviaciones.

2.4.8. TEORÍA Y SISTEMAS DE INVENTARIOS.

El problema consiste en determinar un programa de producción para un periodo de tiempo con el fin de minimizar los costos totales relacionados. Hay demandas conocidas para cada periodo, límites de capacidad tanto para la producción como para los inventarios. Cuando hay más producción que demanda, se acumula inventario, y cuando la producción es menor que la demanda, se generarán retrasos en el cumplimiento de pedidos. Para cada periodo, una producción diferente de cero incurre en un costo de preparación.

A continuación se describirán los diferentes tipos de problemas de inventario que resuelve el Winqs:

- Problema de cantidad económica de la orden para demanda Determinística.
- Análisis del problema de cantidad discontinua para demanda Determinística.
- Problemas con demanda estocástica para un solo periodo.
- Problemas con demanda dinámica con existencias de reserva.
- Sistema o modelo de cantidad fija de orden continuo.
- Sistema o modelo revisión continua.
- Sistema o modelo de intervalo fijo de revisión periódica.
- Sistema o modelo de revisión periódica con reaprovisionamiento opcional

2.4.9. PROGRAMACIÓN DE JORNADAS DE TRABAJO.

Este programa resuelve los problemas de taller de tareas y programación del flujo de trabajo usando generación heurística y aleatoria.

El control del taller incluye los principios, métodos y técnicas que se necesitan para planear, programar y evaluar la eficacia de las operaciones de producción. El control del taller integra las actividades de los llamados factores de producción de una instalación de fabricación, como los trabajadores, las máquinas y el equipo para manejo de materiales.

El Winqsb aborda la programación de jornadas de trabajo desde 2 puntos de vista:

- Talleres cuyas actividades se basan en el flujo de trabajo.
- Línea de fabricación y línea de ensamble.

2.4.9.1. Talleres cuyas actividades se basan en el flujo de trabajo.

Un taller de este tipo consiste en un conjunto de instalaciones cuyo trabajo fluye en serie. Las mismas operaciones se realizan de manera sucesiva en cada estación de trabajo, de tal manera que para realizarlas se requiere de trabajadores poco calificados.

El taller cuya actividad se basa en el flujo de trabajo por lo regular representa una situación de producción en serie o masiva y, por lo tanto, las operaciones que en él se realizan son altamente eficientes.

2.4.9.2. Línea de fabricación y línea de ensamble.

Una versión de una distribución orientada al producto es una línea de fabricación; otra es una línea de ensamble.

La línea de fabricación construye componentes, tales como llantas para automóvil o partes metálicas para un refrigerador, en una serie de máquinas.

Una línea de ensamble junta las partes fabricadas en una serie de estaciones de trabajo.

Ambas pertenecen a los procesos repetitivos y en ambos casos la línea debe ser balanceada. Es decir, el trabajo llevado a cabo en una máquina debe balancear el trabajo realizado en la siguiente máquina en la línea de fabricación, de la misma manera en que se debe balancear la actividad realizada por un empleado en una estación de trabajo, dentro de una línea de ensamble, esto mismo debe llevarse a cabo con el trabajo hecho en la siguiente estación de trabajo por el siguiente empleado.

2.4.10. PROGRAMACIÓN LINEAL Y ENTERA.

La programación lineal también conocida como optimización lineal, es la maximización o minimización de una función lineal sobre un poliedro convexo definido por un conjunto de restricciones lineales no negativas. La teoría de la programación lineal cae dentro de la teoría de la optimización convexa y es también considerada como parte importante de la investigación de operaciones.

La programación lineal entera es el conjunto de problemas de programación lineal para los cuales todas o parte de sus variables pertenecen a los números enteros.

Pudiera pensarse que los métodos de obtención de soluciones a problemas de programación lineal entera pudieran ser menos difíciles que los de programación lineal generales, pero resulta lo contrario. Los algoritmos que permiten resolver los problemas restringidos a enteros son más complejos y requieren mucho más tiempo computacional.

Para la resolución de los problemas de programación lineal entera existen diferentes métodos. Los métodos exactos son los que encuentran, si existe, el óptimo absoluto. Muchos de estos métodos parten de la resolución del modelo dejando a un lado las restricciones enteras y buscando el mejor valor para las variables reales. A partir del supuesto de que la solución entera no debe estar muy lejos, se aplican diferentes técnicas que permiten llegar al óptimo entero.

El método del simplex se utiliza para hallar las soluciones óptimas de un problema de programación lineal con tres o más variables. Este se basa en el hecho de que la solución óptima se encuentra siempre en uno de los vértices del poliedro formado por el conjunto de restricciones. Su forma de buscar la solución es recorrer sobre estos vértices hasta encontrar el óptimo. Aun cuando no corre en tiempo polinomial en el caso peor, su mayor valor radica en su capacidad de revolver nuevos problemas y resulta muy útil cuando no se tiene un algoritmo eficiente de solución.

Los métodos de punto interior se denominan así precisamente porque los puntos generados por estos algoritmos se hallan en el interior de la región factible. Esta es una clara diferencia respecto al método del simplex. En la actualidad los métodos de punto interior más eficientes tienen una complejidad de orden $T(nL)$, donde n es el número de variables y L una medida del tamaño del problema (el número de bits necesarios para representar los datos).

En la modelación lineal no entera se demuestra que el óptimo es un vértice de la región factible. En los modelos enteros, esto no tiene porque ser así, de manera general los vértices no tienen que ser números enteros. Por ello la solución óptima se encontrará en el interior de la región factible, por lo que los métodos exactos, como el simplex o punto interior, empleado de forma directa no aportarán la solución óptima en la generalidad de los casos.

Como el conjunto de soluciones enteras factibles es un número finito pudiera pensarse en recorrerlas todas en busca de la solución pero esto puede resultar ineficiente pues según el número de variables el conjunto de soluciones se incrementa exponencialmente. Para enfrentar esto se han desarrollado un conjunto de técnicas basadas en la lógica de que la solución entera no debe encontrarse muy lejos de la óptima del modelo con variables reales, conocidas como Ramificar y Podar (Branch and Bound).

El Winqsb utiliza este método (Ramificar y podar) que se basa en que existe un número finito de soluciones posibles, no todas factibles, para un problema con enteros, que pueden representarse mediante un diagrama de árbol. Pero no es necesario enumerar todas las soluciones posibles si se pueden eliminar algunas ramas. Para eliminar una rama basta demostrar que no contiene una solución factible que sea mejor que una ya obtenida.

2.4.11. PROCESOS DE MARKOV.

Una cadena de Markov, es una serie de eventos, en la cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior. En efecto, las cadenas de este tipo tienen memoria. "Recuerdan" el último evento y esto condiciona las posibilidades de los eventos futuros. Esta dependencia del evento anterior distingue a las cadenas de Markov de las series de eventos independientes, como tirar una moneda al aire o un dado.

Este modulo del programa permite caracterizar movimientos o transiciones, en un escenario con diferentes condiciones para describir y analizar un proceso de Markov. Utiliza las terminologías siguientes:

- **Estado:** una condición particular del sistema, $i = 1, 2, \dots, n$.
- **Probabilidad de estados $s(i)$:** la probabilidad de que el sistema se encuentre en el estado i .
- **Probabilidad de transición $p(i, j)$:** la probabilidad de que el sistema se mueva del estado i al estado j .
- **$S(t)$:** conjunto de todos $s(i)$ en momento t , $S_s(i) = 1$.
- **P:** matriz de transición $p(i, j)$, donde $i, j = 1, 2, \dots, n$.

2.4.12. PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES.

Tiene el propósito de que se tengan los materiales requeridos, en el momento requerido para cumplir con las órdenes de los clientes. El proceso de MRP genera una lista de órdenes de compra sugeridas, un reporte de riesgos de material. Programa las adquisiciones a proveedores en función de la producción programada.

Es un sistema que intenta dar a conocer simultáneamente tres objetivos:

- Asegurar materiales y productos que estén disponibles para la producción y entrega a los clientes.
- Mantener los niveles de inventario adecuados para la Operación.
- Planear las actividades de manufactura, horarios de entrega y actividades de compra.

Este software muestra:

- Un gráfico de estructura de producto
- Un reporte en parte de artículos, clase ABC, originando tipo o tipo de material.
- El análisis de capacidad.
- El análisis de costo.
- Introduce el problema en formato de hoja de cálculo.

2.4.13. MODELACIÓN DE REDES.

Modela y resuelve problemas de redes incluyendo el flujo de trabajo de red, transportación, y camino de prueba corta que incluye un conjunto de nodos conectados, donde solo un nodo es considerado como nodo origen, y solo un nodo es considerado como nodo destino. El objetivo es determinar un camino de conexiones que minimicen la distancia total desde el origen al destino. El software trabaja con los seis modelos siguientes:

2.4.13.1. Flujo en redes o modelo de trasbordo.

Se trata de enviar bienes desde un punto i , a únicamente destinos finales j . El envío no se produce entre orígenes o entre destinos, tampoco entre destinos a orígenes. El modelo de trasbordo demuestra que resulta más económico (minimizar costos) enviando a través de nodos intermedios o transitorios antes de llegar al punto de destino final.

2.4.13.2. Problema de transporte.

Un tipo particular de problema en la P.L, es el denominado problema del transporte. El modelo de transporte busca determinar un plan de transporte de una mercancía de varias fuentes (nodos de partida) a varios destinos (nodos de llegada). Los datos del modelo son:

Nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de demanda en cada destino, el costo de transporte unitario de la mercancía a cada destino. Como solo hay una mercancía un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es el de determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total. La suposición básica del modelo es que el costo del

transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas. La definición de “unidad de transporte” variará dependiendo de la “mercancía” que se transporte.

2.4.13.3. Problema de asignación.

El problema de asignación consiste en asignar hombres a trabajos (o trabajos a máquinas), con la condición de que cada hombre puede ser asignado a un trabajo y que cada trabajo tendrá asignada una persona. La condición necesaria para que este tipo de problemas tenga solución, es que se encuentre balanceado, es decir, que los recursos totales sean iguales a las demandas totales. El modelo de asignación tiene sus principales aplicaciones en: Trabajadores, Oficinas al personal, Vehículos a rutas, Máquinas y productos a fabricar entre otros. El algoritmo húngaro es el más utilizado para resolver este tipo de problemas.

2.4.13.4. Problema de la ruta más corta.

Para este tipo de problemas se debe considerar una red conexa no dirigida, con dos nodos, uno llamado origen y otro llamado destino. El objetivo es encontrar la ruta más corta (la trayectoria con la mínima distancia total) del origen al destino. Para su resolución se dispone de un algoritmo sencillo. La esencia del procedimiento es que analiza toda la red a partir del origen, identifica de manera sucesiva la ruta más corta a cada uno de los nodos en orden ascendente de sus distancias, desde el origen; el problema queda resuelto en el momento de llegar al nodo de destino. Los nodos pueden representar: Ciudades, Fabricas, Plantas, entre otros; los Arcos o flechas representan las distancias que hay entre las carreteras o caminos que enlazan a los elementos antes mencionados.

2.4.13.5. Problema de flujo máximo.

Este problema permite conocer la máxima cantidad de cualquier artículo o información que se pueda transportar desde un origen hasta un destino.

2.4.13.6 Problema del agente viajero.

El problema del agente viajero, como los demás de redes, involucra un conjunto de nodos y arcos que conectan todos los nodos. El objetivo es encontrar la forma de realizar una gira completa que conecte todos los nodos visitando sólo una vez cada nodo y minimizar o maximizar la distancia de la gira total. Este modelo tiene múltiples aplicaciones en ingeniería.

2.4.14. PROGRAMACIÓN NO LINEAL.

Es el proceso de solucionar sistemas de igualdades y desigualdades, sujetas a una serie de restricciones, sobre un conjunto de variables reales desconocidas, la idea es maximizar la función objetivo, cuando la función objetivos u alguna de las restricciones no son lineales.

El Winqs resuelve funciones objetivos no lineales con o sin restricciones. Las restricciones también pueden ser no lineales. Incluye capacidades para:

- Resolver problemas sin restricciones de variables.
- Resolver problemas con restricciones.
- Analizar la solución asignada.
- Analizar violaciones a restricciones.
- Generar un análisis de las restricciones con un gráfico y una tabla.
- Generar un análisis de la función objetivo con un gráfico y una tabla.

2.4.15. PERT Y CPM.

El PERT/CPM fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el PERT/CPM expone la "ruta crítica" de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. Es decir, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse pronto.

Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programa.

El PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos.

El Winqs resuelve los problemas de planeación de proyectos, por el método de ruta crítica y la técnica de evaluación y revisión. Así mismo realiza análisis de choque, análisis de costos, análisis de probabilidad y simulación

2.4.16. PROGRAMACIÓN CUADRÁTICA.

Resuelve modelos donde la función objetivo es de tipo cuadrática y está limitada por un número de restricciones lineales. Las variables de decisión son consideradas continuas. Incluye:

- Método simplex y gráfico para QP
- Método de ramificación y acotamiento para IQP
- Muestra la tabla del método simplex
- Muestra la solución del método de ramificación y acotamiento
- Realiza el análisis de sensibilidad o análisis paramétrico

2.4.17. CARTAS DE CONTROL DE CALIDAD.

Un mapa de control de calidad es un gráfico que muestra los resultados de una característica de calidad de la muestra medida en el tiempo. Construye gráficos de control de calidad para variables y datos de atributos y, así mismo, realiza análisis de gráficas relacionadas.

Este modulo resuelve problemas de establecimiento de juicio para establecer los intervalos de aceptación de variaciones que se puede presentar un determinado proceso o de una variable puesta en referencia. Puede analizar y presentar los siguientes gráficos:

2.4.17.1. Gráficos de control para atributos.

Son Gráficos de Control basados en la observación de la presencia o ausencia de una determinada característica, o de cualquier tipo de defecto en el producto, servicio o proceso en estudio. Son utilizados para controlar características de calidad cualitativas.

2.4.17.1.1 Gráfico P.

Es un gráfico de control del porcentaje o fracción de unidades defectuosas (cociente entre el número de artículos defectuosos en una población y el número total de artículos de dicha población).

2.4.17.1.2. Gráfico np.

Este gráfico, está basado en el número de unidades defectuosas. Este tipo de gráficos permite tanto analizar el número de artículos defectuosos como la posible existencia de causas especiales en el proceso productivo.

2.4.17.1.3. Gráfico c.

El diagrama C está basado en el número total de defectos (o no conformidades) en la producción.

2.4.17.1.4. Gráfico u.

El diagrama U está basado en el número de defectos por unidad de inspección producida.

2.4.17.2. Gráficos de control para variables.

Muchas características de calidad pueden expresarse en términos de medida numérica. Por ejemplo, el diámetro de una pieza puede medirse con un micrómetro y expresarse en milímetros. Una característica cualitativa que sea medible tal como un volumen, un peso, o cualquier dimensión, en general, es una variable y para estas se utilizan los gráficos de control para variables.

2.4.17.2.1. Gráfico X.

Un gráfico X contiene las medias muestrales de la característica que se pretende estudiar, por lo que mediante él se puede detectar posibles variaciones en el valor medio de dicha característica durante el proceso (desviaciones con respecto al objetivo).

2.4.17.2.2. Gráfico R.

Un gráfico R es un gráfico de control para rangos muestrales. Se utiliza para medir la variación del proceso y detectar la posible existencia de causas especiales. Es habitual

usar los gráficos R para estudiar la variación en muestras de tamaño no superior a 10, recurriendo a los gráficos S para muestras mayores.

2.4.17.2.3. Gráfico S.

Es un gráfico de control para desviaciones estándar muestrales. Por tanto, se pueden usar los gráficos S para estudiar la variabilidad del proceso y detectar la posible existencia de causas especiales. Resulta habitual utilizar los gráficos S para muestras de tamaño superior a 10

2.4.17.2.4. Gráfico CUSUM.

El gráfico de sumas acumuladas (CUSUM) se presenta como una alternativa al gráfico de Shewhart. Incorpora directamente toda la información representando las sumas acumuladas de las desviaciones de los valores muestrales respecto de un valor objetivo.

2.4.18. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE COLA.

La teoría de colas es el estudio matemático de las líneas de espera (o colas) permitiendo el análisis de varios procesos relacionados como: la llegada al final de la cola, la espera en la cola, etc.

La teoría de colas generalmente es considerada una rama de investigación operativa porque sus resultados a menudo son aplicables en una amplia variedad de situaciones como: negocios, comercio, industria, ingenierías, transporte y comunicaciones.

Las colas se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda del servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo.

En las formaciones de colas se habla de clientes, tales como máquinas dañadas a la espera de ser rehabilitadas. Los clientes pueden esperar en cola debido a que los medios existentes sean inadecuados para satisfacer la demanda del servicio; en este caso, la cola tiende a ser explosiva, es decir, a ser cada vez más larga a medida que transcurre el tiempo. Los clientes puede que esperen temporalmente, aunque las instalaciones de servicio sean adecuadas, porque los clientes llegados anteriormente están siendo atendidos.

2.4.18.1. Elementos existentes en la teoría de colas.

Proceso básico de colas: Los clientes que requieren un servicio se generan en una fase de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona un miembro de la cola, para proporcionarle el servicio, mediante alguna regla conocida como disciplina de servicio. Luego, se lleva a cabo el servicio

requerido por el cliente en un mecanismo de servicio, después de lo cual el cliente sale del sistema de colas.

Fuente de entrada o población potencial: Una característica de la fuente de entrada es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que pueden requerir servicio en determinado momento. Puede suponerse que el tamaño es infinito o finito.

Cliente: Es todo individuo de la población potencial que solicita servicio como por ejemplo una lista de trabajo esperando para imprimirse.

Capacidad de la cola: Es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser servidos). De nuevo, puede suponerse finita o infinita.

Disciplina de la cola: La disciplina de la cola se refiere al orden en el que se seleccionan sus miembros para recibir el servicio. Por ejemplo, puede ser:

- FIFO (first in first out) primero en entrar, primero en salir, según la cual se atiende primero al cliente que antes haya llegado.
- LIFO (last in first out) también conocida como pila que consiste en atender primero al cliente que ha llegado el último.
- RSS (random selection of service) que selecciona los clientes de manera aleatoria, de acuerdo a algún procedimiento de prioridad o a algún otro orden.
- Processor Sharing – sirve a los clientes igualmente. La capacidad de la red se comparte entre los clientes y todos experimentan con eficacia el mismo retraso.
- Mecanismo de servicio: El mecanismo de servicio consiste en una o más instalaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales paralelos de servicio, llamados servidores.

Redes de colas. Sistema donde existen varias colas y los trabajos fluyen de una a otra. Por ejemplo: las redes de comunicaciones o los sistemas operativos multitarea.

Cola: Una cola se caracteriza por el número máximo de clientes que puede admitir. Las colas pueden ser finitas o infinitas.

El proceso de servicio: Define cómo son atendidos los clientes.

El Winqs resuelve sistemas de formación de colas de espera incluyendo la población de clientes y los servidores (canales).

La población de clientes puede ser limitada o ilimitada. El sistema es evaluado como el número promedio de clientes en el sistema, el número promedio de clientes en la cola, la probabilidad de que lleguen más clientes, la probabilidad de que los servidores estén ociosos, la probabilidad de que un cliente que llega espere, el costo de un servidor ocioso por unidad de tiempo, el costo del servidor ocupado por unidad de tiempo, etc.

Incluye tres métodos para evaluar cada situación de la formación de colas de espera: fórmula de forma cerrada, aproximación y simulación de Monte Carlo.

2.4.19. SIMULACIÓN DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE COLA.

El software modela y realiza el sistema de colas simple y múltiple en poblaciones con llegada de clientes, y servidores. Incluye capacidades para:

Realizar la simulación de la formación de colas de espera generando los eventos discretos de llegadas de clientes, la realización del servicio, el traslado del cliente, y la formación de la cola.

- Utiliza 18 distribuciones de probabilidad para la probabilidad de que lleguen clientes.
- Utiliza 9 reglas de selección para definir las operaciones del servidor.
- Muestra el análisis en un gráfico.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



Capitulo III:

ANALISIS DE LOS CONTENIDOS DE LOS PROGRAMAS Y SU RELACION CON EL WINQSB.

3.1. PENSUM DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Puede definirse como Pensum Académico, al detalle del total de materias a dictarse por especialización y cursos. Para el caso de estudio, se analiza el pensum de la carrera de Ingeniería Industrial.

La ingeniería industrial es la rama de la ingeniería relacionada con el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por personas, materiales, información, equipos y energía, que supone conocimientos especializados y destrezas en matemática, física y ciencias sociales, junto con los principios y métodos para el análisis de ingeniería, diseño, predicción y evaluación de los resultados a ser obtenidos por dichos sistemas. El profesional formado a través de la enseñanza de esta carrera, debe ser capaz de contribuir al progreso de la Sociedad a través del desarrollo de la Productividad, concebida en beneficio del ser humano.

El estudiante de ingeniería industrial adquiere formación en cinco áreas del conocimiento estructuradas de la siguiente manera:

- **BÁSICA:**

Es la parte fundamental para el desarrollo de los conocimientos cuantitativos a través de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Químicas.

- **HUMANÍSTICA SOCIAL:**

Permite tener un enfoque orientado a la solución de los problemas de la sociedad, considerando los efectos que estas soluciones pueden tener sobre la misma.

- **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA:**

Orienta a la formación técnica de las Ingenierías que fundamenta la capacidad de análisis y resolución de problemas, a través del razonamiento científico.

- **DIFERENCIADA:**

Comprende conocimientos técnicos de la Ingeniería Industrial, orientados a los procesos productivos, métodos de optimización de recursos, procesos administrativos, sistemas de gestión y conocimientos contables y financieros.

- **DE APLICACIÓN ORIENTADA:**

Proporciona herramientas técnicas propias de la especialización de la carrera, en las áreas de Interés siguientes:

- **PRODUCCION:** Comprende técnicas utilizadas para la organización de la producción industrial.
- **PLANEAMIENTO Y GERENCIA:** Permite aumentar la capacidad para tomar decisiones a niveles gerenciales, a través del desarrollo del proceso administrativo y de gestión.
- **FINANCIERA:** Reúne los conocimientos elementales de análisis de datos económicos a nivel empresarial y de agregados, para el desarrollo de negocios.
- **METODOS Y PROCESOS:** Aporta los conocimientos sobre la metodología de desarrollo de procesos productivos y administrativos, en cualquier tipo de empresa.

El pensum (Plan de estudios 1998) fue aprobado por el Consejo Superior Universitario el 30 de julio de 1998 en el acuerdo 117-95-98 y comprende 49 materias que suman un total de 195 Unidades Valorativas⁷. A continuación se presenta dicho plan de estudios.

⁷ Información obtenida de <http://www.ues.edu.sv/descargas/catalogocompleto/Ingenieria.pdf>

Figura 1: Plan de estudios 1998, Ingeniería Industrial.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1 4 MTE115 Métodos Experimentales B	5 4 FIR115 Física I 1,2,*6	10 4 FIR215 Física II 5,6	15 4 FIR315 Física III 10,12	20 4 SES 115 Sistemas Eléctro Mecánicos 15,17	25 4 MEF115 Mecánica de los Fluidos 10,16,17	30 4 HGI115 Higiene y Seguridad Industrial 25,29	35 4 Técnica Electiva	40 4 Técnica Electiva	45 4 LPR115 Legislación Profesional 120 U.V.	T R A B A J O D E G R A D U A C I O N
2 4 MAT115 Matemática I B	6 4 MAT215 Matemática II 2	11 4 MSO115 Mecánica de los Sólidos I 5,6	16 4 MSO215 Mecánica de los Sólidos II 11,12	21 4 PYE 115 Probabilidad y Estadística 16,17	26 4 IEC115 Ingeniería Económica 21	31 4 FDE115 Fundamentos de Economía 6,7	36 4 Técnica Electiva	41 4 PTR115 Psicología del Trabajo 120 U.V.	46 4 ADP115 Administración de Proyectos 42,44,(47)	
3 4 PSI 115 Psicología Social B	7 4 HSE 115 Hnt. Soc. y Ec. De E.S. Y.C.A. 3	12 4 MAT315 Matemática III 6	17 4 MAT415 Matemática IV 12	22 4 MSO315 Mecánica de los Sólidos III 16,17	27 4 MSM115 Manejo de soft. para microcomp 13	32 4 IOP215 Investigación de Operaciones 26,28	37 4 CDC115 Control de la Calidad 32	42 4 FBI115 Finanzas Industriales 38	47 4 FEP115 Formulación y Eval. de Proy. 42,43,44	
4 3 CGR 115 Comunicación Esp. Gráfica I B	8 4 QTR115 Química Técnica 1	13 4 IAI115 Introducción a la Informática 6	18 4 PRN 115 Programación I 13	23 4 PRN215 Programación II 18	28 4 IOP115 Investigación de Operaciones 18,21	33 4 Técnica Electiva	38 4 CIC115 Contabilidad y Costos 27,34	43 4 MER115 Mercadeo 38	48 4 ODI115 Organización y Dirección Ind. 44	
	9 4 DIT 115 Dibujo Técnico 4	14 4 MDI 115 Métodos de Diseño B	19 4 TIR 115 Tecnología Industrial I 8, 14	24 4 Tecnología Industrial II 19	29 4 TIR315 Tecnología Industrial III 22,24	34 4 IMT115 Ingeniería de Métodos 29	39 4 DIP115 Distribución en Planta 34	44 4 TGI115 Técnica de Gestión Indust. 37,39	49 4 Técnica Electiva	
15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
15	35	55	75	95	115	135	155	175	195	

N.C.	U.V.
Código	
Nombre	
Prerrequisito	
* Correquisito	

N.C. :	Número Correlativo		
U.V. :	Unidades Valorativas	Técnicas Electivas :	5
T.E. :	Técnica Electiva	Obligatorias :	44
B. :	Bachillerato	Total de Asignaturas :	49

	20	175	195	U.V.
--	----	-----	-----	------

**PLAN DE ESTUDIOS DE 1998
INGENIERIA INDUSTRIAL**
Acuerdo Junta Directiva JA-157/97, de fecha 30/II/97
Acuerdo CSU N° 117-95-99 (VI-A) de fecha 30/VI/98.

Para tener una mejor idea de las materias que son servidas por ciclo se presenta la siguiente tabla en donde se puede apreciar el nombre de la materia, su código, las unidades valorativas, sus pre-requisitos y co-requisitos⁸.

Tabla 4: Materias servidas por ciclo.

N.C. - Numero Correlativo. COD. – Código. U.V. - Unidades Valorativas. P-R - Pre-Requisito. C-R - Co-Requisito. B – Bachillerato.					
N.C.	MATERIA	COD.	U.V.	P-R	C-R
	CICLO I				
1	Psicología Social	PSI135	4	B	--
2	Matemática I	MAT135	4	B	--
3	Métodos Experimentales	MTE135	4	B	--
4	Comunicación Espacial Gráfica	CGR135	3	B	--
	CICLO II				
5	Dibujo Técnico	DIT135	4	4	--
6	Historia Social y Económica de E.S. y C.A.	HSE135	4	1	--
7	Matemática II	MAT235	4	2	--
8	Física I	FIR135	4	1 - 2	--
9	Química Técnica	QTR135	4	3	--
	CICLO III				
10	Métodos de Diseño	MDI135	4	B	--
11	Matemática III	MAT335	4	7	--
12	Física II	FIR235	4	7 - 8	--
13	Mecánica de los Sólidos I	MSO135	4	5 - 6	--
14	Introducción a la Informática	IAI135	4	7	--
	CICLO IV				
15	Tecnología Industrial I	TIR135	4	10 - 9	--
16	Matemática IV	MAT435	4	11	--
17	Física III	FIR335	4	11 – 12	--
18	Mecánica de los Sólidos II	MSO235	4	11 – 13	--
19	Programación I	PRN135	4	14	--
	CICLO V				
20	Tecnología Industrial II	TIR235	4	15	--
21	Probabilidad y Estadística	PYE135	4	16 – 18	--
22	Sistemas Electromecánicos	SES135	4	16 – 17	--
23	Mecánica de los Sólidos III	MSO335	4	16 – 18	--
24	Programación II	PRN235	4	19	--

⁸ Información obtenida de: <http://www.fia.ues.edu.sv/industrial/plan.php>

CICLO VI					
25	Tecnología Industrial III	TIR335	4	20 – 23	--
26	Ingeniería Económica	IEC135	4	21	--
27	Investigación de Operaciones I	IOP135	4	19 – 21	--
28	Mecánica de los Fluidos	MEF135	4	12 – 16 – 18	--
29	Manejo de Software para Micro.	MSM135	4	14	--
CICLO VII					
30	Ingeniería de Métodos	IMT135	4	25	--
31	Higiene y Seguridad Industrial	HGI135	4	25 – 28	--
32	Investigación de Operaciones II	IOP235	4	26 – 27	--
33	Fundamentos de Economía	FDE135	4	6 - 7	--
34	Técnica Electiva 1	--	4	--	--
CICLO VIII					
35	Distribución en Planta	DIP135	4	30	--
36	Control de la Calidad	CDC135	4	32	--
37	Contabilidad y Costos	CYC135	4	29 - 30	--
38	Técnica Electiva 2	--	4	--	--
39	Técnica Electiva 3	--	4	--	--
CICLO IX					
40	Técnicas de Gestión Industrial	TGI135	4	35 – 36	--
41	Finanzas Industriales	FII135	4	37	--
42	Mercadeo	MER135	4	37	--
43	Psicología del Trabajo	PTR135	4	120 U.V.	--
44	Técnica Electiva 4	--	4	--	--
CICLO X					
45	Formulación y Evaluación de Proyectos	FEP135	4	40 – 41 - 42	--
46	Administración de Proyectos	ADP135	4	40 – 41	--
47	Organización y Dirección Industrial	ODI135	4	40	--
48	Legislación Profesional	LPR135	4	120 U.V.	--
49	Técnica Electiva 5	--	4	--	--
CICLO XI					
	Trabajo de Graduación				

Las técnicas electivas, son materias que se pueden servir o no en un ciclo, dependiendo de la disponibilidad de recurso humano para hacerlo y si en algún momento son solicitadas por los estudiantes. Estas materias pueden variar año con año y se comienzan a brindar a partir del 4º año de carrera (ciclo VII).

A continuación se presenta una tabla con las técnicas electivas que pueden ser servidas por el Departamento de Ingeniería y Arquitectura de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente⁹.

Tabla 5: Técnicas electivas que podrían ser servidas.

COD. – Código de materia.	U.V. - Unidades Valorativas.		P-R - Pre-Requisito.
MATERIA	COD.	U.V.	P-R
CICLO VII			
MODELOS DE RESOLUCION DE PROBLEMAS DE INGENIERIA	MRP135	4	INVESTIGACION DE OPERACIONES I, TECNOLOGIA INDUSTRIAL III
PLANEACION ESTRATEGICA	PLA135	4	INVESTIGACION DE OPERACIONES I, TECNOLOGIA INDUSTRIAL III
CICLO VIII			
AUDITORIAS AMBIENTALES	AAE135	4	120 U.V.
ADMINISTRACION DE PERSONAL Y REMUNERACIONES	ADY135	4	INGENIERIA DE METODOS
EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	EVP135	4	140 U.V.
FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION	FAR135	4	INVESTIGACION DE OPERACIONES I
GERENCIA DE OPERACIONES	GOP135	4	TECNICAS DE GESTION INDUSTRIAL
MEDIDA DEL TRABAJO	MMT135	4	INGENIERIA DE METODOS
ORGANIZACION Y METODOS	OYM135	4	INGENIERIA DE METODOS
PLANEACION ESTRATEGICA	PLE135	4	INVESTIGACION DE OPERACIONES I
SISTEMAS ADMINISTRATIVOS DE LA CALIDAD	SAC135	4	CONTROL DE LA CALIDAD, TECNICAS DE GESTION INDUSTRIAL
CICLOIX			
COSTEO DIRECTO	CDI135	4	CONTABILIDAD Y COSTOS
INGENIERIA DE PLANTAS INDUSTRIALES	IPT135	4	DISTRIBUCION EN PLANTA
PRESUPUESTO DE PRODUCCION	PRP135	4	CONTABILIDAD Y COSTOS
SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL	SIG135	4	CONTABILIDAD Y COSTOS
CICLO X			
ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	AMI135	4	TECNICAS DE GESTION INDUSTRIAL
GERENCIA FINANCIERA	GFI135	4	FINANZAS INDUSTRIALES
TEORIA DE DECISIONES	TEO135	4	FINANZAS INDUSTRIALES

⁹ Fuente: Información brindada por coordinador de la carrera de Ingeniería Industrial

3.2. IDENTIFICACION DE CONTENIDOS QUE SE PUEDEN DESARROLLAR UTILIZANDO EL WINQSB

Para determinar los contenidos de las materias en las que pueden ser utilizados los módulos del Winqsb, se hace necesario primero revisar los programas de asignatura para observar uno por uno los temas y así poder identificar cuales tienen relación con los módulos del software. Se aclara que para hacer esta selección no se espera que se puedan utilizar todos los módulos en una misma materia, sino que basta con que se pueda utilizar al menos uno de todos los disponibles.

Una vez determinados esos contenidos se opto por mostrar primero un mapa de materias totales servidas para la carrera de ingeniería industrial el cual se aprecia en la figura No. 2.

En la figura No. 3, se puede apreciar el mismo mapa pero ya han sido eliminadas las materias en las que no se podrían aplicar los módulos del software, por lo cual solo se apreciaran las restantes en las que si se aplicaría.

En la figura No. 4, se puede apreciar el mapa de materias electivas en las que sí se puede aplicar al menos un modulo del software.

Figura 2: Mapa de materias de ingeniería industrial.

CICLO I	CICLO II	CICLO III	CICLO IV	CICLO V	CICLO VI	CICLO VII	CICLO VIII	CICLO IX	CICLO X
1 B METODOS EXPERIMENTALES MTE-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	5 1,2/6 FISICA I FR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	10 5,6 FISICA I FIR-235 CICLO AÑO MAT. NOTA 7,1	15 10,12 FISICA II FIR-335 CICLO AÑO MAT. NOTA	20 15,17 SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS SES-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	25 10,16,17 MECANICA DE LOS FLUIDOS MEF-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	30 25,29 HIGENE Y SEG. INDUSTRIAL HGI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	35 34 MEDDAD DEL TRABAJO MET-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	40 34 ADMON. DE PERSONAL APR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	45 126 UV LEGISLACION PROFECIONAL LPR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA
2 B MATEMATICA I MAT-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	6 2 MATEMATICA I MAT-235 CICLO AÑO MAT. NOTA	11 5,6 MECANICA DE LOS SOLIDOS I MSO-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	16 11,12 MECANICA DE LOS SOLIDOS II MSO-235 CICLO AÑO MAT. NOTA	21 6 PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PVE-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	26 21 INGENIERIA ECONOMICA EC-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	31 6,7 FUNDAMENTOS DE ECONOMIA MEC-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	36 34 ORGANIZACION Y METODOS OYM-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	41 120 UV SCOLOGIA DEL TRABAJO STR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	46 42,44,47 ADMINISTRACION DE PROYECTOS ADR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA
3 B PSICOLOGIA SOCIAL PSI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	7 3 HST. SOC. Y EC. DE EL SALV. Y C.A. HSE-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	12 6 MATEMATICA II MAT-335 CICLO AÑO MAT. NOTA 7,9	17 12 MATEMATICA IV MAT-435 CICLO AÑO MAT. NOTA	22 16,17 MECANICA DE LOS SOLIDOS II MSO-335 CICLO AÑO MAT. NOTA	27 13 MANEJO DE SOFT. PARA MICROCOM. MSM-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	32 26,28 INVESTIGACION DE OPERACIONES I IOP-235 CICLO AÑO MAT. NOTA	37 32 CONTROL DE CALIDAD CDC-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	42 36 FINANZAS INDUSTRIALES FI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	47 42,43,44 FORMULACION Y EVAL. DE PROJ. FER-135 CICLO AÑO MAT. NOTA
4 B COMUNICA. ESPA. GRAFICA I CGR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	8 1 QUIMICA TECNICA QTR-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	13 6 INTRODUCCION A LA INFORMATICA IAI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	18 13 PROGRAMACION I PRN-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	23 18 PROGRAMACION II PRN-235 CICLO AÑO MAT. NOTA	28 16,21 INVESTIGACION DE OPERACIONES I IOP-135 CICLO AÑO MAT. VI NOTA	33 26 FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION FAE-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	38 27,34 CONTABILIDAD Y COSTOS CC-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	43 36 MERCADEO MER-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	48 44 ORG. Y DIRECCION INDUSTRIAL ODI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA
	9 4 DBUJO TECNICO DIT-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	14 9 METODOS DE DISEÑO MDI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	19 8,14 TECNOLOGIA INDUSTRIAL I TRI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	24 19 TECNOLOGIA INDUSTRIAL II TRI-235 CICLO AÑO MAT. NOTA	29 22,24 TECNOLOGIA INDUSTRIAL II TRI-335 CICLO AÑO MAT. VI NOTA	34 29 INGENIERA DE METODOS MT-135 CICLO AÑO MAT. VII NOTA	39 34 DISTRIBUCION EN PLANTA DIP-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	44 37,39 TECNICAS DE GEST. INDUSTRIAL TGI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA	49 20,30,34 ADMON. DE MANT. INDUSTRIAL AMI-135 CICLO AÑO MAT. NOTA

Figura 3: Mapa de materias obligatorias en las que se puede utilizar el Winqsb.

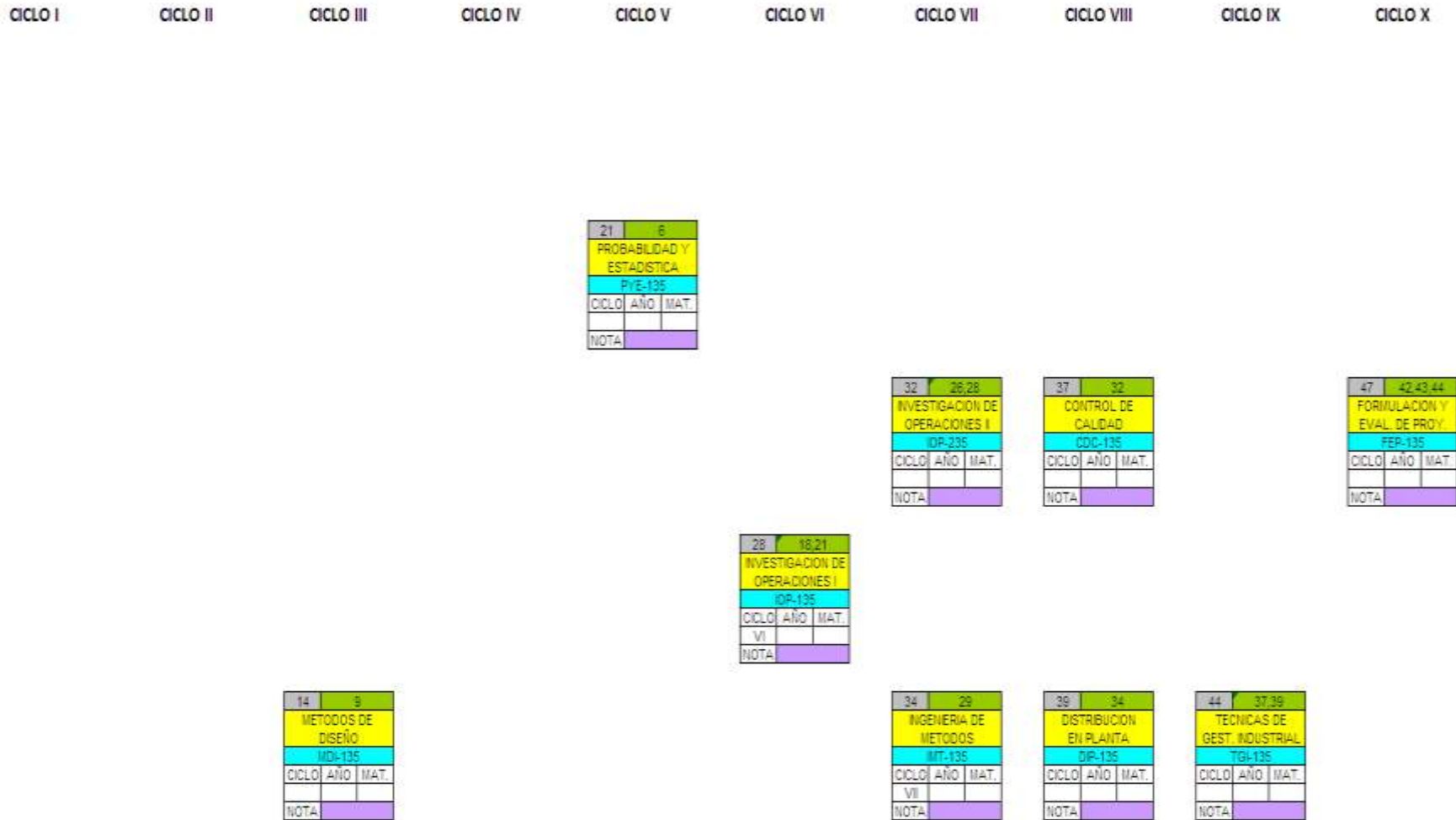


Figura 4: Mapa de materias electivas en las que se puede utilizar el Winqsb.

CICLO I	CICLO II	CICLO III	CICLO IV	CICLO V	CICLO VI	CICLO VII	CICLO VIII	CICLO IX	CICLO X																								
						<table border="1"> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>MOD. DE RES. DE PROB. DE INGENE.</td><td></td></tr> <tr><td>WRP-135</td><td></td></tr> <tr><td>CICLO</td><td>ANO MAT.</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>NOTA</td><td></td></tr> </table>			MOD. DE RES. DE PROB. DE INGENE.		WRP-135		CICLO	ANO MAT.			NOTA			<table border="1"> <tr><td>40</td><td>34</td></tr> <tr><td>ING. DE PLANTAS INDUSTRIALES</td><td></td></tr> <tr><td>PT-135</td><td></td></tr> <tr><td>CICLO</td><td>ANO MAT.</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>NOTA</td><td></td></tr> </table>	40	34	ING. DE PLANTAS INDUSTRIALES		PT-135		CICLO	ANO MAT.			NOTA		
MOD. DE RES. DE PROB. DE INGENE.																																	
WRP-135																																	
CICLO	ANO MAT.																																
NOTA																																	
40	34																																
ING. DE PLANTAS INDUSTRIALES																																	
PT-135																																	
CICLO	ANO MAT.																																
NOTA																																	
							<table border="1"> <tr><td>36</td><td>34</td></tr> <tr><td>ORGANIZACION Y METODOS</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>CICLO</td><td>ANO MAT.</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>NOTA</td><td></td></tr> </table>	36	34	ORGANIZACION Y METODOS				CICLO	ANO MAT.			NOTA			<table border="1"> <tr><td>40</td><td>34</td></tr> <tr><td>ADMION. DE MANTTO. INDUST.</td><td></td></tr> <tr><td>PT-135</td><td></td></tr> <tr><td>CICLO</td><td>ANO MAT.</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>NOTA</td><td></td></tr> </table>	40	34	ADMION. DE MANTTO. INDUST.		PT-135		CICLO	ANO MAT.			NOTA	
36	34																																
ORGANIZACION Y METODOS																																	
CICLO	ANO MAT.																																
NOTA																																	
40	34																																
ADMION. DE MANTTO. INDUST.																																	
PT-135																																	
CICLO	ANO MAT.																																
NOTA																																	

3.3. TABLAS DE RELACION.

Identificadas ya las materias obligatorias y electivas que pueden auxiliarse del Winqs para desarrollar sus contenidos, se muestran las tablas en donde se observara por materia, el módulo o los módulos que se pueden aplicar y el tema específico para ello.

MATERIA:	METODOS DE DISEÑO						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	III		UNIDAD:	7
NOMBRE:	ADMINISTRACION DE PROYECTOS						
CONTENIDO(S):				MODULO(S) APLICABLE(S):			
7.6	Técnicas de programación: GANTT, CPM, PERT.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>PERT y CPM (PERT_CPM)</i> • <i>Programación lineal y entera (Linear and integer programming).</i> 			

MATERIA:	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	V		UNIDAD:	2
NOMBRE:	PROBABILIDAD						
CONTENIDO(S):				MODULO(S) APLICABLE(S):			
1.2	Histogramas.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis)</i> • <i>Cartas de control de calidad (Quality Control Chart).</i> 			
2.2	Probabilidad.						
2.6	Regla de Bayes.						
5.2	Distribucion ji cuadrada.						

MATERIA:	INVESTIGACION DE OPERACIONES I						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	VI		UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A						
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):				
2	Programación lineal (PL). Formulación y solución grafica (SG). Solución Algebraica del Simples (SAS).		<ul style="list-style-type: none"> • Programación lineal y entera (Linear and integer programming). 				
3	Análisis de Dualidad (AD).		<ul style="list-style-type: none"> • Programación lineal y entera (Linear and integer programming). 				
4	Modelo de Transporte (MT).		<ul style="list-style-type: none"> • Modelación de redes (Network Modeling). 				
5	Programación Dinámica (PD).		<ul style="list-style-type: none"> • Programación dinámica (Dynamic Programming). 				
6	Modelos de Inventarios (MT). Conceptos y terminología. Modelos Determinísticos (MD).		<ul style="list-style-type: none"> • Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System). 				
7	Análisis CPM y PERT. Administración de Proyectos (AP).		<ul style="list-style-type: none"> • PERT y CPM (PERT_CPM). 				
8	Teoría de Decisión.		<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de decisiones (Decision Analysis). 				

MATERIA:	INGENIERIA DE METODOS						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	VII		UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A						
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):				
16	Diagrama de actividades		<ul style="list-style-type: none"> • Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling). 				
17	Diagrama Hombre - Maquina						

MATERIA:	INVESTIGACION DE OPERACIONES II					
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	VII	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
2	Teoría de Líneas de espera.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sistemas de cola (Queuing Analysis).</i> • <i>Simulación de sistemas de cola (Queuing Analysis Simulation).</i> 			
3	Sistemas de inventario.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System).</i> • <i>Programación dinámica (Dynamic Programming).</i> 			
5	Teoría de Decisiones.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis).</i> 			
6	Teoría de juegos.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis).</i> 			

MATERIA:	MODELO DE RESOLUCION DE PROBLEMAS DE INGENIERIA					
TIPO:	ELECTIVA		CICLO:	VII	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
4.4	Metodología de Resolución de Problemas y Toma de decisión		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis)</i> • <i>Simulación de sistemas de cola (Queuing Analysis Simulation).</i> 			
7.1	Simulación de procesos					

MATERIA:	CONTROL DE LA CALIDAD						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	VIII		UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A						
CONTENIDO(S):				MODULO(S) APLICABLE(S):			
N/A	Cartas de control por atributos (carta P.U.C.), y sus curvas características de operación.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cartas de control de calidad (Quality Control Chart).</i> 			
N/A	Cartas de control por variables (X-R).			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cartas de control de calidad (Quality Control Chart).</i> 			
N/A	Planes de muestreo simple y sus curvas C.D			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).</i> 			
N/A	Planes de muestreo doble y sus curvas características de operación.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).</i> 			
N/A	Planes de muestreo múltiple.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).</i> 			
N/A	Planes de muestreo secuencial artículo por artículo.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).</i> 			
N/A	Muestreo de aceptación por variable para controlar la fracción defectuosa: Con desviación estándar desconocida.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).</i> 			
N/A	Diagramas causa y efecto, análisis de Pareto, análisis del campo de fuerzas.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cartas de control de calidad (Quality Control Chart).</i> 			

MATERIA:	DISTRIBUCION EN PLANTA						
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	VIII		UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A						
CONTENIDO(S):				MODULO(S) APLICABLE(S):			
2	pronóstico de venta e información del mercado			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pronósticos (Forecasting).</i> 			
3	Programa computarizados para la distribución en Planta.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)</i> 			
3	Departamentalización de actividades (producción, recibo y despacho, oficinas, servicios de la planta, servicios del personal, etc.)			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)</i> 			

MATERIA:	ORGANIZACIÓN Y METODOS						
TIPO:	ELECTIVA		CICLO:	VIII		UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A						
CONTENIDO(S):				MODULO(S) APLICABLE(S):			
7.3	Análisis de distribución del trabajo.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling).</i> 			
7.4	Análisis de distribución física.			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)</i> 			

MATERIA:	TECNICAS DE GESTION INDUSTRIAL					
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	IX	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
3	Planeación y control de la producción.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).</i> • <i>Pronósticos (Forecasting).</i> • <i>Planeación agregada (Aggregate Planning).</i> • <i>Programación dinámica (Dynamic Programming).</i> • <i>Planeación de Requerimiento de Materiales (Materials requirements planning).</i> • <i>Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling).</i> 			
4	Administración de los materiales		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System)</i> 			
5	La línea de producción.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling).</i> 			

MATERIA:	INGENIERIA DE PLANTAS INDUSTRIALES					
TIPO:	ELECTIVA		CICLO:	IX	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
1	Facilidades de distribución.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).</i> 			
2	Costos del sistema de manejo de materiales		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis).</i> 			

MATERIA:	FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS					
TIPO:	OBLIGATORIA		CICLO:	X	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
2	Proyección de la demanda		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pronósticos (Forecasting)</i> 			
4	Tamaño de la planta. Localización de la planta. Plan de producción. Balance de materiales. Distribución en planta.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).</i> • <i>Planeación agregada (Aggregate Planning).</i> • <i>Programación dinámica (Dynamic Programming).</i> 			

MATERIA:	ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
TIPO:	ELECTIVA		CICLO:	X	UNIDAD:	N/A
NOMBRE:	N/A					
CONTENIDO(S):			MODULO(S) APLICABLE(S):			
2	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo, aspectos y definición. • Mantenimiento preventivo, beneficios de la aplicación, ventajas de éste mantenimiento. • Mantenimiento predictivo. 		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Análisis de decisiones (Decision Analysis).</i> • <i>Cartas de control de calidad (Quality Control Chart).</i> 			
4	Programación, operación y control.		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Modelación de redes (Network Modeling).</i> • <i>Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling).</i> 			

De esta manera se puede apreciar un total de 9 materias obligatorias y 4 electivas en las que se puede utilizar como apoyo al menos un modulo del software Winqs. En total son 13 materias, lo que representa un 25.6% de la totalidad de materias servidas en la carrera de ingeniería industrial, además del total de 19 módulos que tiene el software, se pueden aplicar un total de 16 de ellos en las materias antes descritas.

Se hace referencia que de ese 25.6% de materias en las que se puede utilizar el Winqs, el 23.6% representan materias consideradas como de **áreas diferenciadas** y de **áreas de aplicación orientadas**, por ser materias que se brindan a partir del tercer año de la carrera.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



Capitulo IV:

GUIA DE USUARIO DEL WINQSB, CON EJEMPLOS RESUELTOS.

4. GUIA DE UTILIZACION DEL WINQSB.

La presente guía, está conformada en primer lugar por una orientación básica para la instalación del software, en donde se explica cómo instalar el programa Winqsb.

La segunda parte se refiere a las generalidades de los módulos, en donde se describe como ingresar a cada uno de ellos y de manera general se describen las opciones que tienen, esto se hace así pues las opciones básicas son generales, las específicas se explican al momento de desarrollar cada modulo.

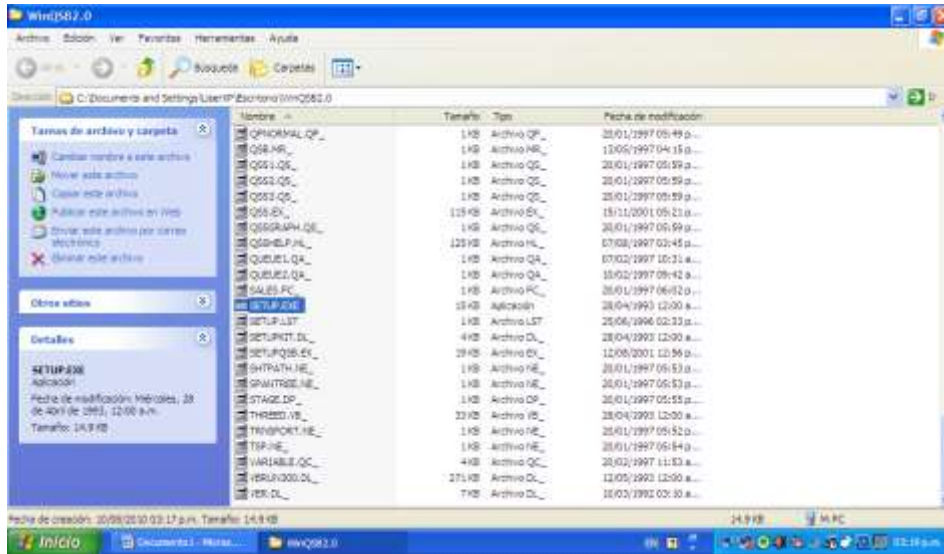
La tercera parte es donde se presenta la descripción de cada modulo, abordando con detalle las funciones de cada uno de ellos y planteando problemas con su respectivo método de solución, con el objetivo de brindar al lector la posibilidad de comprender como se introducen los datos y la forma de utilizar las opciones específicas para solucionar un problema y poder usar los métodos de análisis que están incluidos en cada modulo.

Vale la pena aclarar que con esta guía, no se han planteado la totalidad de modos de análisis para todos los posibles problemas que podrían ser analizados con el Winqsb. Si bien se han desarrollado varios problemas, lo que se pretende es sentar las bases para que cualquiera que lo use, pueda discernir la gran aplicabilidad de cada uno de los modelos del programa Winqsb y a su vez de manera intuitiva comprenda como se podrían solucionar otros problemas que no han sido resueltos en esta guía.

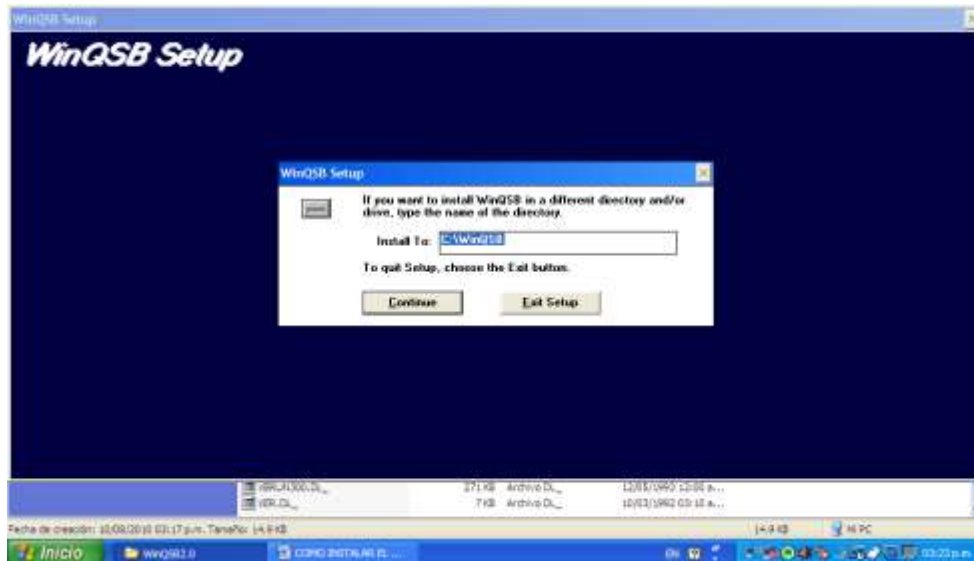
Los módulos son presentados respetando el orden de despliegue que hace el programa Winqsb y cuya descripción ya se ha hecho en el capítulo II, por lo que no se considera necesario hacerlo nuevamente.

4.1. COMO INSTALAR EL PROGRAMA.

Busque la carpeta en donde tiene el software Winqsb, una vez encontrada, ábrala y busque el archivo llamado **SETUP.EXE**.

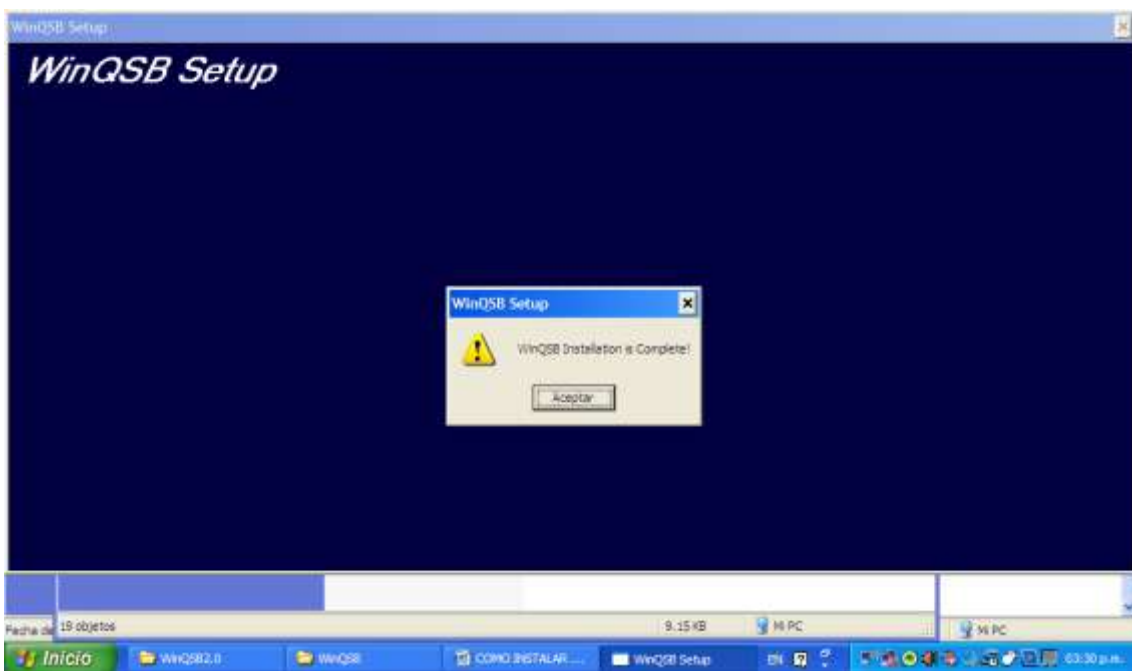


Ejecútelo y aparecerá la siguiente ventana



Por defecto el programa se instalara en la unidad C, si desea que se instale en alguna otra parte de su disco duro, escriba la ruta en la que desea que se instale.

Una vez seleccionada la ruta de instalación de un click en la opción **Continue** y aparecerá una nueva ventana en donde se le solicitara que introduzca un nombre de usuario y el nombre de la compañía a la que pertenece (esto solo con fines de identificación), una vez se han introducido estos datos, se da nuevamente un click en la opción **Continue** y el software se instalara.

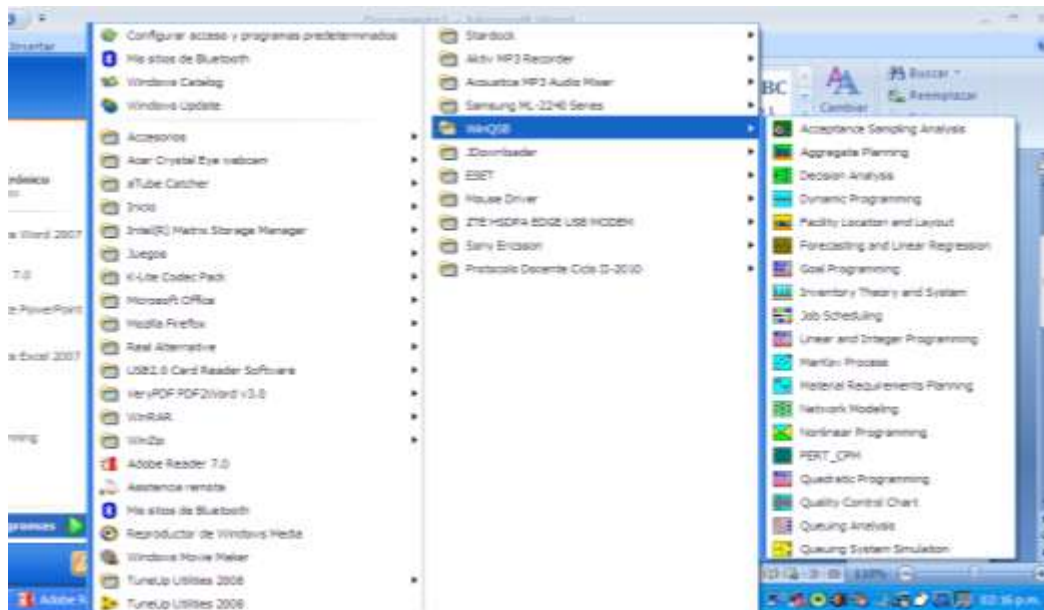


De un click en aceptar y listo, el Winqsb está instalado.

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.

4.2. INGRESANDO A LOS MODULOS

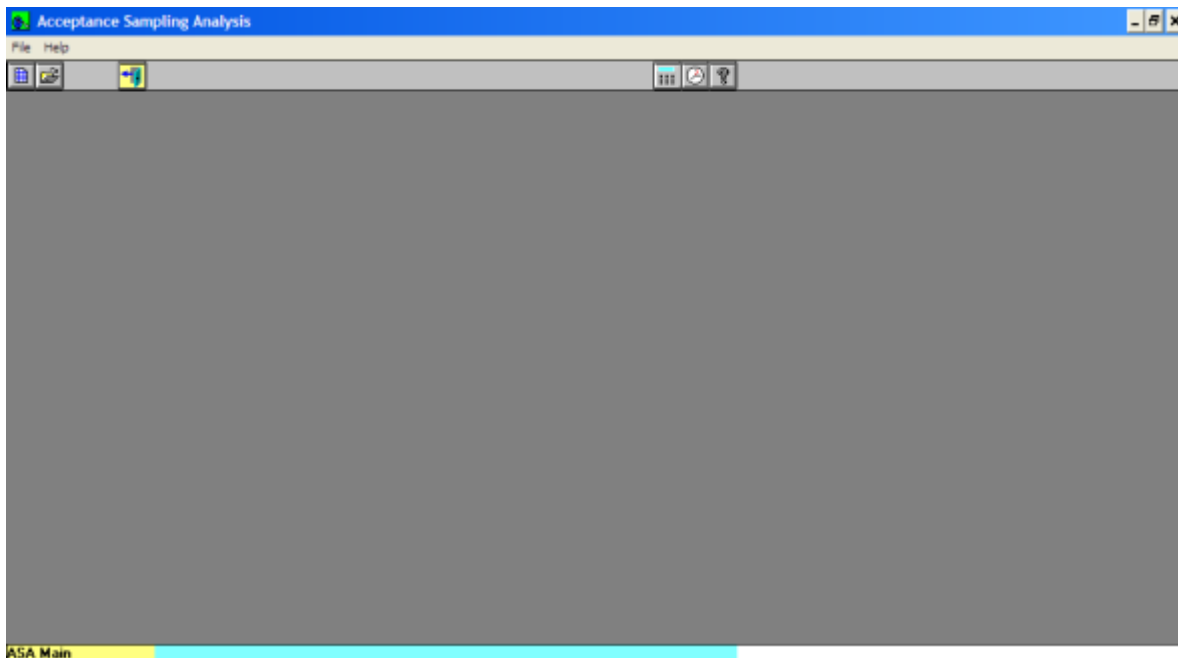
EL ACCESO al Winqsb se puede hacer a través del botón “inicio” del sistema operativo Windows, en la opción “**todos los programas**” en la carpeta “**Winqsb**”.



Una vez hecho esto, se puede seleccionar cualquiera de sus 19 módulos con un simple click en el modulo deseado.



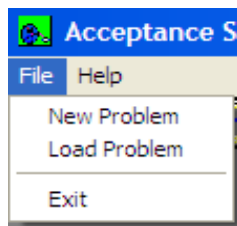
Una vez seleccionado el módulo con el cual se desee trabajar, aparecerá una ventana cuyas características iniciales serán similares para todos los módulos del Winqsb.



La parte superior de la ventana llamada **TITULO** indica el nombre del módulo seleccionado, en este caso se optó por mostrar el módulo de **ANALISIS DE MUESTREO DE ACEPTACION**.

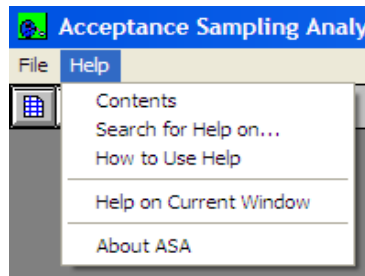
Debajo del nombre del modulo, se encuentran los menú *Archivo (File)* y *Ayuda (Help)*.

El **menú archivo** comprende las siguientes opciones:



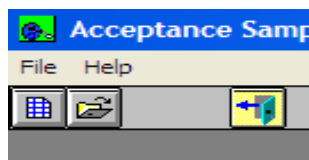
- **Nuevo problema (New Problem):** Permite introducir un nuevo problema.
- **Abrir Problema (Load Problem):** Abre un problema que se ha guardado con anterioridad.
- **Salir (Exit):** Sale del programa.

El menú Ayuda (Help) lo conforman:



- **Contenido (Contents):** Contenido completo de la ayuda sobre el módulo seleccionado.
- **Buscar ayuda en... (Search for Help on...):** Búsqueda de ayuda mediante palabras claves.
- **Cómo usar la ayuda (How to Use Help):** Indicaciones (puede ser en español) de como se utiliza la ayuda para sacarle el máximo provecho.
- **Ayuda sobre la ventana actual (Help on Current Windows):** Interesante opción que muestra la ayuda sólo sobre los elementos que aparecen actualmente en la ventana.
- **Acerca de... (About ASA):** Muestra datos sobre la creación del programa e información sobre la licencia.

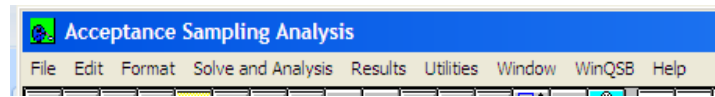
El programa también cuenta con una barra de herramientas que ayuda de forma significativa la selección de las opciones más usadas.



El **primer botón** permite la creación de un nuevo problema, el **segundo** abre un problema existente, mientras que el **tercero**, permite salir del programa.

Las extensiones de los ficheros con los modelos las pone el programa por defecto, por lo tanto solamente se debe tener cuidado del nombre, que no deberá tener más de 8

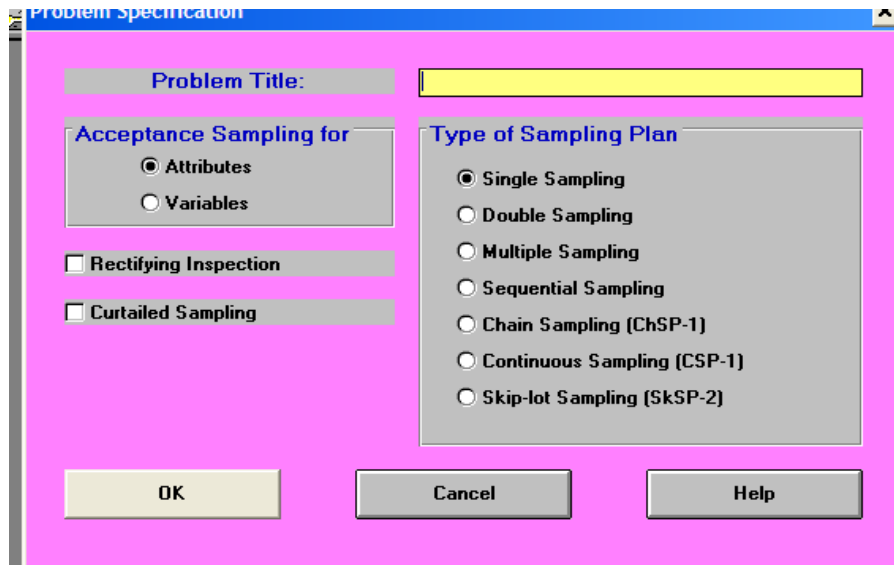
caracteres. Todos los módulos del programa tienen en común los siguientes menús desplegables:



- **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.
- **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.
- **Format:** incluye las opciones necesarias para cambiar la apariencia de las ventanas, colores, fuentes, alineación, anchura de celdas, etc.
- **Solve and Analyze:** esta opción incluye al menos dos comandos, uno para resolver el problema y otro para resolverlo siguiendo los pasos del algoritmo.
- **Results:** incluye las opciones para ver las soluciones del problema y realizar si procede distintos análisis de la misma.
- **Utilities:** este menú permite acceder a una calculadora, a un reloj y a un editor de gráficas sencillas.
- **Window:** permite navegar por las distintas ventanas que van apareciendo al operar con el programa.
- **WinQSB:** incluye las opciones necesarias para acceder a otro módulo del programa.
- **Help:** que ya fue descrito en la página anterior.

4.3. ANALISIS DE MUESTREO DE ACEPTACION.

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla en la cual se introducirán las características del problema:



Los Tipos de muestras (**Acceptance sampling for**) que se pueden analizar son:

- **Atributos (Attributes).**
- **Variables.**

Los Tipos de planes (**Type of sampling plan**) que se pueden analizar son:

- **Muestreo simple.**
- **Muestreo doble.**
- **Muestreo múltiple.**
- **Muestreo secuencial.**
- **Muestreo en cadenas.**

- **Muestreo continuo.**
- **Muestreo discontinuo.**

4.3.1. EJEMPLO DE MUESTREO DE ACEPTACION.

Se quiere definir un plan de muestreo simple de aceptación para inspeccionar lotes de 10000 unidades, que garantice un riesgo de 1% para el fabricante y un riesgo del 5% para el consumidor del lote. El NCA y el PDTL son del 1% y el 5% respectivamente. $\alpha = 5\%$ y $\beta = 10\%$. Buscar “n” y “c” recomendados.

En la plantilla inicial se selecciona la opción **Atributes** y **single sampling**, por tratarse de un caso por atributos y muestreo simple. Al pulsar **ok**, aparece la plantilla para la introducción de los datos.

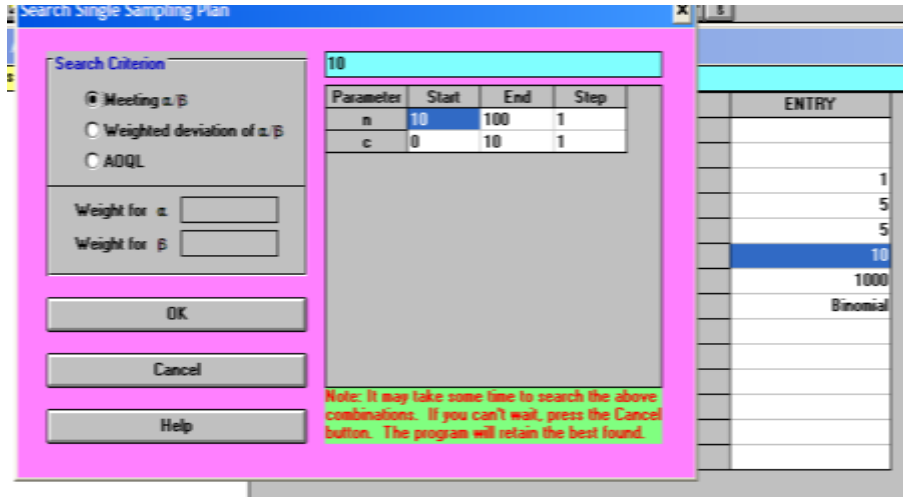
DATA ITEM	ENTRY
Sample size (n)	
Acceptance number (c)	
Acceptable quality level (AQL, in % defective)	1
Rejectable quality level (RQL, LQL, or LTPD, in % defective)	5
Producer's risk level (alpha, type I error in %)	5
Consumer's risk level (beta, type II error in %)	10
Lot size (N)	1000
Probability distribution	Binomial
Unit sampling cost	
Unit inspection cost	
Unit producer's cost if unit is found defective	
Unit consumer's cost if unit is found defective	
Inspection error: probability (%) of good item is classified as bad	
Inspection error: probability (%) of bad item is classified as good	

Aquí se debe modificar la información que automáticamente presenta el programa, las opciones que se pueden observar son:

- **Tamaño de la muestra (Sample size):** para los casos en los cuales se desea encontrar un plan de muestreo adecuado para un lote de inspección específico.

- **Numero de aceptación (Acceptance number):** es el que dará la pauta de a partir de qué cantidad de muestras defectuosas encontradas se aceptaran o rechazaran las muestras.
- **Nivel aceptable de calidad (Acceptable Quality Level):** Es el porcentaje de producto conforme que se está dispuesto a aceptar.
- **Porcentaje de defectos que se aceptaran en el lote (Rejectable quality level):** Es el porcentaje de producto no conforme que se está dispuesto a aceptar.
- **Riesgo del productor (Producer’s risk):** Probabilidad del productor de que le rechacen un lote bueno.
- **Riesgo del consumidor (Consumer’s risk):** Probabilidad del consumidor de aceptar un lote malo.
- **Tamaño del lote (Lot size):** Cantidad total que conforma el lote seleccionado.
- **Probabilidad de distribución (probability distribution):** Es el tipo de distribución de probabilidad bajo la cual se trabaja, puede ser hipergeométrica, Normal, Poisson.
- **Costo unitario de muestra (Unit sampling cost):** Es el valor unitario que corresponde por tomar una muestra.
- **Costo unitario de inspección (Unit inspection cost):** Es el valor unitario que corresponde por inspeccionar una muestra.
- **Costo por unidad defectuosa del productor (Unit producer’s cost if unit is found defective):** Es el costo incurrido si se le encuentra algún producto defectuoso al productor.
- **Costo por unidad defectuosa del consumidor (Unit consumer’s cost if unit is found defective):** Es lo que le cuesta al consumidor si encuentra algún producto defectuoso.
- **Error de inspección (Inspection error):** la probabilidad de declarar un producto bueno como malo y viceversa.

Una vez introducidos los datos iniciales, se puede seleccionar la opción **analyze current plan** del menú **solve and analysis**. Para este caso se seleccionara la opción **search sampling plan** y aparece la siguiente ventana:



Una vez revisado los valores, se pulsa ok. Y se obtiene el plan de muestreo:

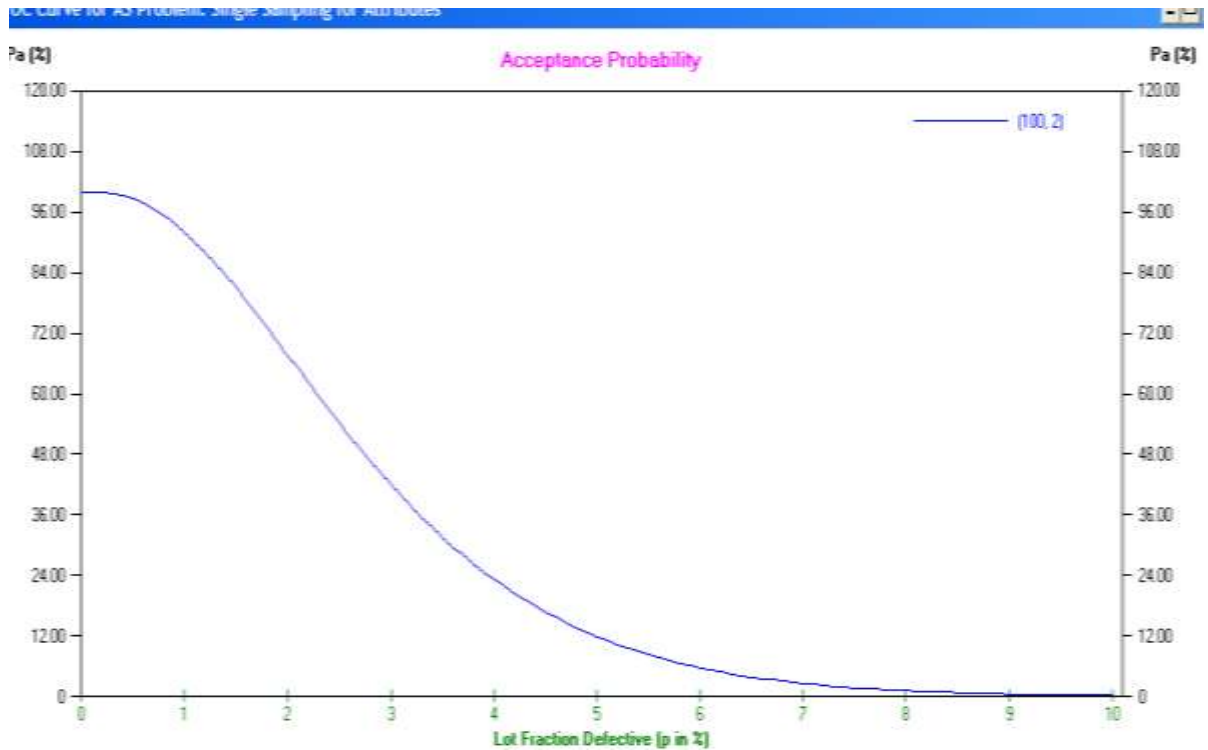
09-21-2010	Plan	Value
1	Given AQL	1%
2	Given RQL	5%
3	Desired producer's risk (alpha)	5%
4	Desired consumer's risk (beta)	10%
5	Lot size	1000
6	Recommended sample size (n)	100
7	Recommended acceptance number (c)	2
8	Resulted producer's risk (alpha)	7.9372%
9	Resulted consumer's risk (beta)	11.8263%
10	Resulted AOQL	1.2453%

En la tabla anterior se pueden encontrar los valores recomendados para n y c los cuales son:

- n = 100

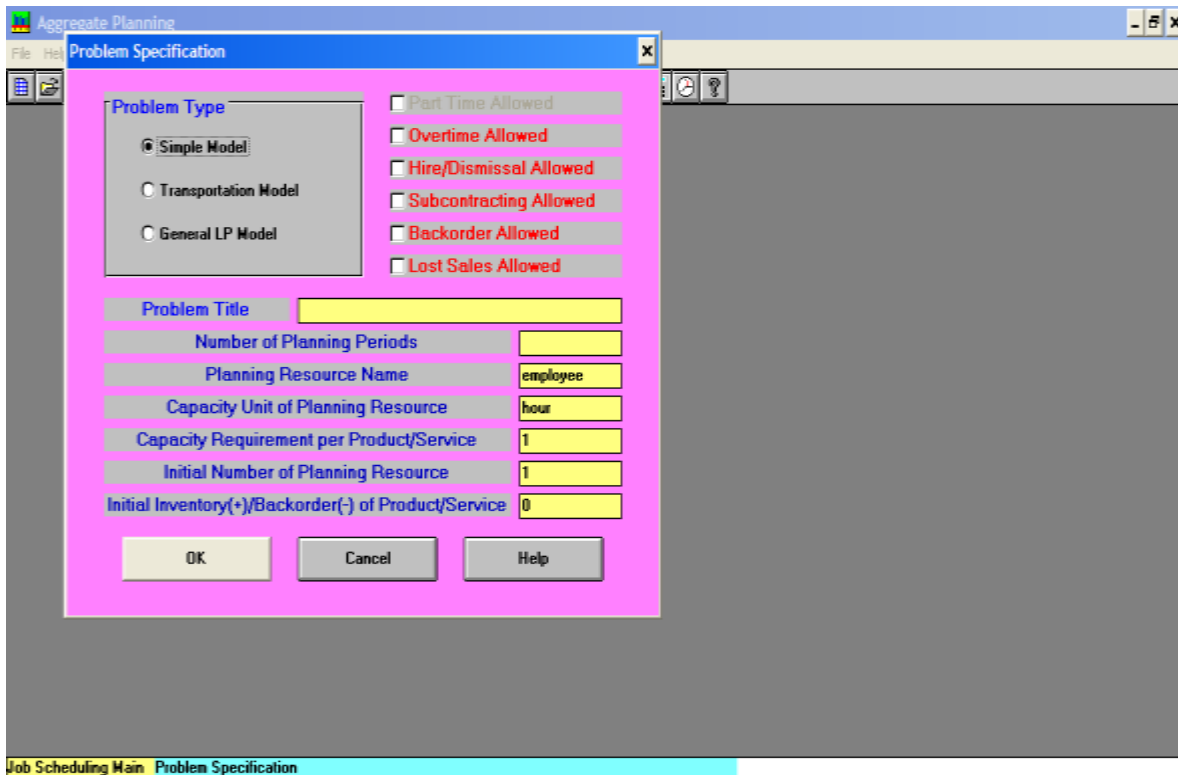
- $c = 2$

Se puede también observar la curva OC en la cual también se encuentran los mismos valores de n y c , seleccionando la opción **Show OC curve** del menú **Result**:



4.4. PLANEACION AGREGADA

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla en la cual se introducirán las características del problema:



Los Tipos de problemas (Problem Type) que se pueden trabajar en este módulo son:

- **Modelos Simples (Simple Model).**
- **Modelos de Transportes (Transportation Model).**
- **Modelos generales de Programación Lineal (General L P Model).**

4.4.1. EJEMPLO DE PLANEACION AGREGADA.

Introducción de datos para la creación de un modelo simple de Planeación Agregada.


- Según el departamento de pronósticos de la compañía ABC S.A., las demandas de artículos para los próximos seis meses serán:

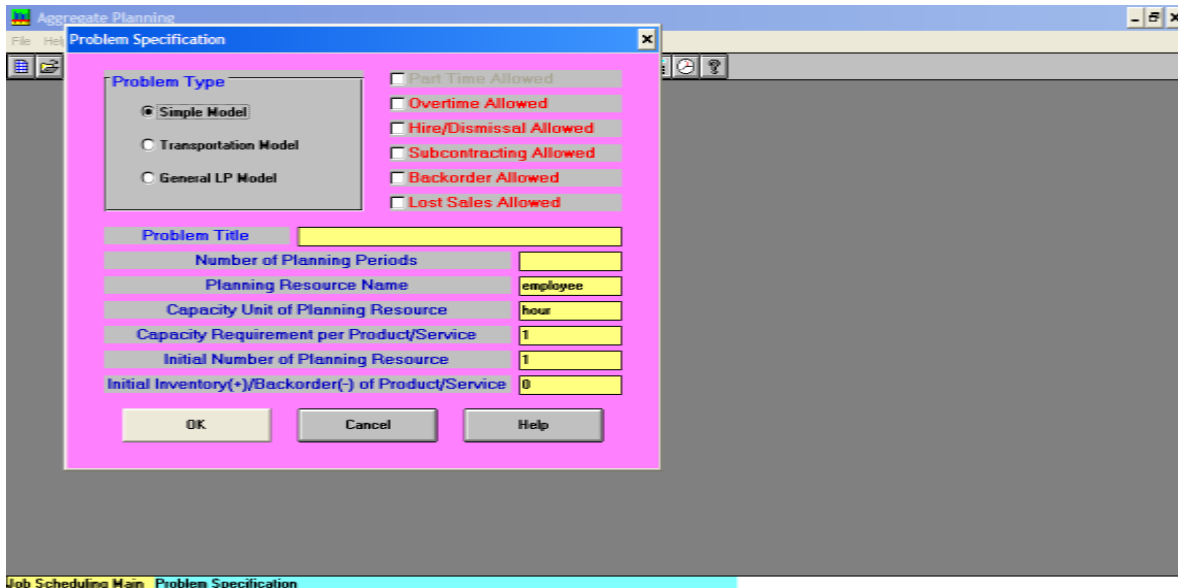
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
PRONOSTICO DE LA DEMANDA	1800	1500	1100	900	1100	1600	8000
DÍAS LABORALES	22	19	21	21	22	20	125

Con la siguiente información se desea preparar un plan de producción para la compañía:

COSTO MATERIALES	\$100.000/unidad
COSTO DE MANTENER INVENTARIO	\$1.50/unidad/mes
Costo marginal por ventas perdidas	\$5.00/unidad/mes
Costo marginal de subcontratación	\$20.00/unidad
Costo de contrataciones y capacitaciones	\$200.00/trabajador
Costo de despidos	\$250.00/trabajador
Horas de trabajo requeridas	5/unidad
Máximo de horas de trabajo extras por mes	8 Horas
Horas laborables normales por día	8 Horas
Costo del tiempo normal	\$4.00/hora
Costo del tiempo extra	\$6.00/hora
Trabajadores disponibles a enero primero	40 TRABAJADORES
Capacidad máxima que se puede subcontratar	100 UNIDADES
Inventario inicial 400	400 UNIDADES

Para ingresar la información del problema al Winqs, se debe activar la ventana Especificaciones del problema (Problem Specification) pulsando sobre la opción Nuevo

Problema (New Problem) en el menú Archivo (File) o pulsando directamente sobre el botón .



Se Selecciona Modelo Simple (Simple Model) y se marcan las casillas a partir de la información suministrada por el problema:

- **Tiempo Extra (Overtime Allowed):** En el caso de que se considere trabajar con tiempos extras.
- **Despidos y contrataciones (Hire/Dismissal Allowed):** Cuando se considere la opción de contratar y despedir empleados según la carga de producción en el periodo.
- **Subcontratación (Subcontracting Allowed):** Se activa cuando el problema considere la alternativa de subcontratar parte de la producción.
- **Pedidos (Backorder Allowed):** Cuando se desee trabajar considerando inventarios menores a cero.
- **Ventas Perdidas (Lost Sales Allowed):** Incluye el costo de las ventas perdidas.

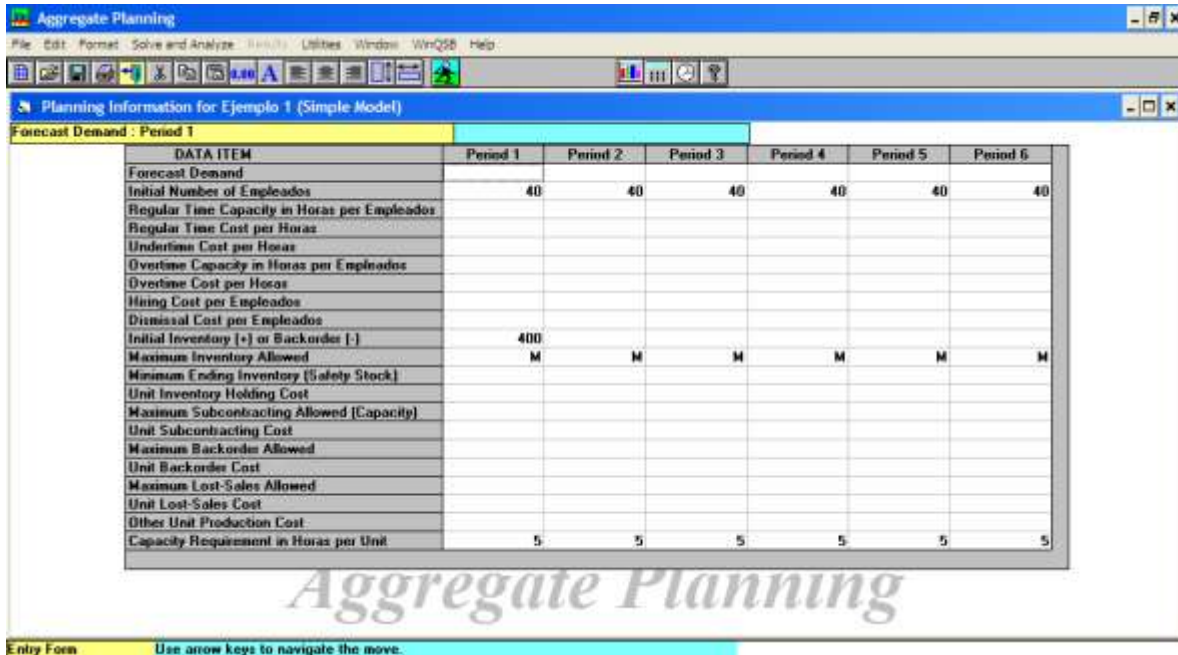
El resto de la información requerida la constituye:

- **Título del problema (Problem Title):** Se escribe el título con que se identifica el problema.
- **Número de periodos planeados (Number of Planning Periods):** Número de periodos incluidos en la planeación del problema.
- **Nombre del recurso planeado (Planning Resource Name):** Nombre del recurso que se va a planear.
- **Unidad de capacidad del recurso planeado (Capacity Unit of Planning Resource)**
- **Requerimiento de capacidad por unidad de producto o servicio (Capacity Requirement per Product/Service):** Unidades requeridas para elaborar un producto o servicio (en este caso el valor indica que se requieren 5 horas por cada unidad).
- **Número inicial de recursos planeados (Initial Number of Planning Resource):** Indica la cantidad de recursos disponibles al comienzo del periodo.
- **Inventario inicial o faltantes de productos o servicios (Initial Inventory (+)/Backorder (-) of Product/Service):** Disponibilidad (o faltantes) de unidades del producto o servicio.

The screenshot shows the 'Problem Specification' dialog box in the Winqsb software. The dialog is titled 'Aggregate Planning' and 'Problem Specification'. It contains several sections:

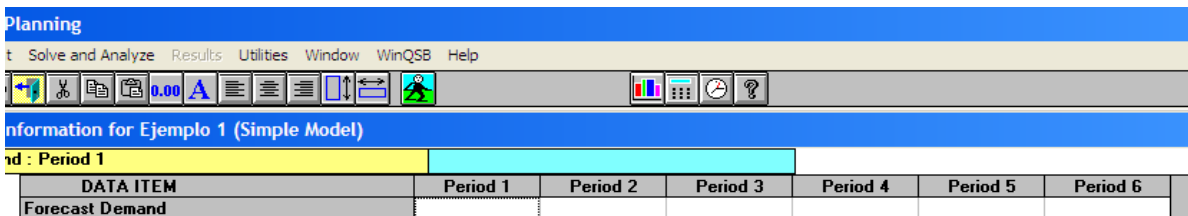
- Problem Type:** Three radio buttons are present: 'Simple Model' (selected), 'Transportation Model', and 'General LP Model'.
- Options:** A list of checkboxes for various options: 'Part Time Allowed' (unchecked), 'Overtime Allowed' (checked), 'Hire/Dismissal Allowed' (checked), 'Subcontracting Allowed' (checked), 'Backorder Allowed' (unchecked), and 'Lost Sales Allowed' (unchecked).
- Input Fields:** A series of input fields with labels and values: 'Problem Title' (Ejemplo 1), 'Number of Planning Periods' (6), 'Planning Resource Name' (Empleados), 'Capacity Unit of Planning Resource' (Horas), 'Capacity Requirement per Product/Service' (5), 'Initial Number of Planning Resource' (40), and 'Initial Inventory(+)/Backorder(-) of Product/Service' (400).
- Buttons:** Three buttons at the bottom: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Una vez digitada la información se pulsa el botón OK para ingresar los datos faltantes del problema.



A continuación se explicara uno a uno los nuevos campos requeridos por Winqsb para completar el análisis de planeación agregada (recuerde que las palabras Hora y Empleados fueron definidas al inicio como unidad de capacidad y el nombre del recurso manejado):

- **Pronóstico de la Demanda (Forecast Demand):** Se introduce la información resultado de un pronóstico de la demanda para los meses objeto del estudio.



- **Número Inicial de Empleados (Initial Numbers of Empleados):** Cantidad de empleados con que disponemos al comienzo de cada mes.
- **Tiempo regular disponible en hora por empleados (Regular Time Capacity in Hora per Empleados):** Tiempo máximo disponible por cada mes (en la unidad de tiempo definida). Se calcula multiplicando los días disponibles por mes por las horas disponibles para trabajar, por ejemplo, para el periodo 1 tenemos: Tiempo Disponible = 22 días x 8 Horas / Día = 176 horas disponibles.

DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand	1800	1500	1100	900	1100	1600
Initial Number of Empleados	40					
Regular Time Capacity in Horas per Empleados	176	152	168	168	176	160

- **Costo regular de la hora (Regular Time Cost per Hora):** En este caso se estima el valor de la hora trabajada en \$4.
- **Costo por debajo de la hora (Undertime Cost per Hora):** En caso de no completar la hora, se debe definir el costo de la misma. En el ejemplo se trabajara con el costo de la hora completa \$4.
- **Tiempo extra disponible (Overtime Capacity in Hora per Empleados):** Se Indica el número de horas extras disponibles por cada trabajador.
- **Costo del tiempo Extra (Overtime Cost per Hora):** Costo de la hora extra.
- **Costo de contratación (Hiring Cost per Empleados):** Costo de contratar un empleado.
- **Costo de despido (Dismissal Cost per Empleados):** Costo de despido de un empleado.

DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand	1800	1500	1100	900	1100	1600
Initial Number of Empleados	40					
Regular Time Capacity in Horas per Empleados	176	152	168	168	176	160
Regular Time Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Uvertime Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Overtime Capacity in Horas per Empleados	8	8	8	8	8	8
Overtime Cost per Horas	6	6	6	6	6	6
Hiring Cost per Empleados	200	200	200	200	200	200
Dismissal Cost per Empleados	250	250	250	250	250	250

- **Inventario Inicial (Initial Inventory (+) or Backorder (-)):** Inventario inicial con el cual se cuenta (o se contará) al inicio del periodo, órdenes pendientes por cumplir.
- **Nivel máximo de Inventario (Maximum Inventory Allowed):** Nivel máximo de inventario aceptado por la empresa. En el caso de que se trabaje con inventarios máximo tendientes a infinito se especifica con la letra M.
- **Nivel mínimo de inventario aceptado (Minimun Ending Inventory):** Valor del Stock mínimo requerido por la empresa. En este caso se colocara el valor de cero indicando que se trabajara con cero inventarios.
- **Costo de mantener una unidad en inventario (Unit Inventory Holding Cost):** El costo de mantener un producto en inventario durante un periodo determinado.

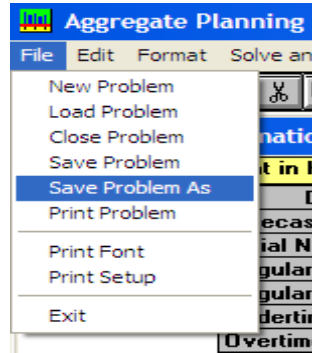
DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand	1800	1500	1100	900	1100	1600
Initial Number of Empleados	40					
Regular Time Capacity in Horas per Empleados	176	152	168	168	176	160
Regular Time Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Uvertime Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Overtime Capacity in Horas per Empleados	8	8	8	8	8	8
Overtime Cost per Horas	6	6	6	6	6	6
Hiring Cost per Empleados	200	200	200	200	200	200
Dismissal Cost per Empleados	250	250	250	250	250	250
Initial Inventory (+) or Backorder (-)	400					
Maximum Inventory Allowed	M	M	M	M	M	M
Minimum Ending Inventory (Safety Stock)	0	0	0	0	0	0
Unit Inventory Holding Cost	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

- **Capacidad máxima posible a subcontratar (Maximun Subcontracting Allowed):** Valor máximo que podría ser subcontratado en caso de que la producción no alcance el valor demandado.
- **Costo de la unidad subcontratada (Unit Subcontracting Cost):** Valor de cada unidad que es elaborada por subcontratos.
- **Otros costos unitarios de producción (Other Unit Production Cost):** En caso de que existan otros costos unitarios adicionales se anotaran en este apartado.

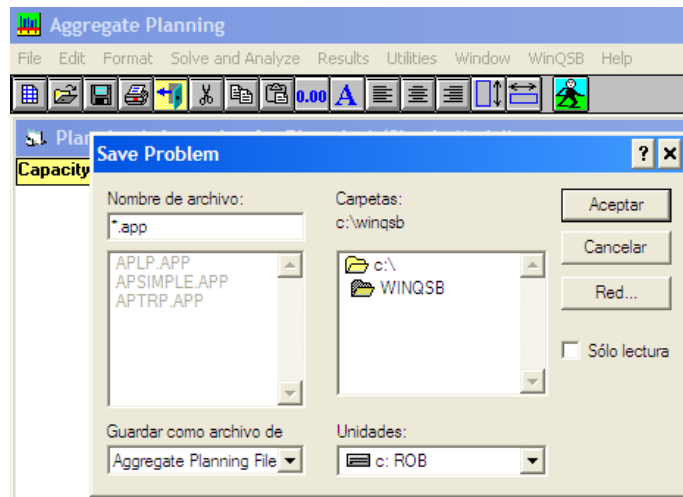
DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand	1800	1500	1100	900	1100	1600
Initial Number of Empleados	40					
Regular Time Capacity in Horas per Empleados	176	152	168	168	176	160
Regular Time Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Overtime Cost per Horas	4	4	4	4	4	4
Overtime Capacity in Horas per Empleados	8	8	8	8	8	8
Overtime Cost per Horas	6	6	6	6	6	6
Hiring Cost per Empleados	200	200	200	200	200	200
Dismissal Cost per Empleados	250	250	250	250	250	250
Initial Inventory (+) or Backorder (-)	400					
Maximum Inventory Allowed	M	M	M	M	M	M
Minimum Ending Inventory (Safety Stock)	0	0	0	0	0	0
Unit Inventory Holding Cost	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Maximum Subcontracting Allowed (Capacity)	100	100	100	100	100	100
Unit Subcontracting Cost	20	20	20	20	20	20
Other Unit Production Cost	0	0	0	0	0	0
Capacity Requirement in Horas per Unit	5					

La última fila corresponde al **Requerimiento de capacidad por unidad de producto o servicio (Capacity Requirement per Product/Service)** introducido en la ventana de especificaciones del problema. Una vez concluida la digitación de los datos, se procede a salvar los datos del problema para después solucionarlo:

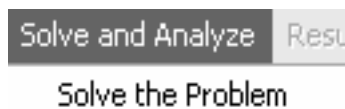
Se selecciona la opción **File** del menú principal. Del menú desplegable se selecciona la opción **Save Problem As:**



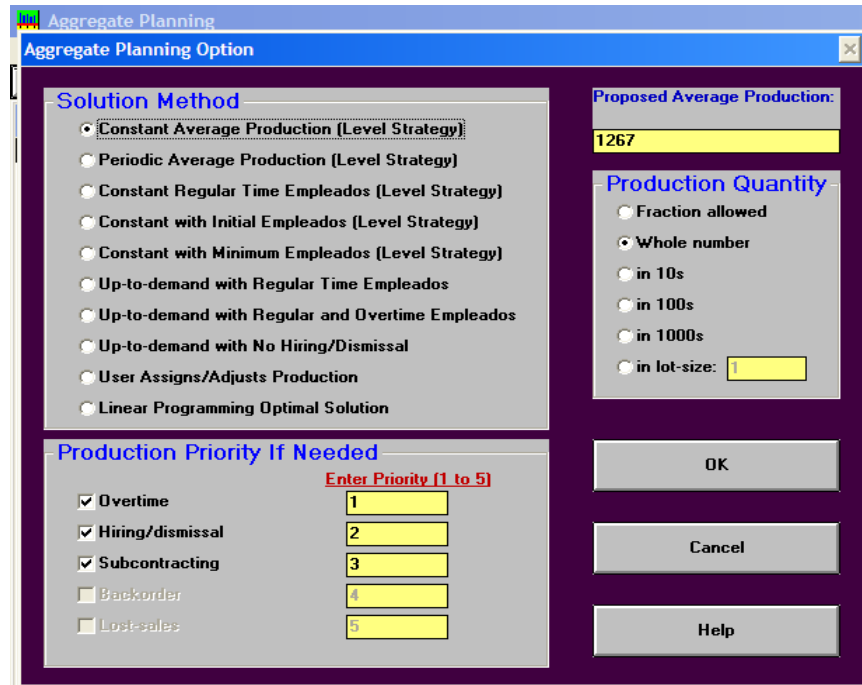
Aparece un menú con las opciones Nombre de archivo y Carpetas. El primero sirve para guardar el problema con el nombre que se desee pero teniendo cuidado de no borrar la extensión que ya aparece por defecto, solamente se puede borrar el asterisco que aparece antes de la extensión y en su lugar se coloca el nombre deseado (máximo de 8 caracteres). El segundo permite guardar el archivo en la ruta que se desee.



Una vez guardado, se procede a su solución a través de la opción **Solve and Analyze**:



Aparecerá una nueva ventana donde se podrán establecer distintos parámetros para llegar a una solución óptima.



Winqsb permite elegir entre 10 métodos distintos para la consecución de la planeación agregada. Los más destacados son:

Promedio de producción constante (Constant Average Production): Se especifica el promedio de producción el cual se mantendrá constante durante los meses.

Promedio de producción periódico (Periodic Average Production): Mantener la producción constantes por periodos.

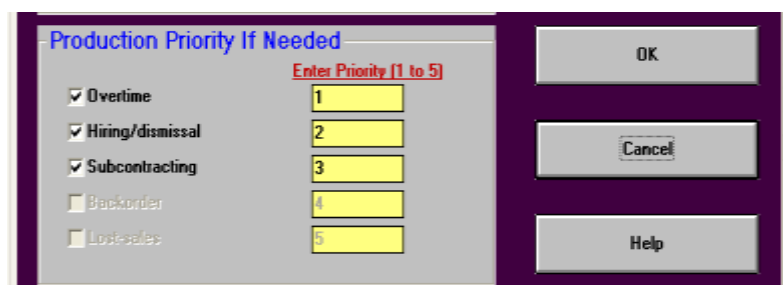
Tiempo constante de capacidad para empleados (Constant Regular Time Empleados): Se mantienen los tiempos de capacidad para el recurso estudiado.

Cantidad inicial de empleados constantes (Constant With Initial Empleados): Se mantienen constantes la cantidad de empleados (no se contratan ni se despiden).

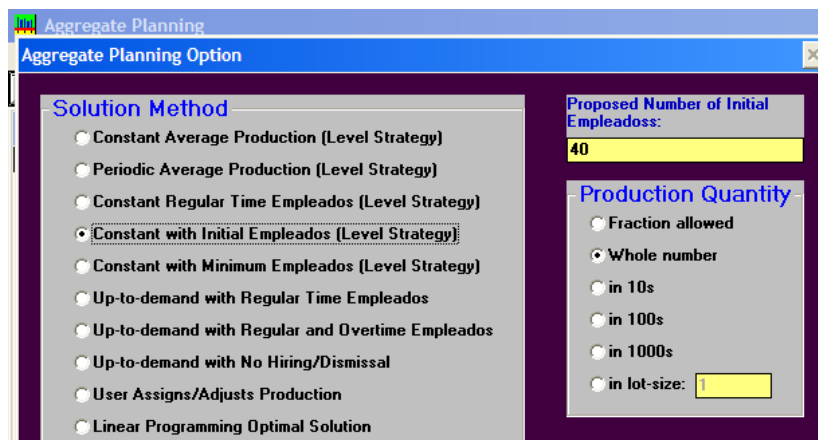
Cantidad mínima de empleados constantes (Constant With Minimum Empleados):

Cantidad mínima de empleados que se mantendrán constantes

Se puede priorizar para algunos de estos métodos si el problema está enfocado más hacia una solución con subcontratación, despidos, subcontratos o ventas perdidas (la valoración se hace colocando a las casillas que están activadas un valor entre el 1 y el 5, siendo 1 el ítem que tendrá más importancia).



La solución se hará basada en la estrategia de mantener un nivel constante de 40 empleados al comienzo de cada mes, seleccionando la opción **Cantidad inicial de empleados constantes (Constant With Initial Empleados)**. Esta solución impide la contratación y despidos de empleados. Se Pulsa en el botón **OK** y se analizan los resultados:

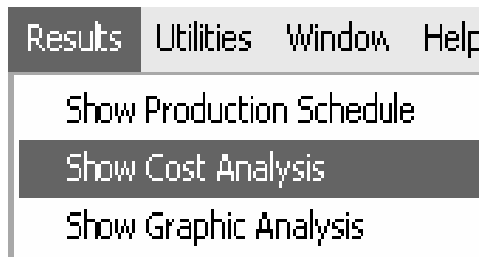


08-12-2010 12:26:36	Demand	Regular Production	Overtime Production	Subcontracting Production	Total Production	Ending Inventory	Hiring	Dismissal	Number of Employees
Initial						400.00			40.00
Period 1	1,800.00	1,408.00	0.00	0.00	1,408.00	8.00	0.00	0.00	40.00
Period 2	1,500.00	1,216.00	0.00	0.00	1,216.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Period 3	1,100.00	1,344.00	0.00	0.00	1,344.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Period 4	900.00	1,344.00	0.00	0.00	1,344.00	412.00	0.00	0.00	40.00
Period 5	1,100.00	1,408.00	0.00	0.00	1,408.00	720.00	0.00	0.00	40.00
Period 6	1,600.00	1,280.00	0.00	0.00	1,280.00	400.00	0.00	0.00	40.00
Total	8,000.00	8,000.00	0.00	0.00	8,000.00	1,540.00	0.00	0.00	

En este caso, la cantidad de empleados es suficiente para satisfacer la demanda, por lo cual no es necesario trabajar horas extras ni subcontratar parte de la producción.

Manteniendo este nivel máximo de producción con 40 empleados, al final del sexto periodo se tendrá un inventario final de 1540 unidades.

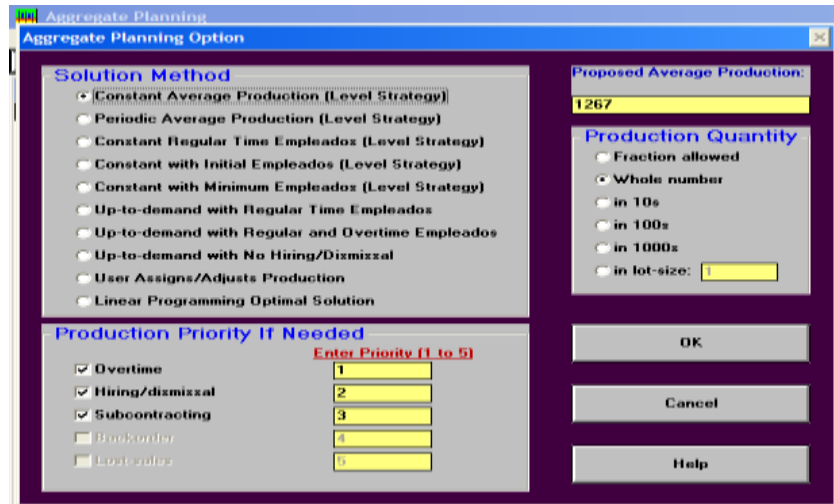
Para observar los costos de esta estrategia seleccionaremos en el menú **Resultados (Results)** la opción **Mostrar análisis de costos (Show Cost Analysis)**



11-26-2005 13:01:46	Regular Time	Overtime	Subcontracting Cost	Inventory Holding Cost	Hiring	Dismissal	TOTAL COST
Period 1	\$28.160	0	0	\$12	0	0	\$28.172
Period 2	\$24.320	0	0	0	0	0	\$24.320
Period 3	\$26.880	0	0	0	0	0	\$26.880
Period 4	\$26.880	0	0	\$618	0	0	\$27.498
Period 5	\$28.160	0	0	\$1.080	0	0	\$29.240
Period 6	\$25.600	0	0	\$600	0	0	\$26.200
Total	\$160.000	0	0	\$2.310	0	0	\$162.310

Se puede observar que el costo total de esta estrategia es de \$162.310.

Ahora se cierra la ventana que muestra la solución y se procede a resolver nuevamente el ejercicio, esta vez marcando el primer método de solución **Promedio de producción constante (Constant Average Production)** y pulsando en el botón **OK**.



Los nuevos resultados son:

Aggregate Planning									
Planning Result for Ejemplo 1 (Simple Model)									
08-12-2010 12:32:32	Demand	Regular Production	Overtime Production	Subcontracting Production	Total Production	Ending Inventory	Hiring	Dismissal	Number of Employees
Initial						400.00			40.00
Period 1	1,000.00	1,267.00	0.00	0.00	1,267.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Period 2	1,500.00	1,216.00	0.00	0.00	1,216.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Period 3	1,100.00	1,267.00	0.00	0.00	1,267.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Period 4	900.00	1,267.00	0.00	0.00	1,267.00	117.00	0.00	0.00	40.00
Period 5	1,100.00	1,267.00	0.00	0.00	1,267.00	284.00	0.00	0.00	40.00
Period 6	1,600.00	1,267.00	0.00	0.00	1,267.00	0.00	0.00	0.00	40.00
Total	8,000.00	7,551.00	0.00	0.00	7,551.00	401.00	0.00	0.00	

En este caso la producción se mantiene constante a un valor cercano a las 1267 unidades. Los costos totales son de aproximadamente \$160.602.

Aggregate Planning

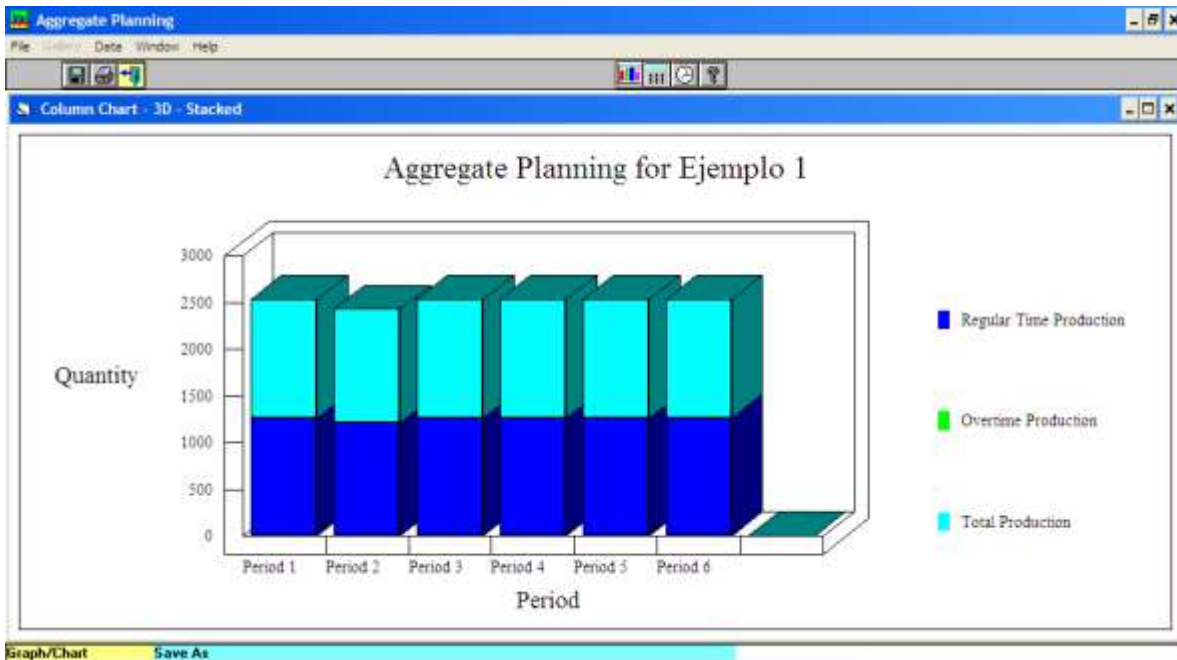
File Format Results Utilities Window Help

0.00

Cost Analysis for Ejemplo 1 (Simple Model)

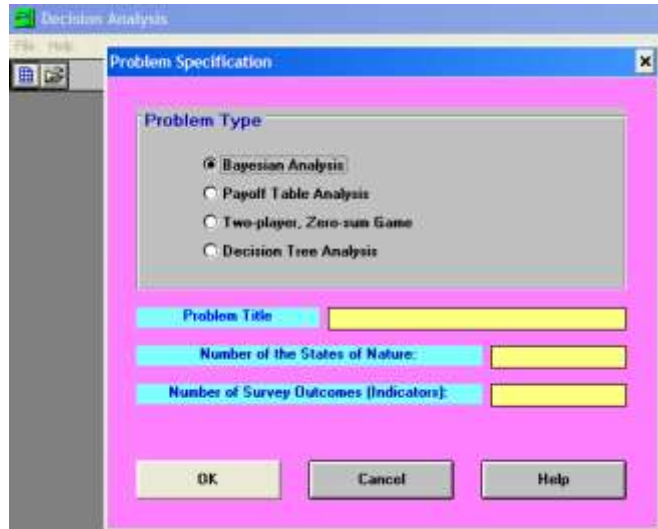
08-12-2010 12:34:26	Regular Time	Undertime	Overtime	Subcontracting Cost	Inventory Holding Cost	Hiring	Dismissal	TOTAL COST
Period 1	\$25,340	\$2,820	0	0	0	0	0	\$28,160
Period 2	\$24,320	0	0	0	0	0	0	\$24,320
Period 3	\$25,340	\$1,540	0	0	0	0	0	\$26,880
Period 4	\$25,340	\$1,540	0	0	\$175.50	0	0	\$27,055.50
Period 5	\$25,340	\$2,820	0	0	\$426	0	0	\$28,586
Period 6	\$25,340	\$260	0	0	0	0	0	\$25,600
Total	\$151,020	\$8,980	0	0	\$601.50	0	0	\$160,601.50

En el mismo menú **Resultados (Results)** se podrá seleccionar la opción **Mostrar análisis gráfico (Show Graphics Analysis)** para mostrar los resultados de la planeación en modo gráfico.



4.5. ANÁLISIS DE DECISIONES

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** muestra una ventana con los siguientes campos:



Los tipos de problemas sobre análisis de decisiones disponibles en **Winqsb** a través de la ventana **Especificaciones del problema (Problem Specification)** son:

- **Análisis bayesiano (Bayesian Analysis)**
- **Análisis de tablas de pago (Payoff Table Analysis)**
- **Juegos de suma cero para dos jugadores (Two-Player, Zeros-Sum Game)**
- **Análisis de árboles de decisión (Decision Tree Analysis)**

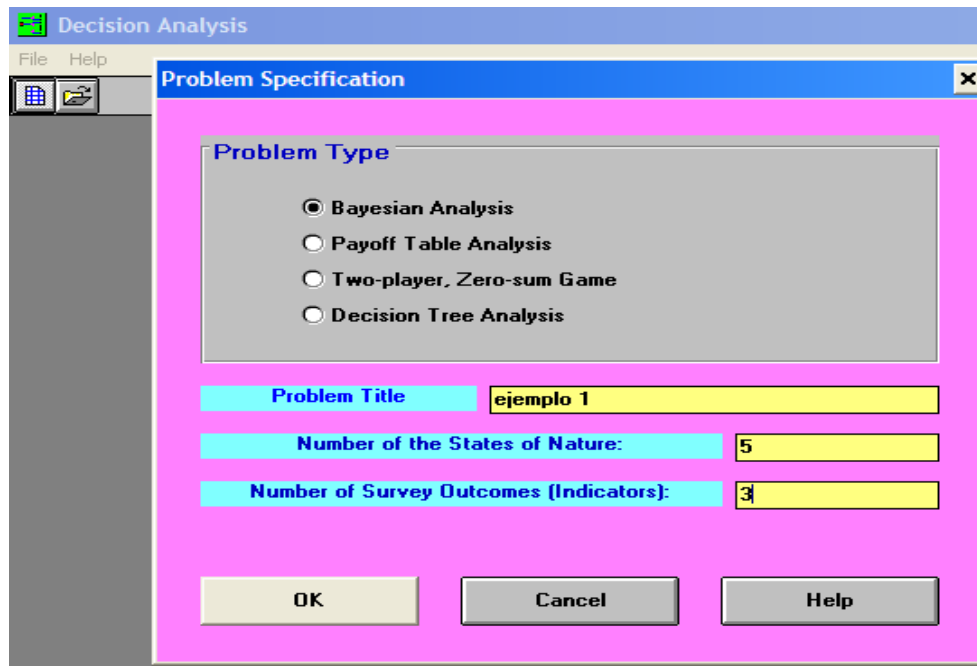
4.5.1. EJEMPLO ANALISIS BAYESIANO

Se tienen cinco urnas con 10 canicas cada una, de color azul, negro y rojo, según se muestra en la tabla:

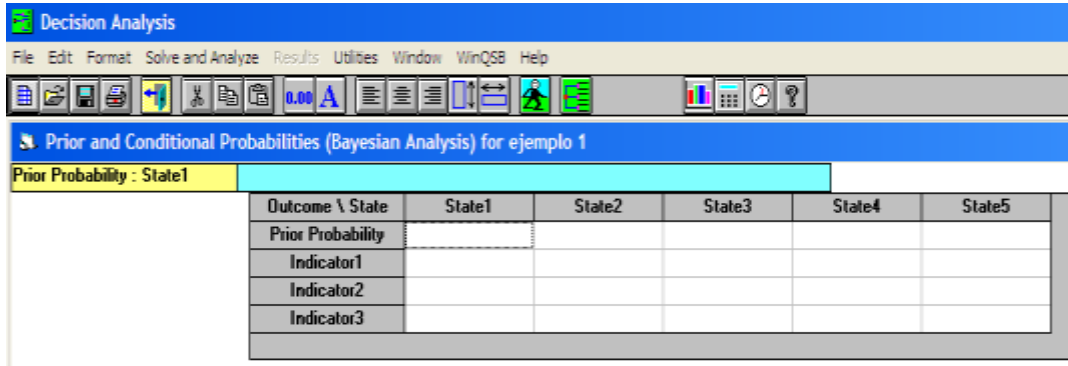
Canicas	Urna 1	Urna 2	Urna 3	Urna 4	Urna 5
Azul	1	6	8	1	0
Negra	6	2	1	2	6
Roja	3	2	1	7	4

Si se elige una urna en forma aleatoria y se extrae una canica y esta resulta ser roja, cuál es la probabilidad de que provenga de la urna 3.

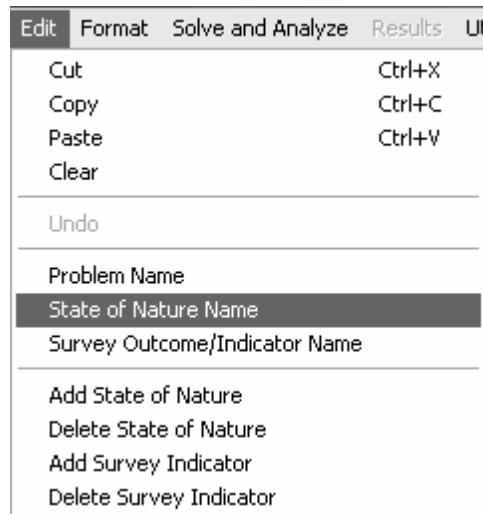
En la ventana **Especificaciones del problema (Problem Specification)** se procede a ingresar los datos básicos para la solución del problema. En el apartado **Número de estados naturales (Number of the States of Nature)** se coloca la cantidad de urnas existentes, mientras que en el campo **Número de resultados (Number of Survey Outcomes)** se escribe los tipos de canicas (tres en total: azul, negra y roja).



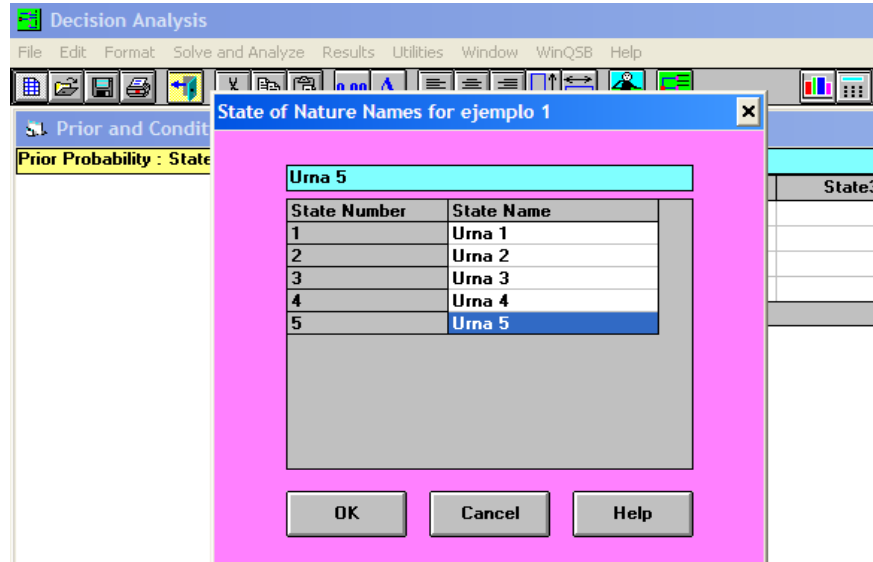
Al pulsar **OK** aparecerá una tabla en la cual se ingresan las probabilidades individuales, tanto para las urnas como las canicas que tienen dentro.



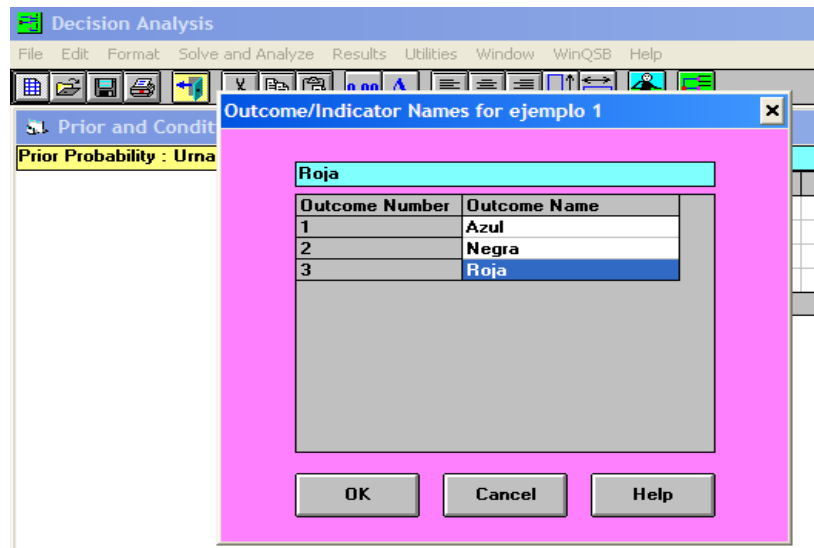
Para mejorar el aspecto de la tabla y evitar posibles equivocaciones en la interpretación de los datos, se cambian los campos de la tabla por los trabajados en el ejercicio. Se comienza modificando los **States** por los nombre de las urnas correspondientes, para lo cual, en el menú **Editar (Edit)** se elige la opción **Nombres de los estados naturales (State of Nature Name)**.



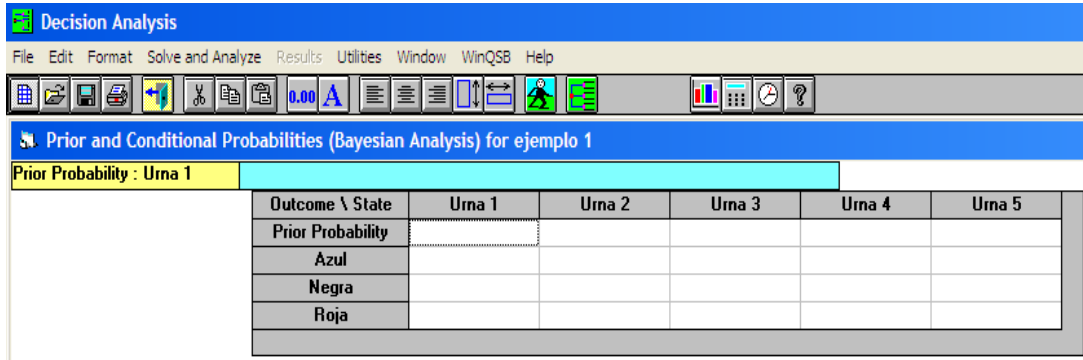
La ventana con los nombres modificados debe quedar así:



Para cambiar los **Indicators** por los correspondientes colores de las canicas se hace el mismo procedimiento solo que esta vez, se selecciona la opción **Nombre del indicador** (Survey Outcomes/Indicator Name).



Al pulsar **OK** se regresa a la ventana inicial, la cual debería quedar como la siguiente:



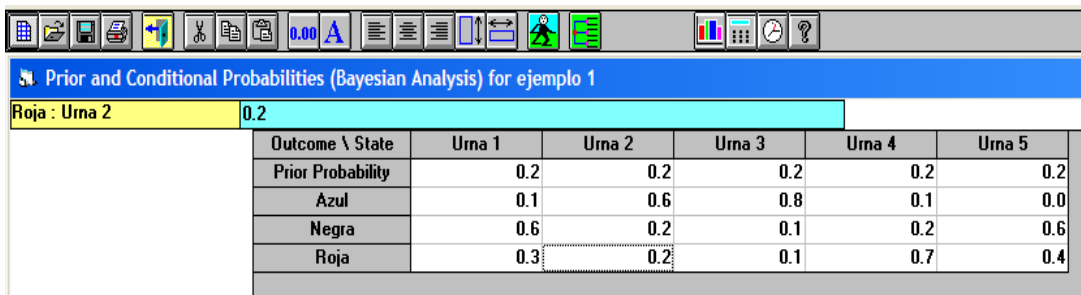
Para poder resolver el problema se debe pasar primero los datos del ejercicio a las probabilidades:

- De elegir una urna de forma aleatoria (probabilidad anterior)
- De seleccionar una canica dentro de la urna

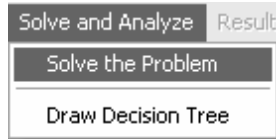
La tabla resumen quedaría:

Canicas	Urna 1	Urna 2	Urna3	Urna4	Urna5
Probabilidad anterior	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Azul	0.1	0.6	0.8	0.1	0.0
Negra	0.6	0.2	0.1	0.2	0.6
Roja	0.3	0.2	0.1	0.7	0.4
Total	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Ingresemos ahora los datos a la tabla del **Winqsb**:



Para resolver el problema simplemente se pulsa en **Resolver el problema (Solve the Problem)** en el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)**.



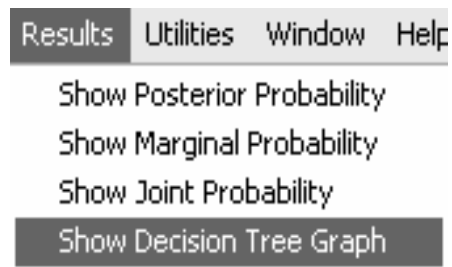
La tabla generada muestra los resultados de las probabilidades condicionales.

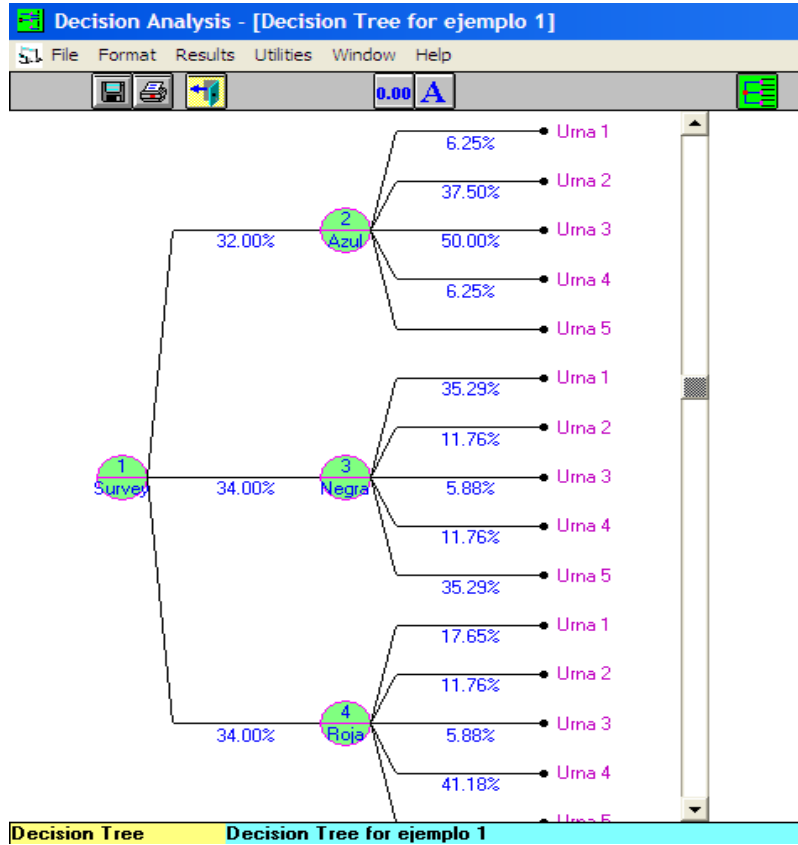
A screenshot of a software interface showing a table of conditional probabilities. The table has five columns labeled 'Urna 1' through 'Urna 5' and three rows labeled 'Azul', 'Negra', and 'Roja'. The value 0.0588 in the 'Roja' row and 'Urna 3' column is circled in red.

Indicator\State	Urna 1	Urna 2	Urna 3	Urna 4	Urna 5
Azul	0.0625	0.375	0.5	0.0625	0
Negra	0.3529	0.1176	0.0588	0.1176	0.3529
Roja	0.1765	0.1176	0.0588	0.4118	0.2353

En este caso la probabilidad de que al haber seleccionado la urna 3 se saque una canica roja es de 5,88%.

Para activar el modo gráfico se pulsa sobre **Mostrar gráfico del árbol de decisión (Show Decision Tree Graph)**.



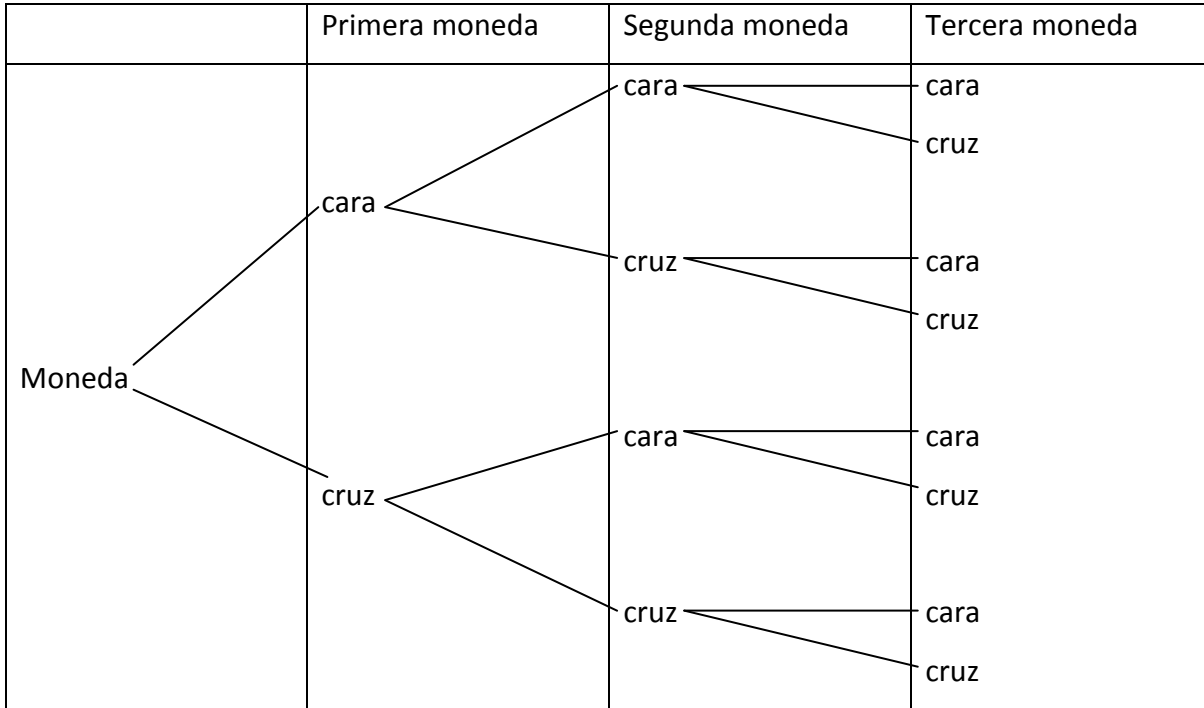


4.5.2. EJEMPLO DE ARBOL DE DECISION

Se lanzan tres monedas al tiempo. El jugador gana si las tres monedas caen cara, pierde en caso de que se dé un suceso contrario.

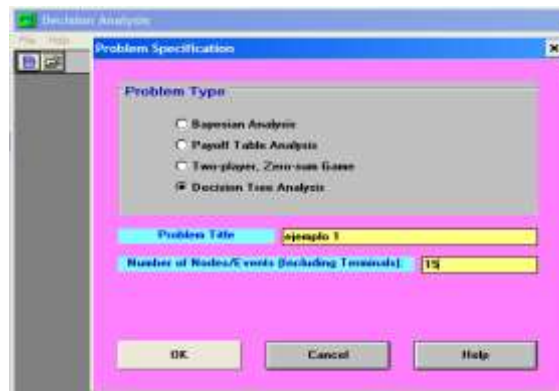
El jugador invierte por jugada \$100 y si gana recibe \$5.000. ¿Es conveniente participar en el juego?

Para solucionar el problema se debe tener en cuenta un diagrama de árbol que represente los sucesos, al observarlos es notorio que se compone de 15 nodos:

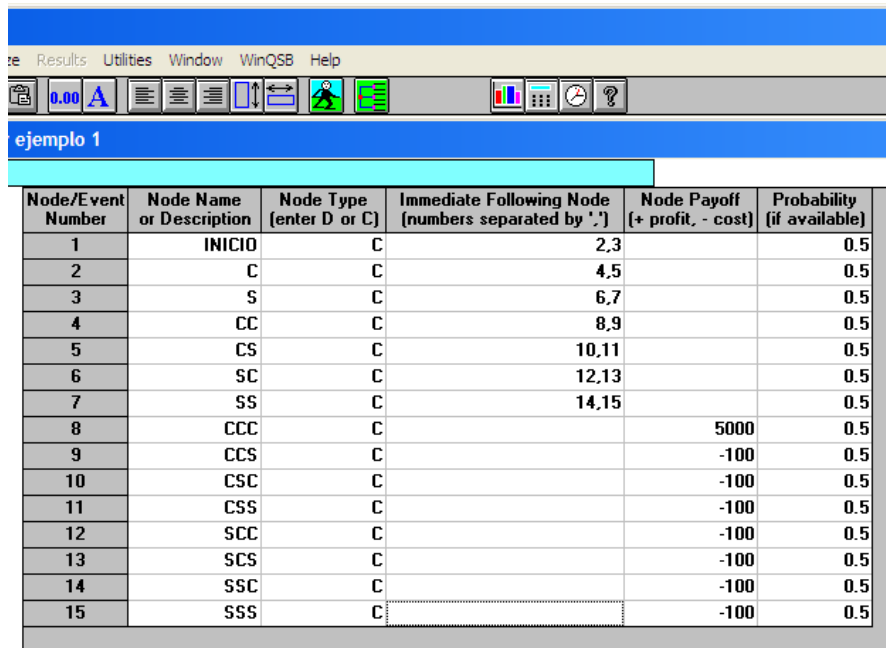


Winqsb maneja dos tipos de nodos: **Nodos de decisión (decision node)** y **Nodos de oportunidad (chance node)**, Los segundos trabajan con condiciones de incertidumbre, mientras que los primeros son dispuestos por el usuario. En este caso, los eventos están dispuestos por nodos tipo **oportunidad** sujetos a una probabilidad del 0.50 de que ocurra cada uno de forma independiente (de que salga cara o cruz).

En la ventana **Especificaciones del problema (Problem Specification)** se digita la cantidad de nodos que componen el árbol:



Los datos introducidos en la plantilla deberán quedar como sigue:



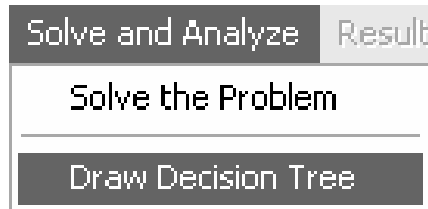
Node/Event Number	Node Name or Description	Node Type (enter D or C)	Immediate Following Node (numbers separated by ',')	Node Payoff (+ profit, - cost)	Probability (if available)
1	INICIO	C	2,3		0.5
2	C	C	4,5		0.5
3	S	C	6,7		0.5
4	CC	C	8,9		0.5
5	CS	C	10,11		0.5
6	SC	C	12,13		0.5
7	SS	C	14,15		0.5
8	CCC	C		5000	0.5
9	CCS	C		-100	0.5
10	CSC	C		-100	0.5
11	CSS	C		-100	0.5
12	SCC	C		-100	0.5
13	SCS	C		-100	0.5
14	SSC	C		-100	0.5
15	SSS	C		-100	0.5

La primera columna indica el consecutivo de los eventos. La segunda columna corresponde al nombre del nodo (se indico con la secuencia de sucesos para facilitar su identificación, por ejemplo, el nodo **CCC** significa que los nodos anteriores equivalen a dos caras consecutivas). Para indicar el tipo de nodo solamente se marca con la letra “C” para un nodo tipo **oportunidad**.

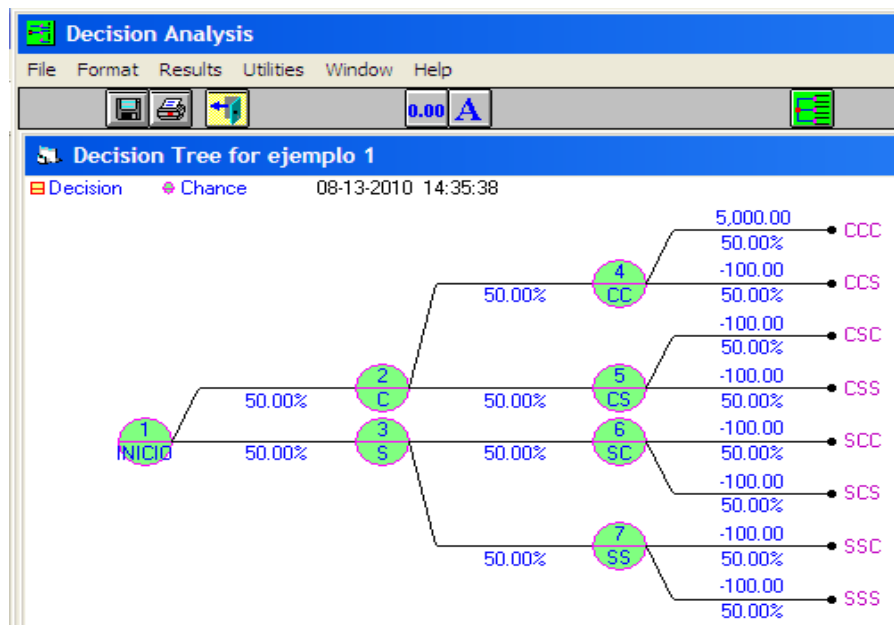
Para mostrar la secuencia en la columna **Nodo siguiente inmediato (Immediate Following Node)**. Los nodos terminales se identifican claramente por no tener sucesores.

Las ganancias y pérdidas ocurren con el resultado de la última moneda (nodos terminales). Para el nodo **CCC** (sucede cuando las tres caras caen) corresponde a un ingreso de \$5.000 (el jugador gana). Los demás nodos terminales producen una pérdida de \$100. La probabilidad de cada evento es del 0.50, indicado en la última columna (excepto para el nodo inicio).

Se puede ver un modelo gráfico del árbol pulsando sobre la opción **Dibujar árbol de decisión (Draw Decision Tree)** en el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)**.



El árbol completo quedaría:



Al pulsar sobre en **Resolver el problema (Solve the Problem)** se tiene un cuadro resumen con los resultados del análisis:

08-13-2010	Node/Event	Type	Expected value	Decision
1	INICIO	Chance node	\$537.50	
2	C	Chance node	\$1,175	
3	S	Chance node	(\$100)	
4	CC	Chance node	\$2,450	
5	CS	Chance node	(\$100)	
6	SC	Chance node	(\$100)	
7	SS	Chance node	(\$100)	
8	CCC	Chance node	0	
9	CCS	Chance node	0	
10	CSC	Chance node	0	
11	CSS	Chance node	0	
12	SCC	Chance node	0	
13	SCS	Chance node	0	
14	SSC	Chance node	0	
15	SSS	Chance node	0	
Overall	Expected	Value =	\$537.50	

El ingreso esperado (**Value Expected**) se muestra al final, equivalente a un valor de \$537,50. El cálculo se realiza así:

$$E(X) = \$5.000 (0.125) - \$100 (0.125) \times 7 = 625,0 - 87,5 = 537,5$$

La respuesta al problema es que según la esperanza positiva, es conveniente participar en el juego ya que la ganancia esperada supera a la inversión en el tiempo.

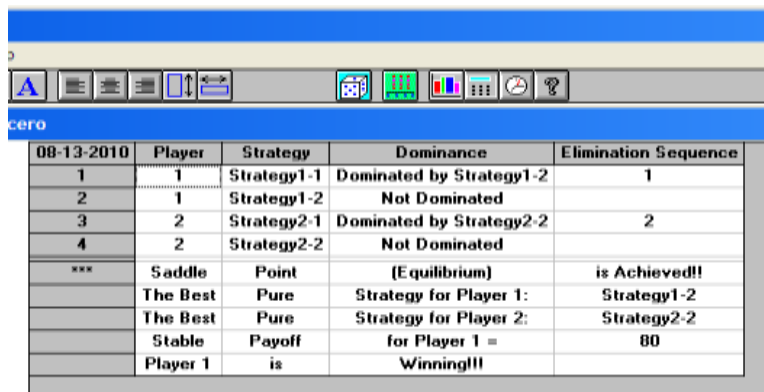
4.5.3. EJEMPLO JUEGOS DE SUMA CERO

A continuación se plantean estos dos casos y la forma de introducir los datos en el **Winqsb** y hallar la solución.

Supóngase dos competidores bajo la situación que se plantea en la matriz de pagos siguiente:

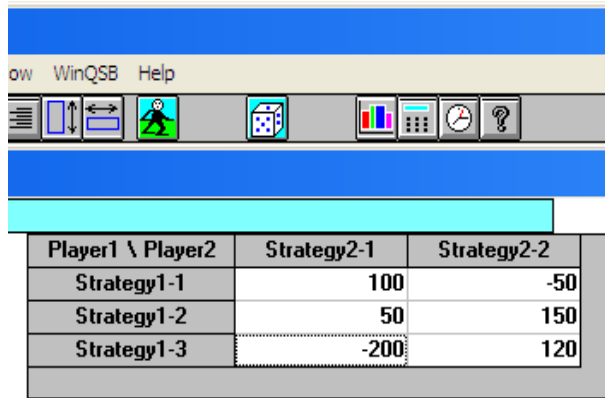
	1	2
1	-150	50
2	200	80

El competidor ubicado a la izquierda de la matriz es el maximizante y el de la parte superior es el minimizante. Se introducen los datos en el **Winqsb**.

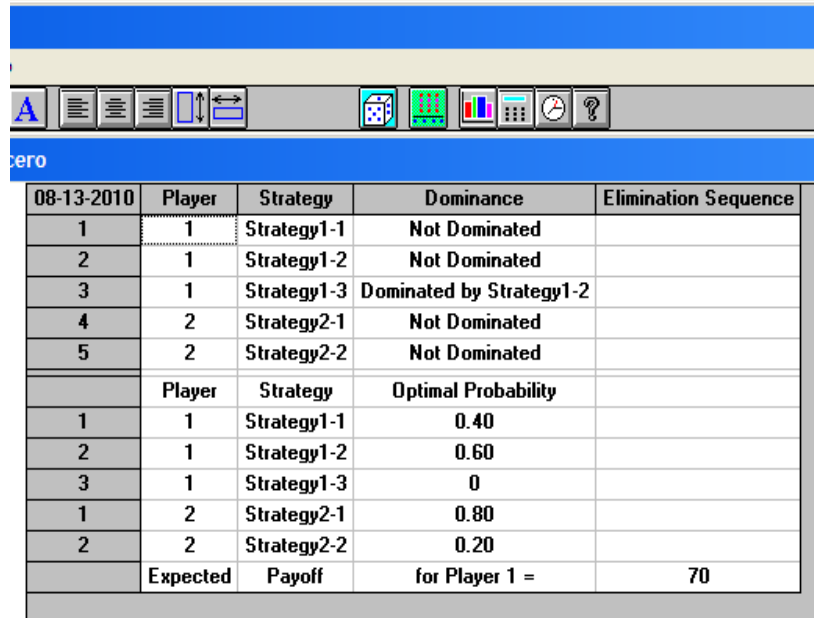


De la tabla solución se observar que la estrategia 1-1 (estrategia 1 del competidor 1) es dominada por la estrategia 1-2 y la 2-1 es dominada por la 2-2, con lo que sólo queda un valor de la matriz (80). Así pues, se alcanza un punto de silla con lo que la estrategia pura para el jugador 1 es la 1-2 y para el competidor 2 es la 2-2. El valor del juego es 80, a favor del competidor 1.

Ejemplo de estrategias mixtas:



Player1 \ Player2	Strategy2-1	Strategy2-2
Strategy1-1	100	-50
Strategy1-2	50	150
Strategy1-3	-200	120



08-13-2010	Player	Strategy	Dominance	Elimination Sequence
1	1	Strategy1-1	Not Dominated	
2	1	Strategy1-2	Not Dominated	
3	1	Strategy1-3	Dominated by Strategy1-2	
4	2	Strategy2-1	Not Dominated	
5	2	Strategy2-2	Not Dominated	
	Player	Strategy	Optimal Probability	
1	1	Strategy1-1	0.40	
2	1	Strategy1-2	0.60	
3	1	Strategy1-3	0	
1	2	Strategy2-1	0.80	
2	2	Strategy2-2	0.20	
	Expected	Payoff	for Player 1 =	70

Como puede apreciarse en el tablero de la solución, al no existir punto de silla los competidores reparten su tiempo de juego así:

El competidor uno jugará su estrategia 1 el 40% del tiempo, la 2 el 40% del tiempo y no jugará su estrategia 3. El competidor dos jugará la estrategia 1 el 80% del tiempo y su estrategia 2 el 20 %.

4.6. PROGRAMACIÓN DINÁMICA

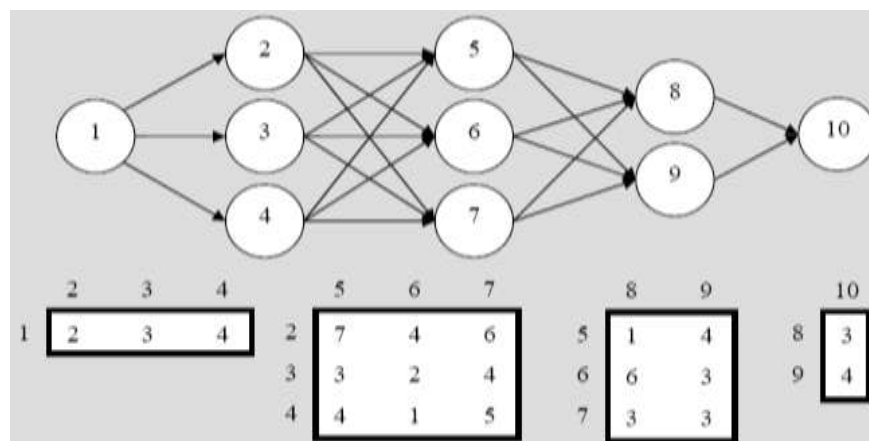
La programación dinámica es un enfoque general para la solución de problemas en los que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas.

Existen tres modelos diferentes manejados por Winqsb.

- Problema de la diligencia (Stagecoach Problem).
- Problema de la mochila (Snapsack Problem).
- programación de producción e inventarios (Production and Inventory Scheduling)

4.6.1. EJEMPLO SOBRE EL PROBLEMA DE LA DILIGENCIA

Considérese el gráfico que contempla las rutas posibles para ir desde la ciudad 1 hasta la ciudad 10. Cada nodo representa una ciudad y los arcos la infraestructura vial disponible. La tabla recoge el costo asociado al desplazamiento entre cada par de nodos para cada una de las etapas. Se supone que todos los desplazamientos tienen la misma duración, y que el viaje ha de realizarse en cuatro etapas. Cada una de ellas se corresponde con un único desplazamiento entre un par de nodos del grafo, así al finalizar la primera etapa estaremos en una de las ciudades 2, 3 ó 4. La segunda etapa finalizará en la ciudad 5, la número 6 ó la número 7. La tercera jornada nos llevará a la ciudad 8 o a la número 9. La cuarta etapa permite finalizar el viaje en la ciudad 10.



Períodos o etapas: Sea $N = \{1, 2, \dots, n\}$ un conjunto finito de elementos. Mediante el índice $n \in N$, se representa cada una de ellas. N es el conjunto de períodos o etapas del proceso. En la ilustración anterior $N = \{1, 2, 3, 4\}$, las cuatro etapas del viaje, cada una de ellas es un período y se representa mediante un valor del índice n , así cuando $n = 1$ se refiere a la primera etapa del proceso.

Espacio de estados: $\{S \in N\}$ es una familia de conjuntos, uno para cada período n . S se denomina espacio de estados en el período n . Cada uno de sus elementos, que se representa mediante S_n , es un estado, que describe una posible situación del proceso en ese período. En nuestro ejemplo, $S_1 = \{1\}$, $S_2 = \{2, 3, 4\}$, $S_3 = \{5, 6, 7\}$, $S_4 = \{8, 9\}$.

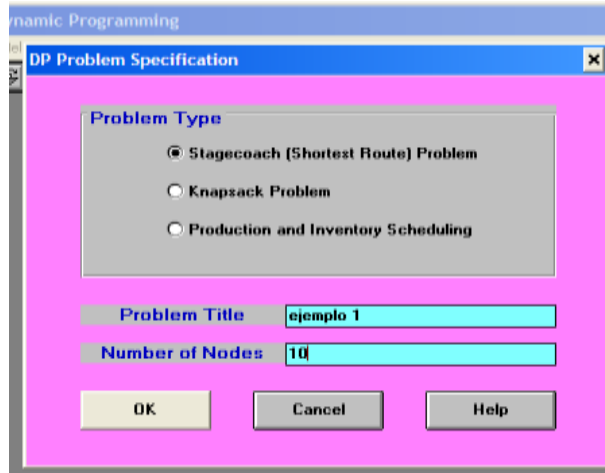
La función recursiva: Dados unos nodos y unos arcos que conectan estos nodos, el problema de la diligencia intenta encontrar la ruta más corta que conecta un nodo de arranque con el nodo final (el destino).

Sea s : el estado de inicio; j : estado destino

- n : la fase, normalmente representa el número de arcos hasta el destino.
- $C(s, j)$: costo o distancia de ir desde s hasta j .
- $f(n, s)$: la política de costo mínimo cuando se encuentra en el estado s de la etapa n .

La relación recursiva dinámica se expresa como $f(n, s) = \text{mínimo} [C(s, j) + f(n-1, j)]$ para todos los arcos (s, j) en la red

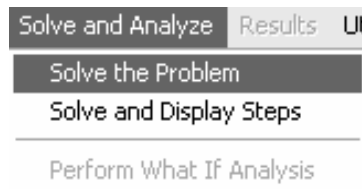
El problema contiene 10 nodos claramente identificados:



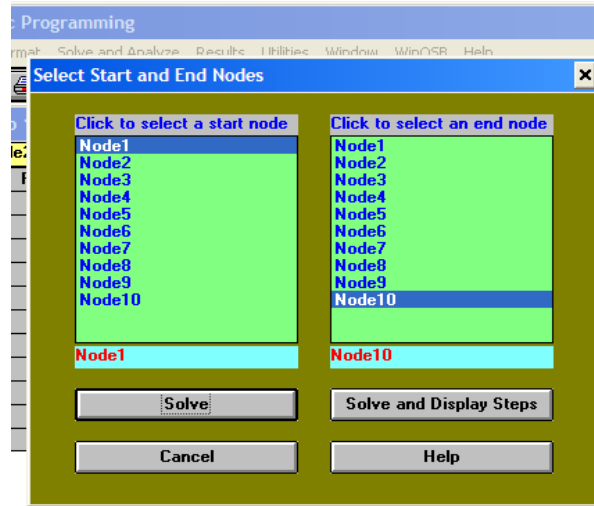
Al pulsar **OK** se puede ingresar el resto de información, el cual se basa en las relaciones existentes entre los nodos. Los valores van de acuerdo a la red establecida en el problema:

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10
Node1		2	4	3						
Node2					7	4	6			
Node3					3	2	4			
Node4					5	6	7			
Node5								1	4	
Node6								6	3	
Node7								3	3	
Node8										3
Node9										4
Node10										

Para resolver el problema se pulsa la opción **Resolver el problema (Solve the Problem)** del menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)**.



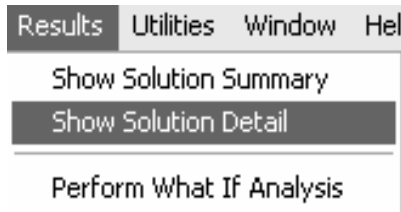
La ventana siguiente permite identificar los nodos de inicio y fin:



Al pulsar **SOLVE** se genera la solución al problema:

08-13-2010 Stage	From Input State	To Output State	Distance	Cumulative Distance	Distance to Node10
1	Node1	Node3	4	4	11
2	Node3	Node5	3	7	7
3	Node5	Node8	1	8	4
4	Node8	Node10	3	11	3
From Node1 To Node10			Min. Distance	= 11	CPU = 0.02

Si queremos una solución detallada se debe pulsar sobre **Mostrar solución detallada (Show Solution Detail)** en el menú **Resultados (Results)**:



08-13-2010 Stage	From Input State	To Output State	Distance	Cumulative Distance	Distance to Node10
1	Node1	Node3	4	4	11
2	Node3	Node5	3	7	7
3	Node5	Node8	1	8	4
4	Node8	Node10	3	11	3
From Node1 To Node10			Min. Distance	= 11	CPU = 0.02

4.6.2. EJEMPLO SOBRE PROBLEMA DE LA MOCHILA O CANASTA DE EQUIPAJE

La idea básica es que existen **N** tipos distintos de artículos que pueden cargarse en una mochila; cada artículo tiene asociados un peso y un valor. El problema consiste en determinar cuántas unidades de cada artículo se deben colocar en la mochila para maximizar el valor total. Nótese que este enfoque resulta útil para la planificación del transporte de artículos en algún medio, por ejemplo: carga de un buque, avión, camión etc. También es utilizable este modelo en planificación de producción, por ejemplo enrutamiento de la producción a través de varias máquinas.

La carga de un avión se distribuye con el propósito de maximizar el ingreso total. Se consideran 5 elementos y sólo se necesita uno de cada uno. La compañía gana 5000 u.m. por elemento más una bonificación por elemento. El avión puede transportar 2000 libras.

ELEMENTO	PESO (LIBRA)	VOLUMEN (PIES CUBICOS)	VALOR BONIFICACION
1	1000	70	700
2	1100	100	800
3	700	100	1100
4	800	80	1000
5	500	50	700

a) ¿Cuáles elementos deben transportarse?

b) Si se considera un volumen máximo de 200 pies cúbicos. ¿cuáles elementos deben transportarse?

El problema se desarrolla bajo las dos consideraciones, primero teniendo en cuenta el peso y luego el volumen. Como puede apreciarse este es un problema que bien podría resolverse por programación lineal entera teniendo en cuenta la función objetivo y restricciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z &= 5700x_1 + 5800x_2 + 6100x_3 + 6000x_4 + 5700x_5 \\ \text{S.a. } &1000x_1 + 1100x_2 + 700x_3 + 800x_4 + 500x_5 \leq 2000 \\ &x_j \leq 1, \text{ entero} \end{aligned}$$

Siendo x_j el elemento j a transportar.

Para el caso del volumen se reformaría la primera restricción cambiando los coeficientes por los volúmenes de los ítems.

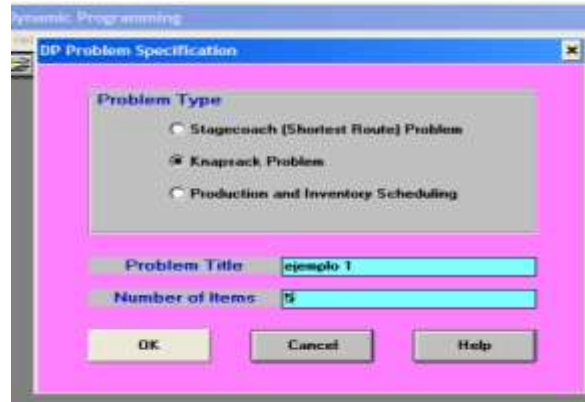
Sea j : la variable que representa el artículo:

- $\mathbf{x(j)}$: el número de unidades el número de unidades cargadas del artículo j
- $\mathbf{w(j)}$: el espacio o el peso que demanda cada unidad del artículo j
- $\mathbf{R(j,x(j))}$: la función del retorno del artículo j si se llevan $x(j)$ unidades en la mochila, del artículo j
- $\mathbf{g(j,w)}$: retorno del total acumulativo dado el espacio w disponible para el artículo j

La relación recursiva dinámica se expresa como:

$$g(j,w) = \text{máximo } \{R(j,x(j)) + g[j-1,w-w(j)x(j)]\} \text{ para todo posible } x(j)$$

Ahora se ingresan los datos al **Winqsb**:



La entrada de datos queda como sigue.

Item (Stage)	Item Identification	Units Available	Unit Capacity Required	Return Function [X: Item ID] [e.g., 50X, 3X+100, 2.15X^2+5]
1	A	1	1000	5700A
2	B	1	1100	5800B
3	C	1	700	6100C
4	D	1	800	6000D
5	E	1	500	5700E
Knapsack	Capacity =	2000		

Al resolver el problema se tiene:

08-13-2010 Stage	Item Name	Decision Quantity (X)	Return Function	Total Item Return Value	Capacity Left
1	A	0	5700A	0	2000
2	B	0	5800B	0	2000
3	C	1	6100C	6100	1300
4	D	1	6000D	6000	500
5	E	1	5700E	5700	0
	Total	Return	Value =	17800	CPU = 0.51

La solución indica que se deben transportar los ítems 3, 4 y 5 con un retorno total de 17800 u.m. y utilización plena de la capacidad (en peso), disponible del avión. Teniendo en cuenta sólo el volumen, el nuevo modelo es:

Item (Stage)	Item Identification	Units Available	Unit Capacity Required	Return Function (X: Item ID) (e.g., 50X, 3X+100, 2.15X^2+5)
1	A	1	70	5700A
2	B	1	100	5800B
3	C	1	100	6100C
4	D	1	80	6000D
5	E	1	50	5700E
Knapsack	Capacity =	120		

La solución es:

08-13-2010 Stage	Item Name	Decision Quantity (X)	Return Function	Total Item Return Value	Capacity Left
1	A	1	5700A	5700	50
2	B	0	5800B	0	50
3	C	0	6100C	0	50
4	D	0	6000D	0	50
5	E	1	5700E	5700	0
	Total	Return	Value =	11400	CPU = 0.05

4.6.3. EJEMPLO DE PROGRAMACION DE PRODUCCION E INVENTARIOS

En programación dinámica, el costo variable se expresa como una función de la producción (P), el inventario (H), y backorder (B).

Sea:

- **P(n)**: el número de unidades producidas en el periodo n
- **D(n)**: la demanda en el periodo n

- **H(n)**: el inventario disponible al final del periodo n
- **B(n)**: el backorder al final del periodo n
- **I(n)**: la posición del inventario al final del periodo n, es decir, $I(n) = H(n)$ o

$$I(n) = B(n)$$

$$I(n) = I(n-1) + P(n) - D(n)$$

- **S(n)**: el costo de preparación en el periodo n
- **V (P(n), I(n))**: el costo variable = función de P(n), H(n), y/o B(n)
- **C(n,P(n),I(n))**: = S(n) + V(P(n),I(n)) si P(n)>0, = V(P(n),I(n)) si P(n)=0
- **F(n, i)**: costo total acumulativo dado el nivel del inventario inicial i para el periodo n

La relación recursiva dinámica se expresa como:

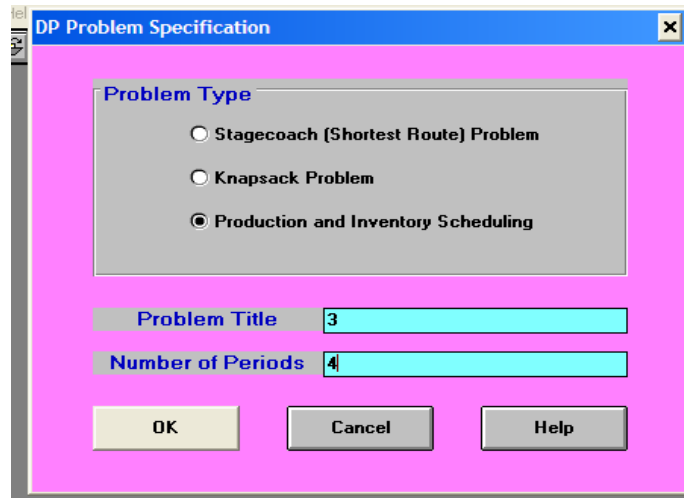
$$F(n, i) = \text{máximo} \{C(n, P(n), i+P(n)-D(n)) + f(n-1, i+P(n)-D(n))\} \text{ para todo posible } P(n).$$

La tabla muestra los datos del siguiente problema de producción e inventario: la demanda para los meses de enero, febrero, marzo y abril es de 4, 5, 3 y 4 unidades, respectivamente. Las capacidades de producción son de 6, 4, 7, y 5 unidades; las capacidades de almacenaje son 4, 3, 2 y 4 unidades respectivamente. Los costos de preparación varían de un mes a otro y son: 500, 450, 500 y 600 u.m. para enero, febrero, marzo y abril.

MES	COSTOS	DEMANDA	CAPACIDAD DE PRODUCCION	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
ENERO	500	4	6	4
FEBRERO	450	5	4	3
MARZO	500	3	7	2
ABRIL	600	4	5	4

Determinar un programa de producción con el fin de minimizar los costos totales relacionados.

Al igual que en los ejercicios anteriores, se procede a ingresar los datos:



January						
Period (Stage)	Period Identification	Demand	Production Capacity	Storage Capacity	Production Setup Cost	Variable Cost Function (P,H,B: Variables) [e.g., 5P+2H+10B, 3(P-5) ² +100H]
1	January	4	6	4	500	300P+100H
2	February	5	4	3	450	320P+100H
3	March	3	7	2	500	250P+120H
4	April	4	5	4	600	350P+140H
Initial	Inventory =	0				

La solución del problema es:

The screenshot shows the WinQSB software interface. At the top, there is a menu bar with 'File', 'Window', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations and data analysis. The main window displays a table titled '116: Production and Inventory Scheduling Problem'. The table has 10 columns: '08-25-2010 Stage', 'Period Description', 'Net Demand', 'Starting Inventory', 'Production Quantity', 'Ending Inventory', 'Setup Cost', 'Variable Cost Function (P,H,B)', 'Variable Cost', and 'Total Cost'. The data is organized into four rows for the months of January, February, March, and April, followed by a 'Total' row.

08-25-2010 Stage	Period Description	Net Demand	Starting Inventory	Production Quantity	Ending Inventory	Setup Cost	Variable Cost Function (P,H,B)	Variable Cost	Total Cost
1	January	4	0	5	1	\$500.00	300P+100H	\$1,600.00	\$2,100.00
2	February	5	1	4	0	\$450.00	320P+100H	\$1,280.00	\$1,730.00
3	March	3	0	3	0	\$500.00	250P+120H	\$750.00	\$1,250.00
4	April	4	0	4	0	\$600.00	350P+140H	\$1,400.00	\$2,000.00
Total		16	1	16	1	\$2,050.00		\$5,030.00	\$7,080.00

Las cantidades a producir mostradas en la tabla son de tal forma que permiten un costo mínimo en la planeación: se deben producir 5, 4, 3 y 4 unidades para los meses de enero, febrero, marzo y abril respectivamente. El costo total es de \$7080, dividido en \$2050 por concepto de costos de preparación y \$5030 de costos variables. La tabla también muestra el juego de inventarios resultante de la producción y la demanda mensuales.

4.7. DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTAS.

Para la resolución de problemas de distribución en planta el software utiliza un método heurístico basado en el algoritmo **CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique)**, el cual permite obtener la mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones sucesivas de sus departamentos o unidades estructurales, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos.

A continuación se listan los iconos contenidos en la barra de herramientas del programa con sus funciones específicas.



Primeramente se seleccionará el comando **New Problem** en el menú **File** o simplemente hará clic en el icono correspondiente a **Problema nuevo**.

El programa mostrará la siguiente ventana:



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

- **Problem Type** (Tipo de problema): Como el caso que nos ocupa son los problemas de distribución en planta, entonces se hace clic en la opción **Functional Layout**.
- **Objective Criterion** (Criterio de la función objetivo): En función de las características del problema puede ser de minimización o maximización.
- **Problem Title** (Título del problema): Se escribe el título con que se identifica el problema.
- **Number of Functional Department** (Número de departamentos funcionales).
- **Number Rows in Layout Area** (Número de filas en el área de distribución).
- **Number Columns in Layout Area** (Número de columnas en el área de distribución).

La definición del criterio de la función objetivo estará muy relacionada con las características de cada problema en particular. Si la unidad de contribución utilizada es el costo que representa mover una unidad de flujo por una unidad de distancia entre un departamento y otro, entonces debe indicarse el criterio de minimización. En caso de que se trate de unidades de ganancia o ingresos, será maximización.

4.7.1. EJEMPLO DE DISTRIBUCION EN PLANTA

Como parte del proceso de perfeccionamiento empresarial una empresa hidromecánica desea cambiar la distribución espacial existente en su área de producción con el objetivo de disminuir los costos de las interrelaciones entre sus operaciones. En

dicha área funcionan 7 talleres. La dirección de la empresa ha sugerido mantener el taller de acabado (**B**) en la posición actual para permitir el fácil acceso desde el resto de los talleres.

La matriz de flujo entre las áreas se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F
A	0	25	86	98	79	0
B	77	0	40	0	0	92
C	28	15	0	35	69	31
D	40	80	70	0	84	14
E	0	68	72	85	0	91
F	65	42	14	69	76	0

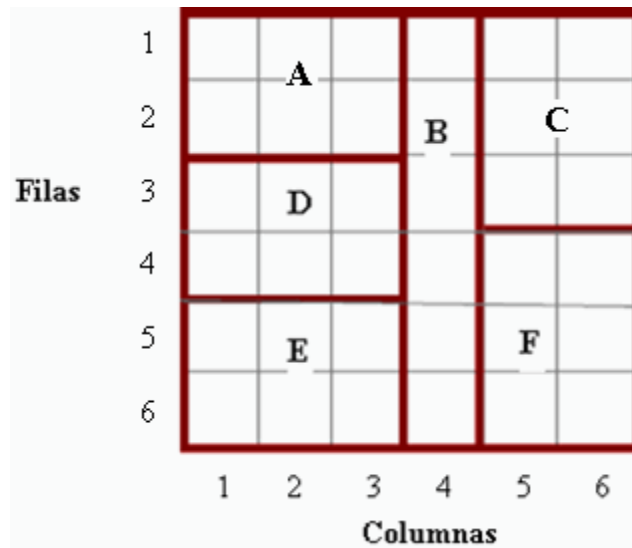
Por su parte el costo (en miles de pesos) de las interrelaciones entre las áreas es el siguiente:

	A	B	C	D	E	F
A	0	7.2	1.6	5	3	0
B	2	0	2	0	0	2
C	4	1.6	0	0.12	3.1	1.1
D	3.2	3	1.3	0	2.5	0.6
E	0	4.2	5.2	3.5	0	1
F	3.5	4.1	0.1	3.2	2.9	0

Determine la mejor distribución para los grupos de máquinas en el área de producción.

Se puede ver claramente que este es un problema de minimización, pues la unidad de contribución relacionada en el problema son unidades de costo.

Para definir el número de filas y columnas del área de distribución se puede representar la distribución actual de la planta utilizando cualquier escala en una hoja de papel, luego trazar cuadrículas sobre el plano de forma tal que coincidan con las líneas que limitan un departamento con otro. De tal forma, para el caso objeto de estudio el área de distribución queda definida por seis filas e igual número de columnas, tal y como se muestra a continuación:



Al definir las filas y columnas debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Use la unidad más grande posible, esto reducirá los números totales de filas y columnas y por consiguiente reducirá el tiempo de cómputo para los intercambios.
- Generalmente, la unidad apropiada para definir una fila y una columna corresponderá al común denominador entre las dimensiones horizontales y verticales para cada departamento.
- La fila y columna deben tener la misma escala, de otra manera los valores de distancia procesados pueden ser incorrectos.

Teniendo claro todo esto, ya se puede introducir el problema desde la ventana Nuevo Problema (**New Problem**):

Una vez llenados todos los campos presionamos el botón OK para visualizar la hoja de entrada de datos. Presione el botón **Cancel** si desea cancelar o el botón **Help** si desea visualizar los temas de ayuda del software.

Department Name			1						Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (1,1)-(2,4)]
Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	
1		No							
2		No							
3		No							
4		No							
5		No							
6		No							

En la hoja de entrada de datos debemos introducir:

- El nombre de cada departamento (opcional)
- El flujo entre departamentos
- El costo por unidad de distancia entre departamentos
- La ubicación de cada departamento en la distribución inicial

Use las teclas de flecha o la tecla **Tab** para desplazarse por la hoja de entrada de datos. Puede también seleccionar las celdas haciendo clic.

En caso de ser necesario mantener algún departamento en una posición fija debido a las características propias del proceso productivo que tiene lugar en la planta (por ejemplo: el

cuerpo de guardia de un hospital, etc.), debe escribir "yes" en la celda correspondiente a la columna con la etiqueta **Location Fixed**, el programa pondrá "no" por defecto en el resto de los departamentos.

Introduzca el flujo y el costo por unidad de distancia en el formato "flujo/costo unitario". Si el costo unitario no se introduce entonces se asume el dato como unidades de flujo. Por ejemplo, "120/3.2" representa que el flujo entre dos departamentos es 120 y el costo por unidad de distancia es 3.2; por tanto "37.5" representa que el flujo entre dos instalaciones es 37.5 y que el costo por unidad de distancia es 1. Tenga en cuenta que el flujo entre departamentos puede ser de materiales, de clientes, de dinero o de información.

Introduzca la ubicación de cada departamento en la distribución actual en el siguiente formato:

- (2,4) representa la celda: fila 2, columna 4.
- (3,4)-(5,7) representa el área rectangular comprendida entre las filas 3 y 5 y las columnas 4 y 7.

En caso necesario use los comandos del menú **Edit** para cambiar el nombre del problema, el criterio de la función objetivo, el número de filas y columnas o para agregar o quitar departamentos.

Use los comandos del menú **Format** para cambiar el formato de los números, el estilo de fuente, el color, la alineación, ancho y largo de las celdas.

Después de introducidos todos los datos del problema se recomienda guardarlo, para ello usar el comando **Save Problem As** en el menú **File**.

Una vez introducida la base de datos al programa, la ventana se visualizaría como sigue:

5 : Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (5,1)-(6,3)]									
Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (1,1)-(2,4)]
1	A	No	0	25/7.2	86/1.6	98/5	79/3	0	(1,1)-(2,3)
2	B	yes	77/2	0	40/2	0	0	92/2	(1,4)-(6,4)
3	C	No	28/4	15/1.6	0	35/0.12	69/3.1	31/1.1	(1,5)-(3,6)
4	D	No	40/3.2	80/3	70/1.3	0	84/2.5	14/0.6	(3,1)-(4,3)
5	E	No	0	68/4.2	72/5.2	85/3.5	0	91/1	(5,1)-(6,3)
6	F	No	65/3.5	42/4.1	14/0.1	69/3.2	76/2.9	0	(4,5)-(6,6)

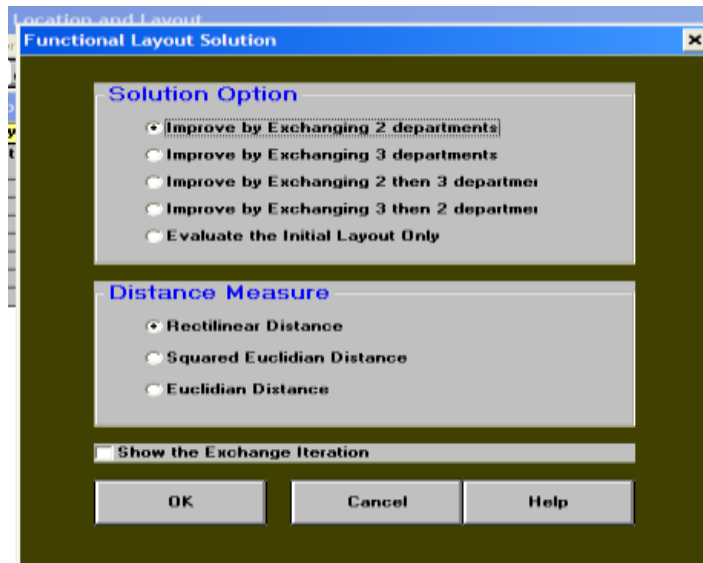
Se recomienda definir departamentos con forma rectangular en la distribución inicial. En el caso de plantas cuya distribución inicial no tenga forma rectangular se deben agregar departamentos ficticios de forma tal que se garantice tal condición. Estos departamentos ficticios deben asignarse a una posición fija, con valores de flujo igual a cero.

Para correr el programa luego de la entrada de la base de datos, se debe ejecutar el comando **Solve the problem** en el menú **Solve and Analyze**. Seguidamente el programa mostrará una ventana en donde se seleccionará un método apropiado para resolver el problema de distribución. Los métodos disponibles son:

- **Two-way Exchange** (Transposición de dos departamentos): intercambia dos departamentos a la misma vez.
- **Three-way Exchange** (Transposición de tres departamentos):
- **Two-way then three-way Exchange** (Transposición de dos departamentos y luego tres)
- **Three-way then two-way Exchange** (Transposición de tres departamentos y luego dos)

Si solamente desea evaluar la distribución existente entonces seleccione la opción **Evaluate the Initial Layout Only**. En esta ventana debe especificar el tipo de medida a utilizar, o sea, distancia rectangular, euclídea o euclídea al cuadrado.

En el ejemplo se utilizara el método de transposición de dos departamentos a la vez (**Improve by Exchanging 2 departments**), y distancia rectangular (**Rectilinear Distance**). De tal forma, al ejecutar el comando **Solve the problem** se mostrará una ventana en la que se harán tales especificaciones:



Si desea visualizar el procedimiento paso a paso, o sea, iteración por iteración, entonces active la casilla **Show the Exchange Iteration** y luego ejecute el icono correspondiente a **Próxima iteración** para acceder a iteraciones sucesivas hasta encontrar la solución final. En caso contrario el programa automáticamente mostrará la solución final.

r\c	1	2	3	4	5	6
1	A	A	A	B	C	C
2	A	A	A	B	C	C
3	D	D	D	B	C	C
4	D	D	D	B	E	E
5	F	F	F	B	E	E
6	F	F	F	B	E	E
Total Cost =15943.90 (Rectilinear Distance)						

Después de correr el problema, puede seleccionar las opciones contenidas en el menú **Results** para visualizar los reportes de resultados y análisis que brinda el software. Estas opciones incluyen:

- Mostrar distribución final
- Mostrar distribución inicial
- Mostrar el análisis de la distribución
- Mostrar distancia de la distribución

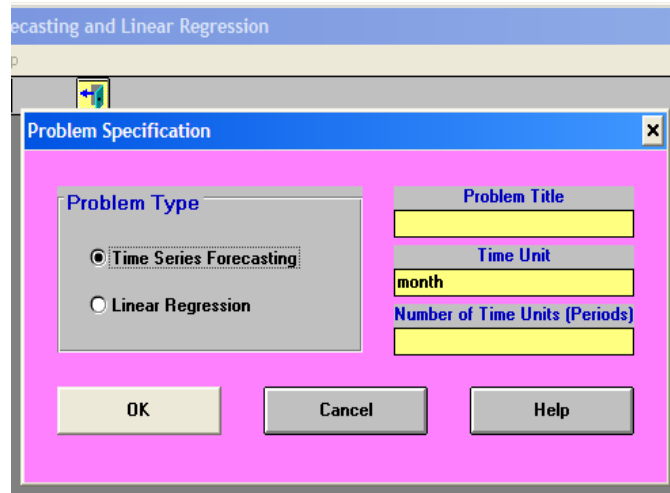
La distribución inicial es la siguiente:

r \ c	1	2	3	4	5	6
1	A	A	A	B	C	C
2	A	A	A	B	C	C
3	D	D	D	B	C	C
4	D	D	D	B	F	F
5	E	E	E	B	F	F
6	E	E	E	B	F	F
Total Cost = 17221.10 (Rectilinear Distance)						

Al compararla con la final (solución), indica ubicar el taller E en el área que ocupa el taller F, y viceversa. Comparando los resultados de la disposición inicial de los talleres en el área de producción y la final, se concluye que al aplicar la distribución determinada, la empresa se ahorraría un costo de 1,277 unidades monetarias.

4.8. PRONOSTICOS.

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla en el cual se introducirán las características de nuestro problema de pronósticos:



A continuación se describirá la ventana de **Especificaciones del problema (Problem Specification)**:

Pronóstico de Series de Tiempos (Time Series Forecasting):

- **Título del problema (Problem Title)**: Nombre con el cual se identificará el problema.
- **Unidad de Tiempo (Time Unit)**: Se especifica la unidad de tiempo de la serie.
- **Número de unidades de tiempo (Number of Time Units - Periodos)**: Datos disponibles.

Regresión lineal (Linear Regression):

- **Título del problema (Problem Title)**: Nombre con el cual se identificará el problema.

- **Número de variables (Number of Factors - Variables):** Cantidad de variables utilizadas en el modelo.
- **Número de observaciones (Number of Observations):** Datos disponibles.

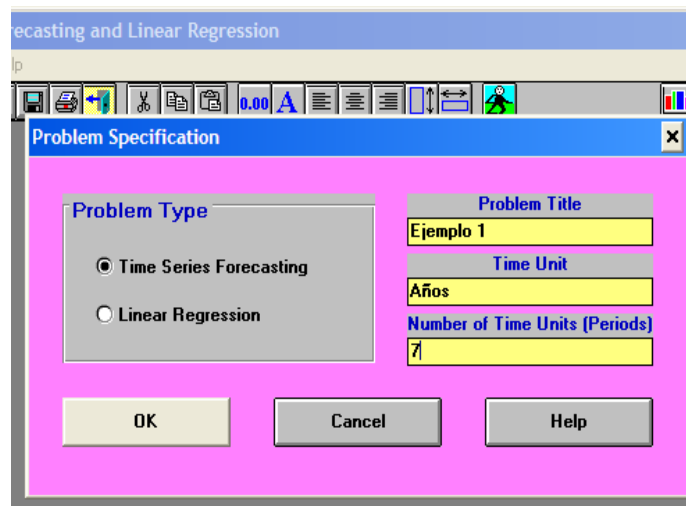
4.8.1. EJEMPLO DE SERIES DE TIEMPO

Información suministrado por el Departamento de Estadísticas de la ciudad, el número de carros que transitaron en los últimos 7 años fueron:

AÑO	CANTIDAD
1998	1'200.000
1999	1'500.000
2000	1'850.000
2001	1'915.000
2002	2'400.000
2003	2'750.000
2004	2'920.000

Pronosticar la cantidad de vehículos para los años 2005 y 2006.

Se Procederá a llenar los campos de la ventana, en donde la unidad de tiempo está dada en años y el número de datos disponibles son 7.



Luego se introducen los datos de los vehículos en estricto orden:

Años	Historical Data
1	1200000
2	1500000
3	1850000
4	1915000
5	2400000
6	2750000
7	2920000

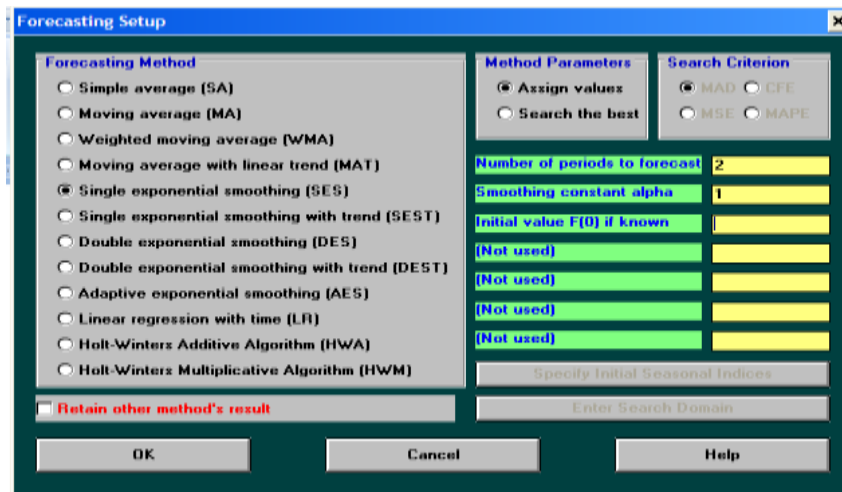
En el caso de que se quiera eliminar o agregar nuevos datos, se tienen las opciones **Agregar una observación (Add an Observation)** y **Eliminar una observación (Delete an Observation)** en el menú **Editar (Edit)**.

En el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)** se elige la única opción disponible y aparecerá una nueva ventana que permitirá distinguir entre diferentes métodos de solución para series de tiempo:

- Promedio simple (Simple Average)
- Promedio móvil (Moving Average)
- Promedio móvil ponderado (Weighted Moving Average)
- Promedio móvil con tendencia lineal (Moving Average with Linear Trend)
- Suavizado exponencial simple (Single Exponential Smoothing)
- Suavizado exponencial simple con tendencia lineal (Single Exponential Smoothing with Linear Trend)
- Suavizado exponencial doble (Double Exponential Smoothing)
- Suavizado exponencial doble con tendencia lineal (Double Exponential Smoothing with Linear Trend)
- Suavizado exponencial adaptado (Adaptive Exponential Smoothing)
- Regresión lineal con tiempos (Linear Regression with Time)
- Algoritmo suma Holt-Winters (Holt-Winters Additive Algorithm)
- Algoritmo multiplicativo Holt-Winters (Holt-Winters Multiplicative Algorithm).

Se seleccionara la opción **Suavizado exponencial simple (Single Exponential Smoothing)** y se indicara información adicional para resolver el problema con este método.

La primera opción (permanente en todos los métodos) corresponde al número de periodos a pronosticar (para este ejemplo son dos años). Se debe Recordar que α (alpha) es una constante entre 0 y 1. Existe también la opción de mantener el resultado de un método para poder compararlo con otros distintos.



Al pulsar **OK** se obtiene:

Best Result for Ejemplo 1									
08-25-2010	Actual Data	Forecast by	Forecast	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking	R-square
Años		SES	Error					Signal	
1	1200000.0000								
2	1500000.0000	1200000.0000	300000.0000	300000.0000	300000.0000	900000000000.0000	20.0000	1.0000	
3	1850000.0000	1500000.0000	350000.0000	650000.0000	325000.0000	1062500000000.0000	19.4595	2.0000	
4	1915000.0000	1850000.0000	650000.0000	715000.0000	238333.3000	722416700000.0000	14.1044	3.0000	
5	2400000.0000	1915000.0000	485000.0000	1200000.0000	300000.0000	1129875000000.0000	15.6304	4.0000	
6	2750000.0000	2400000.0000	350000.0000	1550000.0000	310000.0000	1148900000000.0000	15.0490	5.0000	
7	2920000.0000	2750000.0000	170000.0000	1720000.0000	296666.7000	1005583000000.0000	13.5118	6.0000	
8		2920000.0000							
9		2920000.0000							
CFE		1720000.0000							
MAD		206666.7000							
MSE		1005583000000.0000							
MAPE		13.5118							
Trk. Signal		6.0000							
R-square									
		Alpha=1							
		F(0)=1.2006							

El pronóstico para los dos años se puede observar en la columna Pronóstico por **SES (Forecast for SES)** en las filas correspondiente a los valores 8 y 9. También se cuenta con los siguientes indicadores:

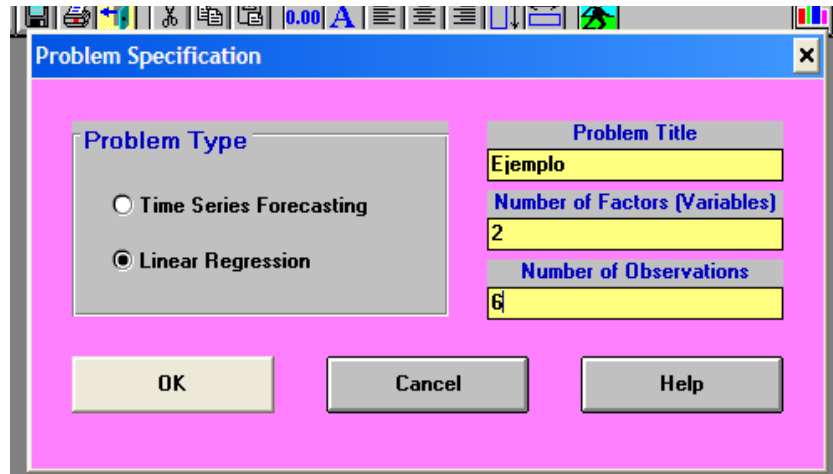
- Error del pronóstico acumulado (**Cumulative Forecast Error - CFE**)
- Desviación media absoluta (**Mean Absolute Deviation - MAD**)
- Error medio cuadrático (**Mean Square Error - MSE**)
- Error medio porcentual absoluto (**Mean Absolute Percent Error –MAPE**)
- Señal de senda (**Tracking Signal**): Equivale a la división entre CFE y MAD.
- R al cuadrado (**R-Square**): Coeficiente de determinación.

4.8.2. EJEMPLO DE REGRESION LINEAL.

Predecir el valor de Y para un X de 40 si se tienen los siguientes datos:

X	Y
10	1000
15	1220
20	1310
25	1670
30	1845
35	2050

En la ventana **Especificaciones del problema (Problem Specification)**, se selecciona **Regresión lineal (Linear Regression)** y se digita la siguiente información:



Se ingresan los datos del problema como se muestra a continuación (factor 1 equivale a X) y se selecciona la opción **Perform linear regression** del menú **solve the problem**. En la siguiente ventana se especifica cuál es la variable dependiente, para lo cual, se deberá marcar el factor 2 (que para este caso es Y) y luego pulsar el botón **OK**.

Los resultados de la regresión se muestran de la siguiente forma:

08-25-2010 10:08:30	Variable Name	Mean	Standard Deviation	Regression Coefficient	Standard Error	t value	p-value
Dependent	Factor 2	1515.8330	403.3412				
Y-intercept	Constant			553.4762	65.7449	8.4185	0.0011
1	Factor 1	22.5000	9.3541	42.7714	2.7319	15.6564	0.0001
	Se =	57.1412	R-square =	0.9839	R-adjusted =	0.9799	

Las medias de las variables aparecen en la columna llamada **Mean**

X = 22.5

Y = 1515.8330

Las desviaciones correspondientes están en la columna **Standard Deviation** (9,35 para X y 403,34 para Y). Los valores de a y b de la ecuación de la línea recta están en la columna **Regression Coefficient**:

$$Y = 553,4762 + 42,7714X$$

La correlación al cuadrado es de 0,9839.

Para observar el mapa de dispersión y la línea de tendencia simplemente se accede al menú **Resultados (Results)** y se selecciona **Mostrar regresión lineal (Show Regression Line)**.



4.9. PROGRAMACION POR METAS.

El primer paso en la formulación de un modelo de programación por metas es fijar los objetivos/ atributos, $f(x)$, que se consideran relevantes para el problema que estemos analizando.

El segundo paso es determinar el nivel de aspiración, t , que corresponde a cada Atributo, siendo éste el nivel de logro del atributo que el decisor considera aceptable. A continuación, definimos las metas, es decir, los atributos combinados con niveles de aspiración. Cada meta se convierte en una restricción “blanda” a incorporar en el modelo de programación por metas.

n : variable de desviación negativa, cuantifica la falta de logro de una meta.

p : variable de desviación positiva, cuantifica el exceso de logro de una meta.

$$f(x) + n - p = t$$

En general, la meta del atributo i -ésimo se escribe como:

$$f(x) + n - p = t$$

Los valores de las variables de desviación son siempre positivas o cero, al menos una de las dos variables de desviación que definen la meta tendrá que ser cero.

Las dos variables de desviación tomarán el valor cero cuando la meta alcance exactamente su nivel de aspiración, t_i . Una variable de desviación se dice que es no

deseada cuando al centro decisor le conviene que la variable en cuestión alcance su valor más pequeño, es decir, cero.

Cuando la meta deriva de un objetivo a maximizar o de una restricción de tipo \geq , la variable de desviación no deseada es la negativa n_i . Cuando la meta deriva de un objetivo a minimizar o de una restricción de tipo \leq , la variable de desviación no deseada es la positiva p_i . Cuando se desea alcanzar exactamente el nivel de aspiración, las variables de desviación no deseadas son tanto la positiva, p_i , como la negativa, n_i . Las variables de desviación no deseadas se incorporan siempre en la función objetivo del modelo de programación por metas.

4.9.1. EJEMPLO DE PROGRAMACION POR METAS.

Formular el problema de la Planificación de la producción de una fábrica de papel como un problema de programación por metas. Supóngase la existencia de dos procesos, uno mecánico y otro químico, por los que se puede obtener la pulpa de celulosa para la producción del papel.

El modelo de programación multiobjetivos es el siguiente:

Objetivos:

$$\text{Max } f_1(x) = 1000X_1 + 3000X_2 \text{ (Maximizar el margen bruto)}$$

$$\text{Min } f_2(x) = X_1 + 2X_2 \text{ (Minimizar la demanda biológica de } O_2 \text{)}$$

Restricciones rígidas iniciales:

$$1000X_1 + 3000X_2 \geq 300000 \text{ (Margen Bruto)}$$

$$X_1 + X_2 \leq 400 \text{ (Empleo)}$$

$$X_1 \leq 300 \text{ (Capacidades de producción)}$$

$$X_2 \leq 200$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Definidas las variables de decisión y los atributos/ objetivos relevantes del problema que se desea resolver, el decisor define las siguientes METAS:

g1: Para la demanda biológica de oxígeno: un nivel de aspiración de 300 unidades, pues desea que sea lo más pequeña posible.

g2: Para margen bruto: alcanzar un valor lo más grande posible, mayor de 400000 u.m.

g3: Para el empleo: no desea ni quedarse corto ni contratar mano de obra adicional.

g4: El decisor no desea superar sus capacidades de producción, lo que implicaría recurrir a turnos extras.

Las restricciones quedarían de la siguiente forma:

$$\mathbf{g1:} X_1 + 2X_2 + n_1 - \mathbf{p1} = 300 \text{ (Demanda Biológica de O}_2\text{)}$$

$$\mathbf{g2:} 1000X_1 + 3000X_2 + \mathbf{n2} - \mathbf{p2} = 400000 \text{ (Margen Bruto)}$$

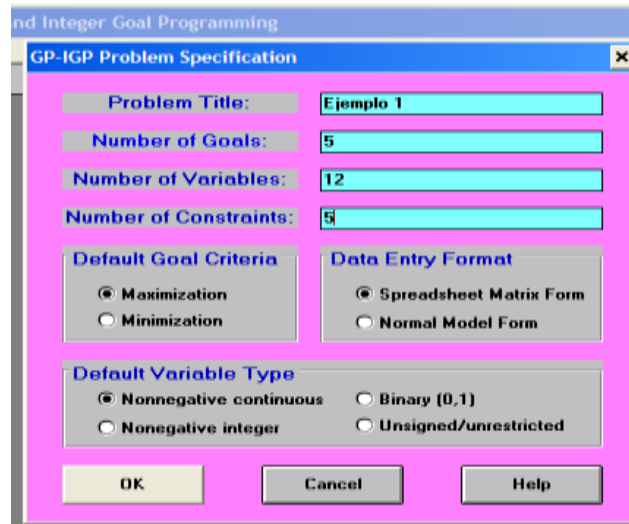
$$\mathbf{g3:} X_1 + X_2 + \mathbf{n3} - \mathbf{p3} = 400 \text{ (Empleo)}$$

$$\mathbf{g4:} X_1 + n_4 - \mathbf{p4} = 300 \text{ (Capacidades de Producción)}$$

$$\mathbf{g5:} X_2 + n_5 - \mathbf{p5} = 200$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

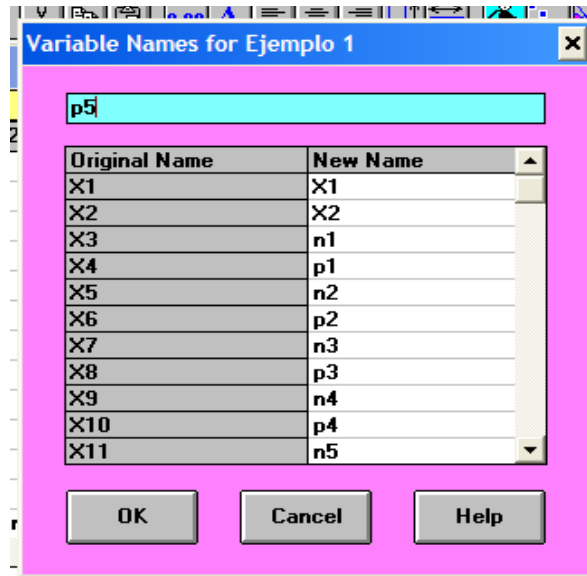
En el menú **Archivo (File)** se selecciona **Nuevo problema (New Problem)** y se introducen los datos del problema:



Al pulsar el botón **OK** aparecerá una nueva ventana donde se procederá a introducir los coeficientes de las variables:

Variable -->	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Direction
Max:G1												
Max:G2												
Max:G3												
Max:G4												
Max:G5												
C1												<=
C2												<=
C3												<=
C4												<=
C5												<=
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	

Para trabajar con el mismo formato de las variables definidas en el ejemplo, se activara la opción **Nombre de las variables (Variable Names)** en el menú **Editar (Edit)**. Los nombres de las variables se cambiarán de acuerdo al orden que en que aparecen en el problema, y también se cambia el nombre de las constantes **constraint name**.



Al pulsar **OK** en esta ventana se pueden definir las metas y restricciones:

Variable ->	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	Direction	R. H. S.
Min:G1	1										
Min:G2		1									
Min:G3				1	1						
Min:G4							1				
Min:G5									1		
C5	-1									=	300
C6		1	-1							=	400000
C7				1	-1					=	400
C8						1	-1			=	300
C9								1	-1	=	200
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	1	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

Luego de introducido el modelo se inicia el proceso de solución, siguiendo los mismos pasos al empleado en la solución de los modelos de programación lineal. La solución final se puede visualizar inicialmente pero la ventana con el resumen de la información permite un análisis detallado de cada variable.

11-25-2005 08:45:04	Decision Variable	Solution Value	Basis Status	Reduced Cost Goal 1	Reduced Cost Goal 2	Reduced Cost Goal 3	Reduced Cost Goal 4	Reduced Cost Goal 5
1	X1	300,00	basic	0	0	0	0	0
2	X2	0	at bound	0	-1.000,00	1,00	0	0
3	n1	0	at bound	0	1.000,00	1,00	0	0
4	p1	0	at bound	1,00	-1.000,00	-1,00	0	0
5	n2	100.000,00	basic	0	0	0	0	0
6	p2	0	at bound	0	1,00	0	0	0
7	n3	100,00	basic	0	0	0	0	0
8	p3	0	at bound	0	0	2,00	0	0
9	n4	0	basic	0	0	0	0	0
10	p4	0	at bound	0	0	0	1,00	0
11	n5	200,00	basic	0	0	0	0	0
12	p5	0	at bound	0	0	0	0	1,00
	Goal 1:	Minimize	G1 =	0				
	Goal 2:	Minimize	G2 =	100.000,00				
	Goal 3:	Minimize	G3 =	100,00				
	Goal 4:	Minimize	G4 =	0				
	Goal 5:	Minimize	G5 =	0				

En el tablero optimal se puede observar que:

- Las toneladas de celulosa a producir por medios mecánicos son 300.
- Dado que n1 y p1 son ambas cero, la demanda biológica de oxígeno mínima es de 300 unidades, igual al nivel de aspiración.
- La meta 2, asociada con el margen bruto, se queda por debajo del nivel de aspiración en cuantía de 100.000 u. m., valor que asume la variable de desviación n2.
- La meta del empleo se fija en 100 unidades de mano de obra menos que el nivel de aspiración que era de 400.
- Las metas 4 y 5, asociadas con los niveles máximos de producción por cada método, se fijan en 0 ton. De capacidad no aprovechada, para la 4, y de 200 para la 5.

4.10. TEORIA Y SISTEMA DE INVENTARIOS.

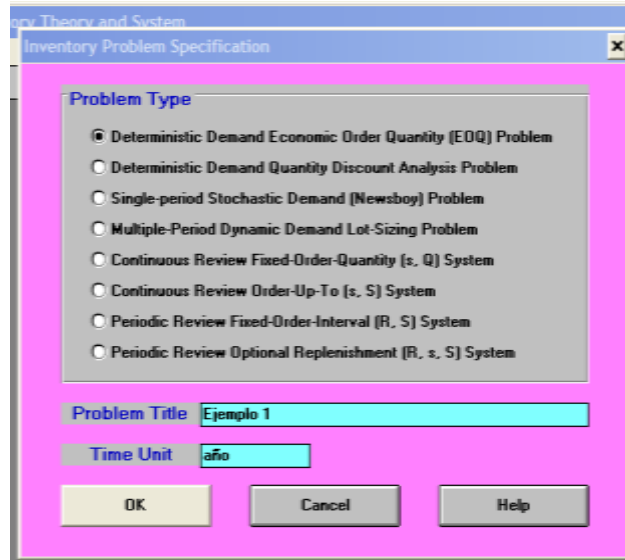
La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla:

The screenshot shows a dialog box titled "Inventory Problem Specification" with a close button (X) in the top right corner. The dialog box has a pink background. Inside, there is a section titled "Problem Type" with a list of radio buttons. The first option, "Deterministic Demand Economic Order Quantity (EOQ) Problem", is selected. Other options include "Deterministic Demand Quantity Discount Analysis Problem", "Single-period Stochastic Demand (Newsboy) Problem", "Multiple-Period Dynamic Demand Lot-Sizing Problem", "Continuous Review Fixed-Order-Quantity (s, Q) System", "Continuous Review Order-Up-To (s, S) System", "Periodic Review Fixed-Order-Interval (R, S) System", and "Periodic Review Optional Replenishment (R, s, S) System". Below the radio buttons are two input fields: "Problem Title" (empty) and "Time Unit" (set to "year"). At the bottom of the dialog box are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

4.10.1. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE CANTIDAD ECONÓMICA DE LA ORDEN PARA DEMANDA DETERMINÍSTICA.

La materia prima principal para la creación de un producto cuesta \$20 por unidad. Cada unidad del producto final requiere una unidad de esa materia prima. Si la demanda para el próximo año es de 1000 unidades ¿Qué cantidad se debe pedir? Cada orden por más unidades cuesta \$5 y el costo de almacenaje por unidad por año es de \$4.

En la ventana **Especificaciones del problema de inventario (Inventory Problem Specification)** se procede a digitar los datos básicos para la solución del problema:



La ventana siguiente muestra la información completa para la solución del problema:

DATA ITEM	ENTRY
Demand per año	1000
Order or setup cost per order	5
Unit holding cost per año	4
Unit shortage cost per año	M
Unit shortage cost independent of time	
Replenishment or production rate per año	M
Lead time for a new order in año	
Unit acquisition cost without discount	20
Number of discount breaks (quantities)	
Order quantity if you know	

- **Demanda por año (Demand per Año):** La demanda para el próximo año es de 1000 unidades.
- **Costo de la orden (Order or Setup Cost per Order):** Costo de cada nueva orden (\$5).
- **Costo de almacenar una unidad por año (Unit Holding Cost per Año):** El costo de mantener una unidad es de \$4.

- **Costo por la falta de una unidad por año (Unit Shortage Cost per Año):** El valor predeterminado es M, equivalente a un costo muy grande.
- **Costo por la falta de una unidad independiente del tiempo (Unit Shortage Cost Independent of Time):** Valor no suministrado en el ejemplo, por tanto lo dejamos en blanco.
- **Rata de reaprovisionamiento o producción por año (Replenishment or Production Rate per Año):** El valor predeterminado es M, equivalente a una tasa muy grande.
- **Tiempo de salida para una nueva orden por año (Lead Time for a New Order in Año):** Valor no suministrado en el ejemplo, por tanto lo dejamos en blanco.
- **Costo de adquisición de una unidad sin descuento (Unit acquisition Cost Without Discount):** Costo de compra de una unidad (\$20).
- **Número de puntos de descuento (Number of Discount Breaks):** Valor no suministrado en el ejemplo, por tanto lo dejamos en blanco.
- **Cantidad de orden si es conocida (Order Quantity If You Known):** Cantidad de unidades por pedido, si es conocido.

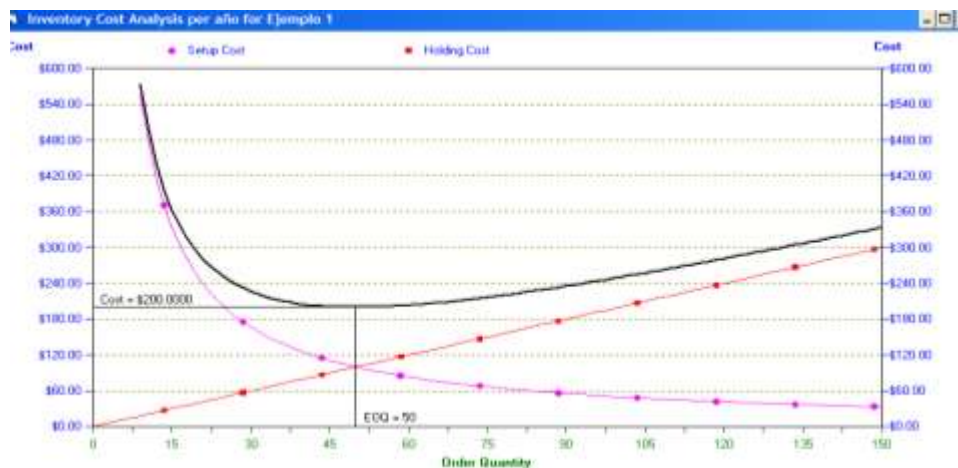
Una vez introducida la información se procede a su solución mediante la opción **Resolver el problema (Solve the Problem):**

08-25-2010				
er año for Ejemplo 1				
	Input Data	Value	Economic Order Analysis	Value
1	Demand per año	1000	Order quantity	50
2	Order (setup) cost	\$5.0000	Maximum inventory	50
3	Unit holding cost per año	\$4.0000	Maximum backorder	0
4	Unit shortage cost		Order interval in año	0.05
5	per año	M	Reorder point	0
6	Unit shortage cost			
7	independent of time	0	Total setup or ordering cost	\$100.0000
8	Replenishment/production		Total holding cost	\$100.0000
9	rate per año	M	Total shortage cost	0
10	Lead time in año	0	Subtotal of above	\$200.0000
11	Unit acquisition cost	\$20.0000		
12			Total material cost	\$20000.0000
13				
14			Grand total cost	\$20200.0000

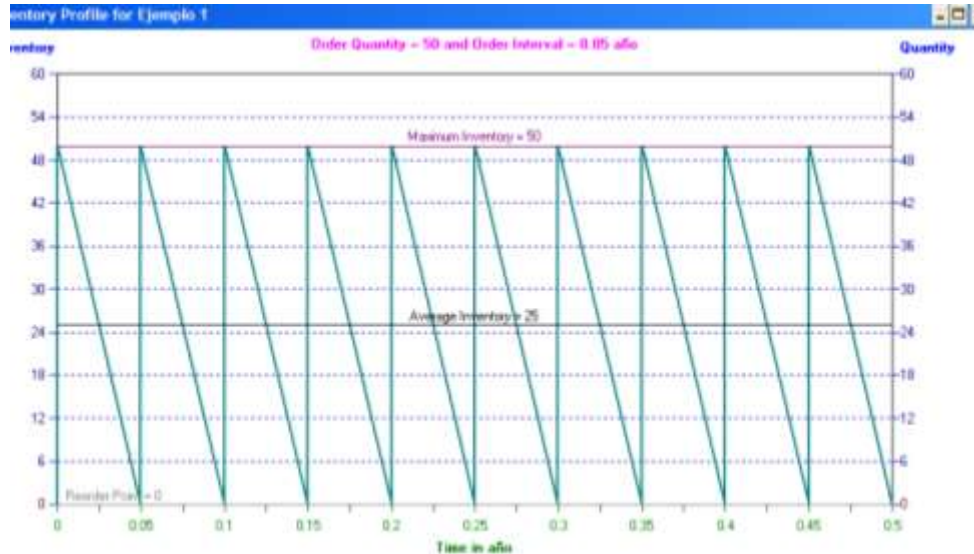
- La columna **Economic Order Analysis** presenta el análisis resultante del problema. El número de unidades a pedir por Orden es de 50 unidades, generando un máximo de 50 unidades de inventario.
- La fila **Order Interval in Año** nos muestra cada cuanto realizaremos el pedido de las 50 unidades (en este caso 0,05 equivale a una proporción del año). El costo total de ordenar unidades y el costo total de mantener unidades en inventario son de \$100 y \$100 respectivamente.
- El costo total de compra equivale a \$20.000 (Resulta de la multiplicación de los \$20 que vale cada unidad por las 1.000 unidades que se van a pedir el próximo año). El costo total de este sistema por tanto será de \$20.200.

Se puede también realizar un análisis gráfico de los costos de este sistema activando la opción **Análisis gráfico de los costos (Graphic Cost Analysis)** en el menú **Resultados (Results)**:

Aparecerá una ventana donde se indicara unos simples parámetros de visualización del gráfico: Máximo costo, mínimos costo (ambos para el eje Y), mínima cantidad de reorden y máxima cantidad de reorden. Se puede pulsar **OK** sin modificarlos.



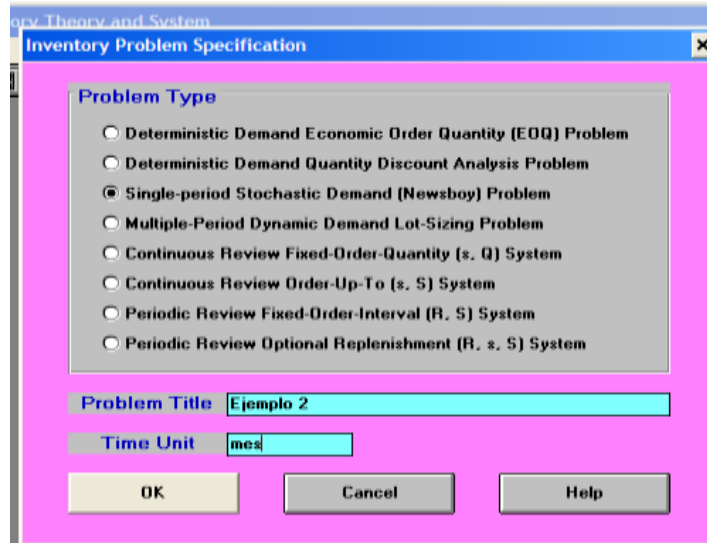
Para mostrar un gráfico que señale la intensidad de los pedidos se elige la opción **Gráfico de la utilidad del inventario (Graphic Inventory Profile)**:



4.10.2. EJEMPLO DE UN PROBLEMA CON DEMANDA ESTOCÁSTICA PARA UN SOLO PERIODO

Un supermercado compra uno de sus artículos a un precio de \$50 y lo vende a \$75. La demanda para el próximo mes tiene un comportamiento normal con media de 1.000 unidades y desviación de 35 unidades. El costo de hacer una nueva orden es de \$25. Una unidad faltante en inventario tiene un costo para la empresa de \$70. La empresa cuenta con un inventario inicial de 100 unidades. Se desea prestar un nivel de servicio del 98%, determinar la utilidad del modelo.

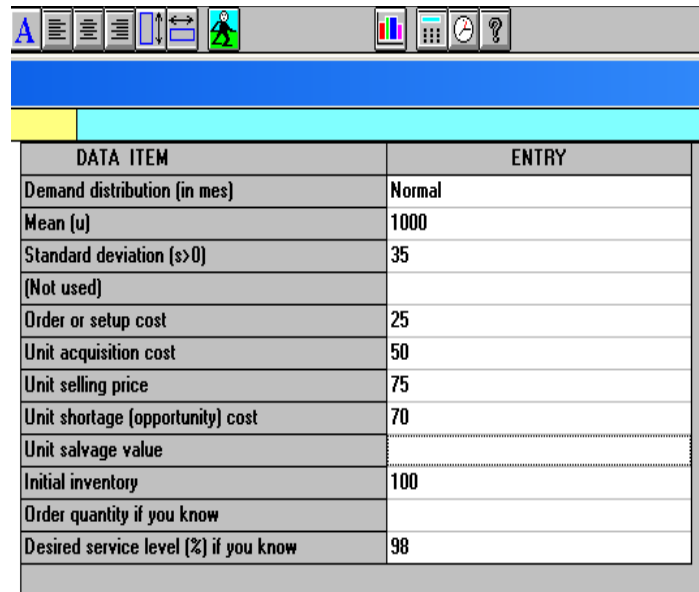
En la ventana **Especificaciones del problema de inventario (Inventory Problem Specification)** se procede a ingresar los datos básicos del problema, seleccionando el modelo de inventario adecuado:



El problema pide trabajar con una demanda normal. En el caso que se desee cambiar la distribución se da doble clic con el Mouse sobre esta fila



Se ingresa el resto de la información:

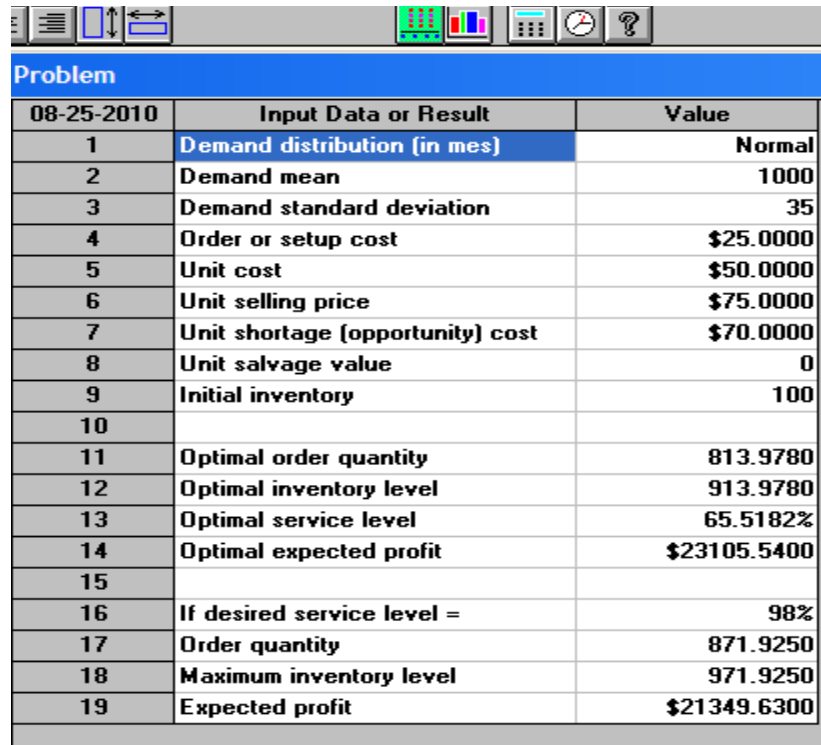


DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in mes)	Normal
Mean (u)	1000
Standard deviation (s>0)	35
(Not used)	
Order or setup cost	25
Unit acquisition cost	50
Unit selling price	75
Unit shortage (opportunity) cost	70
Unit salvage value	
Initial inventory	100
Order quantity if you know	
Desired service level (%) if you know	98

Los nuevos campos son:

- **Media (Mean):** Media o promedio de la demanda en un periodo de tiempo.
- **Desviación estándar (Standard Deviation):** Desviación estándar de la demanda.
- **Precio de venta unitario (Unit Selling Price):** Precio de venta de cada unidad.
- **Costo de la unidad faltante (Unit Shortage Cost):** Costo e no tener una unidad disponible. Puede interpretarse como un costo de oportunidad.
- **Inventario inicial (Initial Inventory):** Cantidad de unidades disponibles al iniciar el periodo.
- **Nivel de servicio deseado en el caso de que sea conocido (Desired Service Level (%) If You Know).**

Al resolver el problema se tiene la utilidad esperada del producto incluyendo los costos de inventario y el nivel deseado de servicio de ese producto a los clientes. Los resultados muestran varios aspectos importantes para el análisis:



08-25-2010	Input Data or Result	Value
1	Demand distribution (in mes)	Normal
2	Demand mean	1000
3	Demand standard deviation	35
4	Order or setup cost	\$25.0000
5	Unit cost	\$50.0000
6	Unit selling price	\$75.0000
7	Unit shortage (opportunity) cost	\$70.0000
8	Unit salvage value	0
9	Initial inventory	100
10		
11	Optimal order quantity	813.9780
12	Optimal inventory level	913.9780
13	Optimal service level	65.5182%
14	Optimal expected profit	\$23105.5400
15		
16	If desired service level =	98%
17	Order quantity	871.9250
18	Maximum inventory level	971.9250
19	Expected profit	\$21349.6300

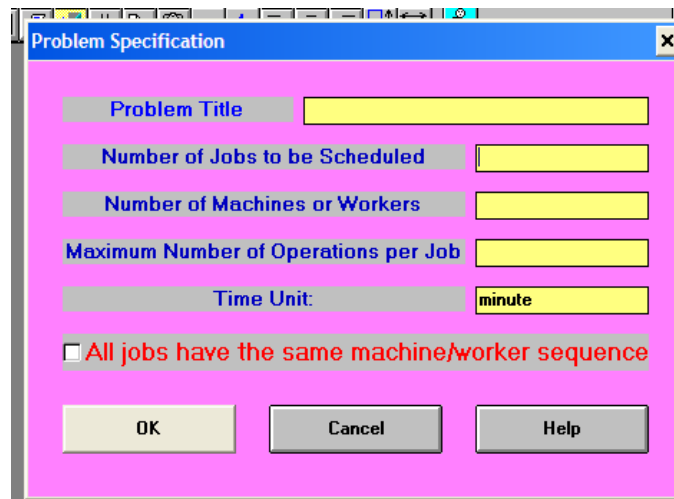
- En el caso de un pedido, este deberá hacerse por cantidad aproximada de 872 unidades.
- El nivel de inventario alcanzará un punto máximo de 972 unidades (le sumamos 100 unidades disponibles a las 872 que se piden).
- El nivel de servicio es del 98%.
- La utilidad alcanzada es de \$21.349,63.

Además, **WINQSB** permite realizar un diagnóstico óptimo proponiendo un nivel de servicio diferente que alcanza una mayor utilidad en el sistema. Para este caso se tiene:

- En el caso de un pedido, este deberá hacerse por cantidad aproximada de 814 unidades.
- El nivel de inventario alcanzará un punto máximo de 914 unidades (le sumamos 100 unidades disponibles a las 814 que se piden).
- El nivel de servicio es del 65,5182%.
- La utilidad alcanzada es de \$23,1059.54.

4.11. PROGRAMACIÓN DE JORNADAS DE TRABAJO.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla en el cual se introducirán las características del problema:



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

- **Título del problema (Problem Title):** Se escribe el título con que se identifica el problema.
- **Número de trabajos a ser programados (Number of Job to be Scheduled):** Se escribe la cantidad de trabajos que se desean analizar o programar.
- **Número de maquinas o trabajadores (Number of Machines or Workers):** Se introducen las especificaciones de cuantas maquinas existen o de cuantos trabajadores están disponibles, se debe tomar en cuenta si el número de trabajadores está en función de las maquinas o viceversa.
- **Máximo número de operaciones por trabajo (Maximum Number of Operations per Job):** Es donde se especifica el número de operaciones que se realizan por trabajo planificado.
- **Unidad de Tiempo (Time Unit):** Se especifica la unidad de tiempo en la que se desea hacer la programación.

4.11.1.EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACION DE JORNADAS DE TRABAJO.

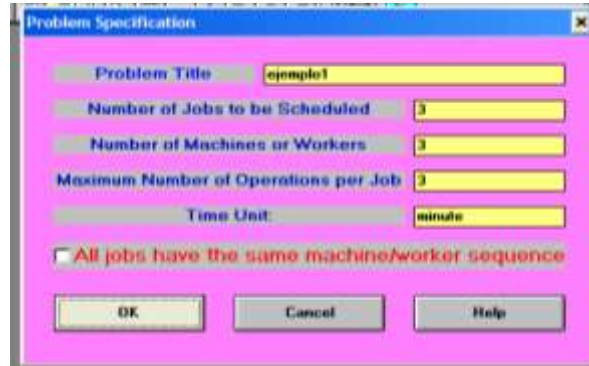
Se desea hacer la planificación de jornadas de trabajo para el siguiente caso:

Trabajo No.	OPERACION	Tiempo/Maquina	Tiempo/Maquina	Tiempo/Maquina
1	A	5.5/3	3.6/2	10/1
2	B	30/2	31/3	15/1
3	C	17/3	15/2	10/1

La información se puede interpretar de la siguiente manera:

- **OPERACIÓN A:** La operación “A” requiere 5.5 minutos en la maquina 3; Requiere 3.6 minutos en la maquina 2; Requiere 10 minutos en la maquina 1.
- **OPERACIÓN B:** La operación “B” requiere 30 minutos en la maquina 2; Requiere 31 minutos en la maquina 3; Requiere 15 minutos en la maquina 1.
- **OPERACIÓN C:** La operación “C” requiere 17 minutos en la maquina 3; Requiere 15 minutos en la maquina 2; Requiere 10 minutos en la maquina 1.

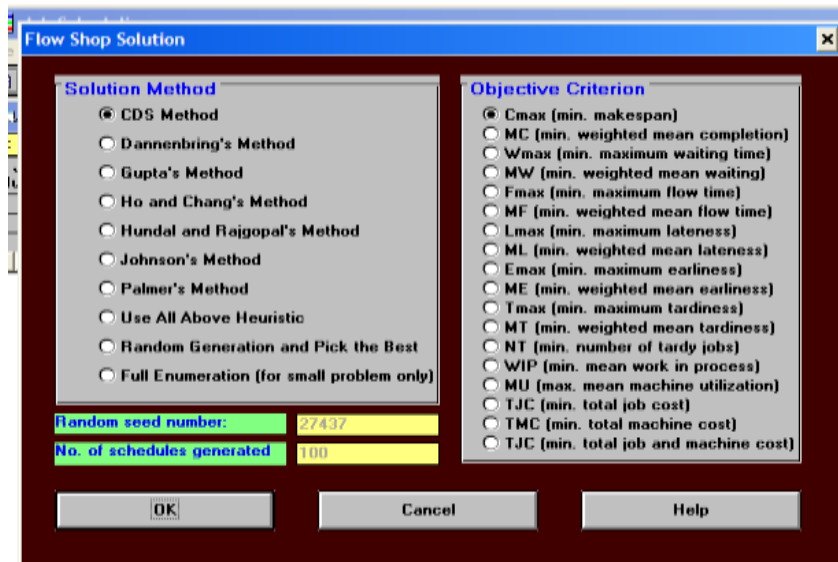
Definido ya el problema, se procede a introducir la información básica en la plantilla inicial, quedando de la siguiente forma:



Con los datos iniciales introducidos, se procede a introducir los datos de tiempo y maquinas utilizadas para cada operación, quedando como sigue:

Job Number	Job Name	Operation 1	Operation 2	Operation 3	Ready Time	Due Date	Weight	Priority Index	Idle Cost per minute	Busy Cost per minute	Late Cost per minute	Early Cost per minute
1	A	5.5/3	3.6/2	10/1			1	1				
2	B	30/2	31/3	15/1			1	1				
3	C	17/3	15/2	10/1			1	1				

Una vez introducida la información, se selecciona la opción **Solve and Analyze** y aparecerá una ventana en donde se puede seleccionar uno de todos los métodos allí presentados para solucionar el problema, además del objetivo que puede ser desde optimizar tiempos o maximizar hasta minimizar el tiempo de las tareas:



Seleccionado uno de los métodos y de los criterios, se pulsa el botón ok y se obtiene la solución para el problema, en donde se puede apreciar la distribución de las tareas, siguiendo el criterio de maximizar el tiempo o en otras palabras de buscar la mayor eficiencia de las operaciones:

Se puede variar de información utilizando las opciones del menú **Results**, en donde se puede desplegar la programación ya sea por maquinas o por tareas e incluso los gráficos por tareas y por maquinas.

Programación por tareas

09-23-2010	Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time
1	A	1	Machine 3	5.5	0	5.5
2	A	2	Machine 2	3.6	5.5	9.1
3	A	3	Machine 1	10	15	25
4	B	1	Machine 3	0	0	0
5	B	2	Machine 2	0	0	0
6	B	3	Machine 1	15	0	15
7	C	1	Machine 3	17	5.5	22.5
8	C	2	Machine 2	15	22.5	37.5
9	C	3	Machine 1	10	37.5	47.5
	Cmax =	47.5	MC =	29.1667	Wmax =	5.9
	MW =	-16.5333	Fmax =	47.5	MF =	29.1667
	Lmax =	47.5	ML =	29.1667	Emax =	0
	ME =	0	Tmax =	47.5	MT =	29.1667
	NT =	3	WIP =	1.8421	MU =	0.5340
	TJC =	0	TMC =	0	TC =	0
	Solved by	CDS			Criterion:	Cmax

Programación por maquinas

09-23-2010	Machine	Job	Operation	Process Time	Start Time	Finish Time
1	Machine 1	B	3	15	0	15
2	Machine 1	A	3	10	15	25
3	Machine 1	C	3	10	37.5	47.5
4	Machine 2	B	2	0	0	0
5	Machine 2	A	2	3.6	5.5	9.1
6	Machine 2	C	2	15	22.5	37.5
7	Machine 3	B	1	0	0	0
8	Machine 3	A	1	5.5	0	5.5
9	Machine 3	C	1	17	5.5	22.5
	Cmax =	47.5	MC =	29.1667	Wmax =	5.9
	MW =	-16.5333	Fmax =	47.5	MF =	29.1667
	Lmax =	47.5	ML =	29.1667	Emax =	0
	ME =	0	Tmax =	47.5	MT =	29.1667
	NT =	3	WIP =	1.8421	MU =	0.5340
	TJC =	0	TMC =	0	TC =	0
	Solved by	CDS			Criterion:	Cmax

Grafico de la programación de operaciones o tareas:

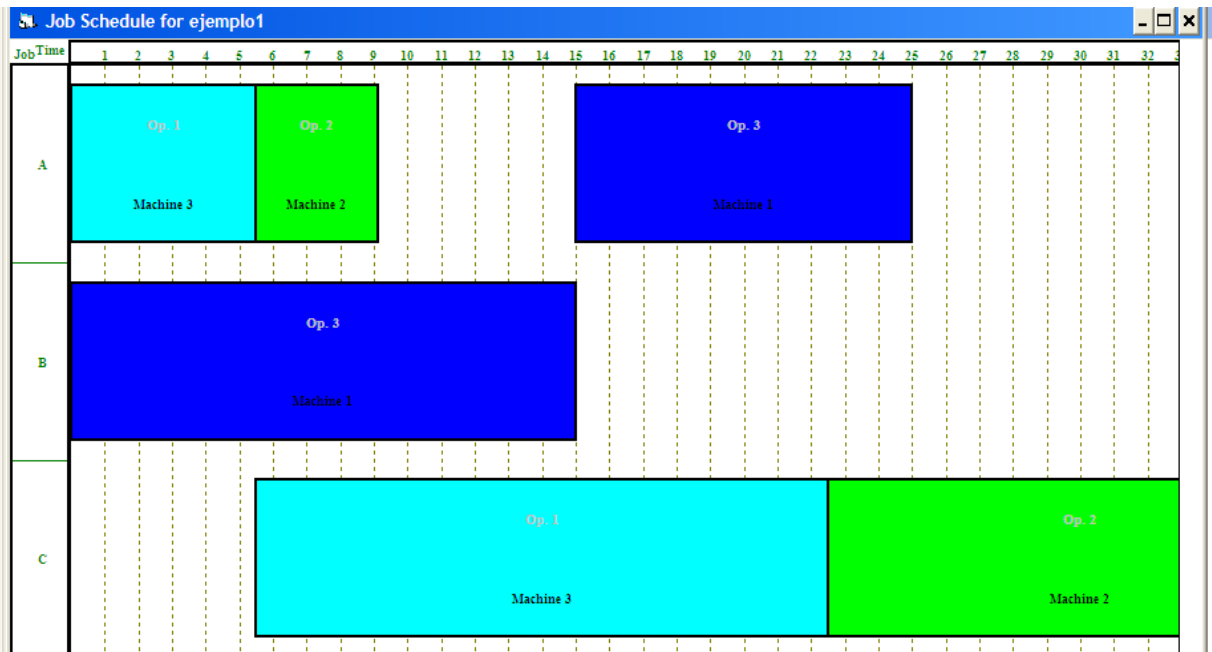
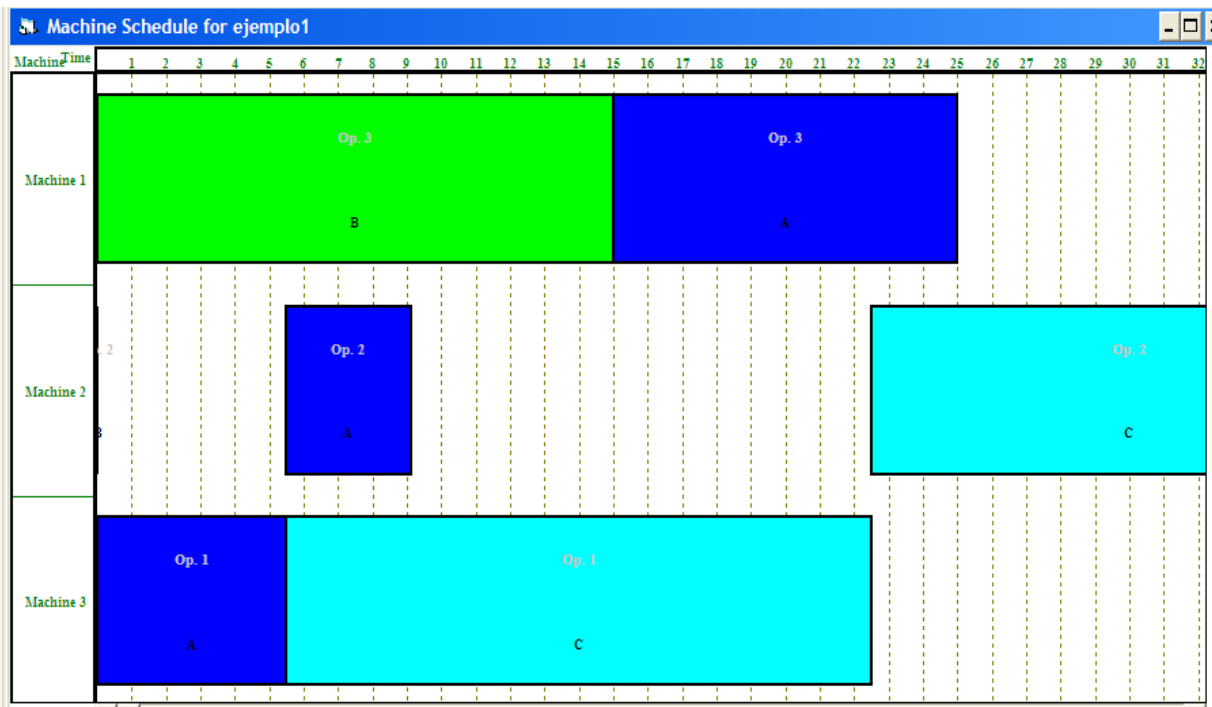
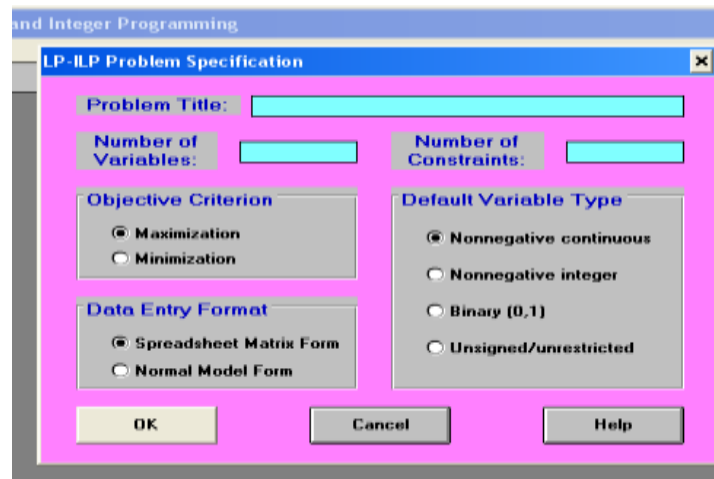


Grafico de la programación de maquinas:



4.12. PROGRAMACIÓN LINEAL Y ENTERA.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla en el cual se introducirán las características de nuestro problema:



The image shows a dialog box titled "LP-ILP Problem Specification" from the WinQSB software. The dialog box has a pink background and contains several input fields and radio button options. At the top, there is a "Problem Title:" field. Below it are two fields: "Number of Variables:" and "Number of Constraints:". There are two main sections of radio button options: "Objective Criterion" with "Maximization" (selected) and "Minimization"; and "Default Variable Type" with "Nonnegative continuous" (selected), "Nonnegative integer", "Binary (0,1)", and "Unsigned/unrestricted". At the bottom left, there is a "Data Entry Format" section with "Spreadsheet Matrix Form" (selected) and "Normal Model Form". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

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

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

4.12.1. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL

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.

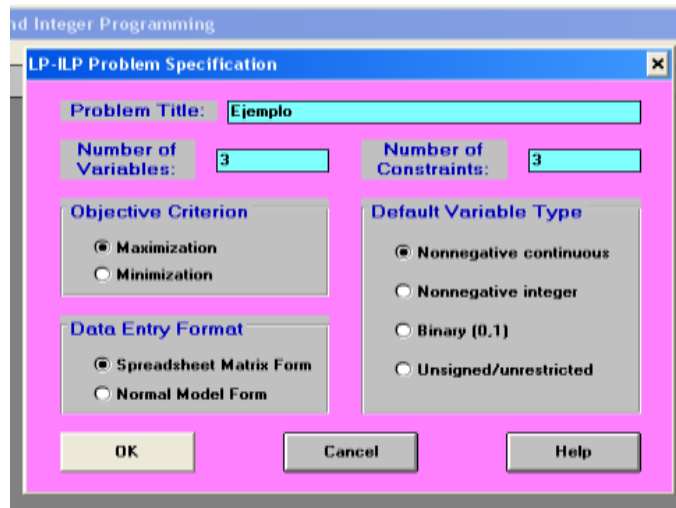
Cada producto pasa por 3 mesas de trabajo, restringiendo la cantidad de unidades producidas debido al tiempo disponible en cada una de ellas. La siguiente tabla muestra el tiempo requerido por unidad de cada producto en cada mesa y el tiempo total disponible semanalmente (tiempo dado en minutos):

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

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

Se Puede 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 se pulsa el botón **OK**, generando nuevas opciones dentro del programa.

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:

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).

Al ingresar los valores se tiene la siguiente tabla:

Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
Maximize	150	210	130		
C1	10	15	7	<=	3300
C2	12	17	7	<=	3500
C3	8	9	8	<=	2900
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous		

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

Cuando se haya terminado de ingresar el modelo en la plantilla, se podrá utilizar las herramientas que provee el menú **Resolver y Analizar (Solve and Analyze)**. Que 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).

Para resolver el problema se selecciona 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**”. Se pulsa el botón **ACEPTAR** y automáticamente el programa generará la solución óptima.

12:00:24								
Friday September 10 2010								
	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

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). La columna **Valores de la solución (Solution Value)** presenta los valores óptimos encontrados. En este ejemplo se tiene que X1 es 0 unidades, X2 es 105,4795 unidades y X3 es 243,8356 unidades. 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**).

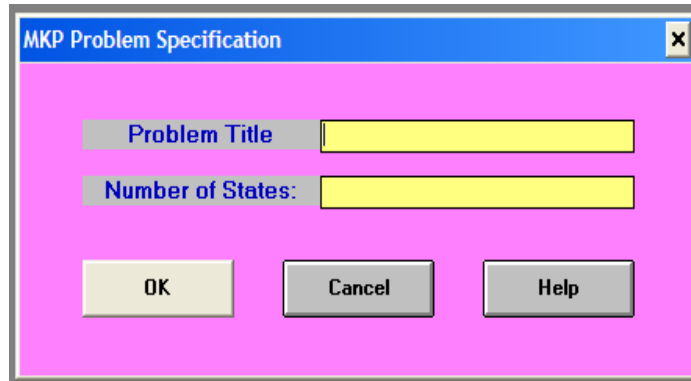
La siguiente parte de la matriz final (**Constraint Summary**), presenta las variables de holgura del sistema (C1, C2, C3). La columna **Lado de la mano derecha (Left Hand Side)** muestra el valor alcanzado al reemplazar los valores de X1, X2 y X3 en cada restricción

(recuerde que cada restricción se identifica con su variable de holgura). Las dos columnas siguientes (**Direction** y **Right Hand Side**) muestran las especificaciones dadas a las restricciones en cuanto al operador de relación (\leq) y los valores originales de las restricciones (3.300, 3.500 y 2.900 minutos). La columna **Déficit o Superávit (Slack or Surplus)** muestran los valores de las variables de holgura y la columna **Precios Sombras (Shadow Price)** corresponde a los precios sombras; cuánto se estaría dispuesto a pagar por una unidad adicional de cada recurso.

Se puede utilizar también la opción de resolver el problema paso a paso, para ver las iteraciones tabla por tabla. Para ello se selecciona la segunda opción del menú **Resolver y mostrar pasos (Solve and Display Steps)**. Al pulsar sobre la opción **Próxima Interacción (Next Iteration)** se avanza a la siguiente tabla del Simplex.

4.13. PROCESOS DE MARKOV.

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla llamada **Especificaciones del problema PMK (MKP Problem Specification)** en la cual, se introducirán las características de nuestro problema:

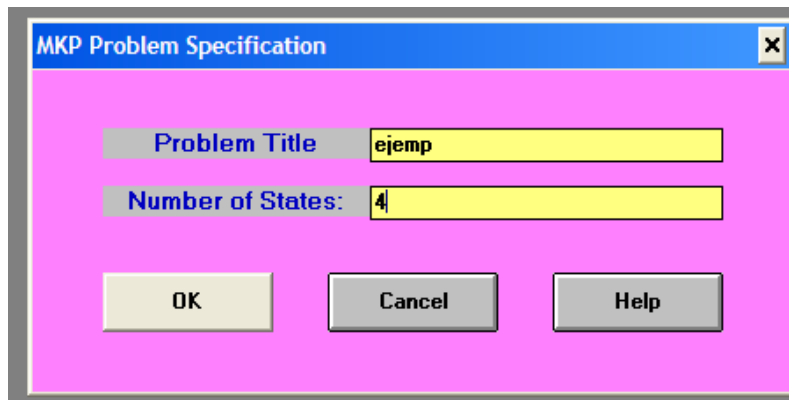


Para comenzar a armar un problema de este tipo es necesario ingresar los campos:

- **Título del problema (Problem Title)**
- **Número de estados (Number of States)**

4.13.1. EJEMPLO DE EJERCICIO DE CADENAS DE MARKOV

Ingresando un sistema representado por 4 estados:



La plantilla vacía representa una matriz con las relaciones entre los estados (**State**), sus probabilidades iniciales (**Initial Prob.**) y el costo de cada uno de ellos (**State Cost**).

From \ To	State1	State2	State3	State4
State1				
State2				
State3				
State4				
Initial Prob.				
State Cost				

Por ejemplo:

From \ To	State1	State2	State3	State4
State1	0.2	0.3	0.1	0.4
State2	0.25	0.35	0.4	0
State3	0.1	0.2	0.2	0.5
State4	0.5	0.3	0.1	0.1
Initial Prob.	0.2	0.1	0.35	0.35
State Cost	2000	1500	1000	900

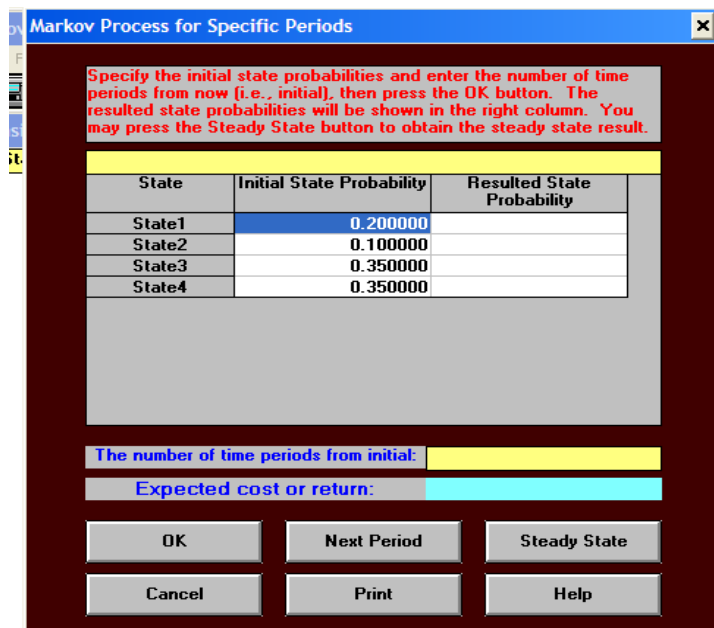
En el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)** tenemos las opciones de **Resolver los estados completos (Solve Steady State)** o mostrar el **Proceso de Markov por pasos (Markov Process Step)**.

La primera opción da como resultado la siguiente tabla:

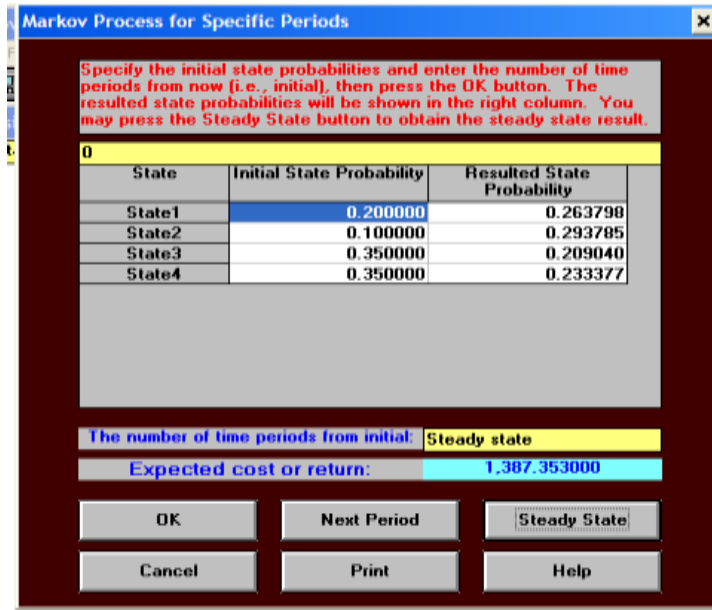
09-14-2010	State Name	State Probability	Recurrence Time
1	State1	0.2638	3.7908
2	State2	0.2938	3.4038
3	State3	0.2090	4.7838
4	State4	0.2334	4.2849
	Expected	Cost/Return =	1387.3530

La matriz final indica las probabilidades de estado estable, lo cual significa que en el largo plazo el sistema estará el 26% del tiempo en el estado uno, 29% estará en el estado dos, 21% estará en estado tres y 23% en estado cuatro, lo cual hace que el costo medio en que incurre el proceso es de 1387,3530.

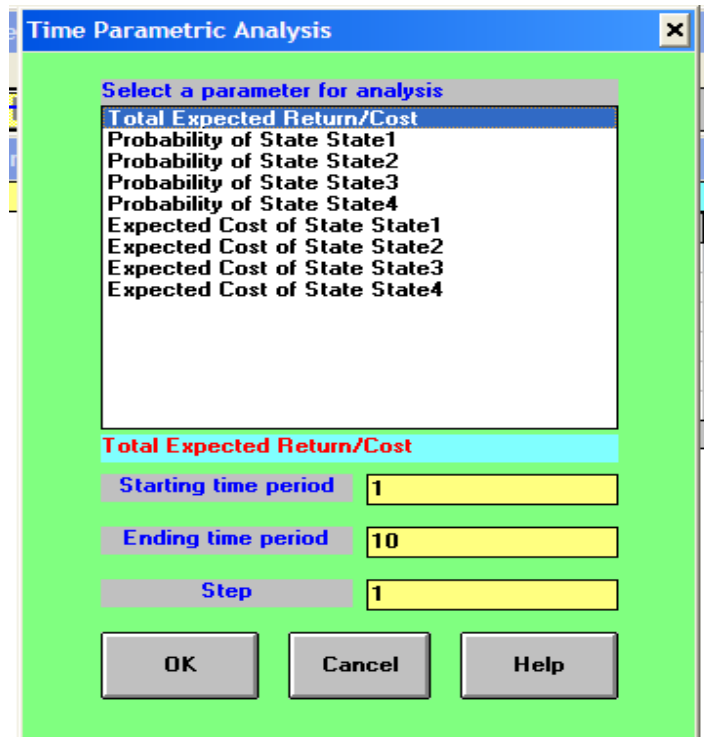
Regresando a la matriz inicial y tomando la segunda opción del menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)** tenemos una ventana que nos permite controlar las iteraciones del proceso:



Se Puede observar el **Número de periodos procesados (The Number of Time Periods from Initial)**. Pulsando en el botón **NEXT PERIOD** y luego en el botón **OK**. Para el periodo dos (recuerde pulsar en **NEXT PERIOD** seguido del botón **OK**). En la columna **Probabilidad del estado resultante (Resulted State Probability)** se muestran las probabilidades para los periodos. Pulsando en el botón **STEADY STATE** se alcanza la matriz estable:



Para ver un Análisis paramétrico en el tiempo de los costos y las probabilidades de los estados seleccionamos la opción **Time parametric analysis** y La nueva ventana contiene:



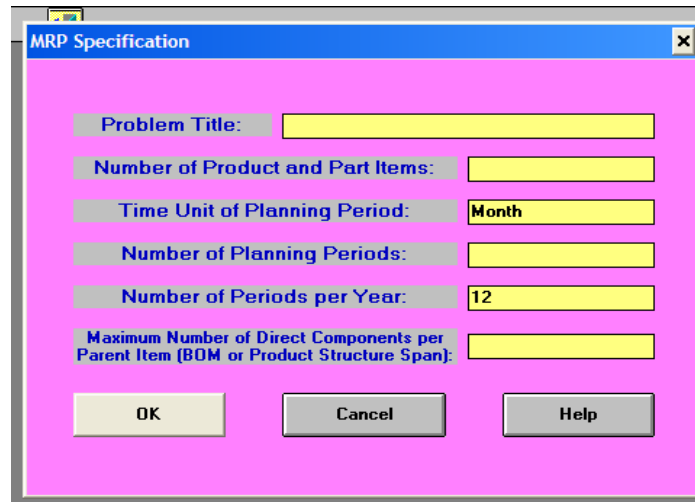
- Retorno/Costo total esperado (Total Expected Return/Cost)
- Probabilidad de cada estado (Probability of State #)
- Costo esperado de cada estado (Expected Cost of State#)

Pulsando el botón **OK** para mostrar el **Retorno/Costo total esperado (Total Expected Return/Cost)** para 10 periodos (1 por periodo – Step = 1), se puede observar como el costo comienza a estabilizarse para los últimos periodos (recuerde que el costo final es de 1987,3530).

09-14-2010	Time Period	Total Expected Return/Cost
1	1	1381
2	2	1410.3500
3	3	1385.6500
4	4	1387.9060
5	5	1387.0120
6	6	1387.4280
7	7	1387.3330
8	8	1387.3610
9	9	1387.3510
10	10	1387.3540

4.14. PLANEACION DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES.

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla en el cual se introducirán las características de nuestro problema:



A continuación se describirá la ventana de **Especificaciones para el MRP (MRP Specification)**:

- **Título del problema (Problem Title)**: Nombre con el cual se identificará el problema.
- **Número de productos y piezas (Number of Product and Part Items)**: Se aclara el número de piezas que componen el producto final (incluyen los subensambles).
- **Unidad de Tiempo (Time Unit of Planning Period)**: Unidad de tiempo establecida para controlar los periodos en el MRP.
- **Número de periodos planeados (Number of Planning Periods)**: Cantidad de periodos que se desean considerar en el modelo MRP.
- **Número de periodos por años (Number of Periods per Year)**: Especificar cuantos periodos son incluidos en un año.
- **Número máximo de componentes directos (Maximum Number of Direct Components per Parent Item)**: Número máximo de productos (o ítems) que salen directamente de un producto intermedio o producto final.

4.14.1. EJEMPLO DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Para la construcción de una mesa sencilla es necesario tener los siguientes materiales:

No.	ID	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD
1	A-01	Roble (1 mt x 0.2 mt)	Un.	4
2	A-02	Roble (1,2 mt x 1,2 mt)	Un.	1
3	A-03	Tintilla	Litro	¼
4	A-04	Alcohol	Litro	¼
5	A-05	Pintura para Acabado	Litro	¼
6	B-01	Clavos de acero 2”	Un.	16
7	B-02	Colbón	Un.	1
8	B-03	Lija No. 100	Un.	2

El primer paso es tomar las 4 tablas (A-01) y cortarlas hasta lograr la medida deseada para las 4 patas de la mesa. Luego se toma la tabla que hará de base de la mesa (A-02) y se corta según la medida y forma deseada. Las patas y la base se juntan agregando el Colbón para madera (B-02) y luego asegurándolas con los 16 clavos de acero (B-01).

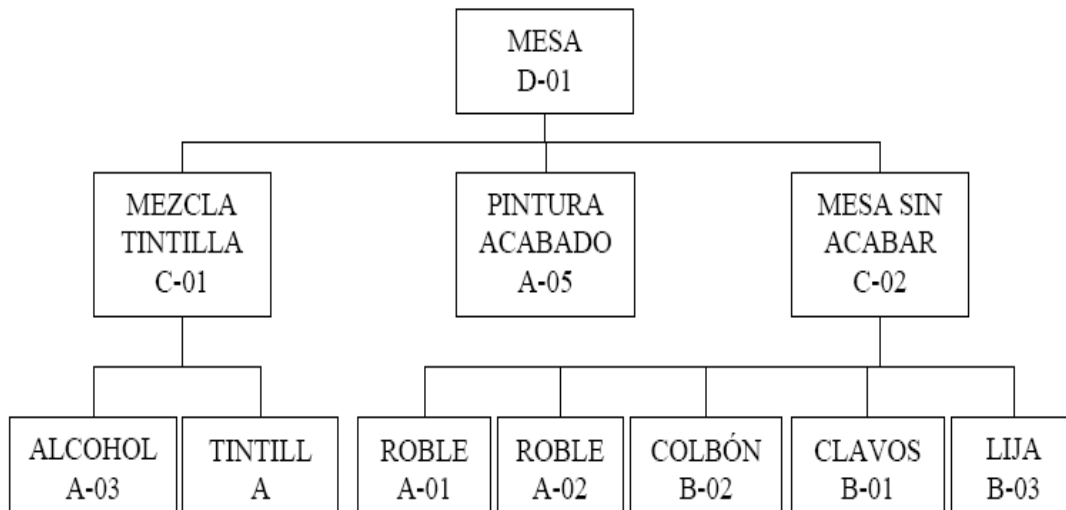
Cuando la mesa esta armada, se procede a pulir con la lija No. 100 (B-03). Se pasa una capa de tintilla, la cual había sido mezclada con alcohol (A-03 y A-04). Al día siguiente, una vez secado se pinta con la pintura para acabado (A-04) quedando lista la mesa. La información de compra de los productos, como la información de las cantidades disponibles son las siguientes:

ID	CANTIDAD MINIMA VENDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO ALMACENAJE ANUAL	PERIODO DE ENTREGA	INVENTARIO INICIAL
A-01	X 10	1200	350	2 Días	15 UN.
A-02	X 10	1500	350	2 Días	15 UN.
A-03	LT.	500	120	Inmediato	10 LT.
A-04	LT.	700	120	Inmediato	5 LT.
A-05	LT.	1000	120	Inmediato	5 LT.
B-01	X 100	300	20	Inmediato	250 UN.
B-02	UN.	100	20	Inmediato	10 UN.
B-03	UN.	100	5	Inmediato	10 UN.

Los costos de los productos intermedios de la mezcla de la tintilla y el armado de la mesa son de \$500 y \$400 respectivamente. La mesa terminada agrega un costo de \$1000. El costo de almacenamiento de los productos intermedios al año es de \$50. Las capacidades de suministros de los proveedores serán consideradas infinitas. La demanda proyectada para el próximo mes es de:

Mes Enero	Demanda
Semana 1	100
Semana 2	160
Semana 3	160
Semana 4	240

Se desea crear un plan MRP para el próximo año. A continuación se muestra como sería la explosión de materiales (**BOM**) del producto:



Para ingresar el problema del ejemplo se debe tener en cuenta que existen entre productos y productos intermedios un total de 11 ítems (incluyendo la mesa terminada), el periodo a proyectar son 4 semanas (52 en un año) y los ítems máximos que dependen de un producto intermedio son 5 (los que dependen del la mesa sin acabar):

La primera pantalla que aparece corresponde a la **Plantilla maestra (Item Master)**, donde ingresaremos la información sobre la identificación de los productos, los tiempos de entrega de los proveedores, los costos y el tipo de inventario que se utilizará.

1 : Item ID		Item 1													
No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost	Item Description
1	Item 1				Each										H
2	Item 2				Each										H
3	Item 3				Each										H
4	Item 4				Each										H
5	Item 5				Each										H
6	Item 6				Each										H
7	Item 7				Each										H
8	Item 8				Each										H
9	Item 9				Each										H
10	Item 10				Each										H
11	Item 11				Each										H

Las columnas **ABC Class** y **Source Code** son opcionales. En esta última ingresaremos el código del producto. En la columna **Material Type** (también opcional) ingresamos información de si el ítem es producto terminado (**PT**), un subensamble (**SE**) o material directo (**MD**). En la columna **Unidad de medida (Unit Measure)** ingresamos las unidades definidas por cada ítem. Hasta el momento la tabla debería quedar como sigue:

6 : Lot Size						
No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time
1	Item 1		D-01	PT	Und	
2	Item 2		C-01	SE	Lt	
3	Item 3		C-02	SE	Und	
4	Item 4		B-01	MD	Und	
5	Item 5		B-02	MD	Und	
6	Item 6		B-03	MD	Und	
7	Item 7		A-01	MD	Und	
8	Item 8		A-02	MD	Und	
9	Item 9		A-03	MD	Lt	
10	Item 10		A-04	MD	Lt	
11	Item 11		A-05	MD	Lt	

En la columna **Lead Time** se colocara el tiempo en que se tarda el proveedor en hacer llegar el producto al cliente. En **Tamaño del lote (lot Size)** se incluye el modelo de inventario que se llevará para cada ítem (ver capítulo de modelo y sistemas de inventarios para más información). Para este caso se optara por el modelo **FOQ** correspondiente a **Cantidad de Orden Fija**. Se salta a la columna correspondiente al **Costo unitario (Unit Cost)** y **Costo anual de almacenamiento (Holding Annual Cost)**. Si se quiere ingresar

información adicional sobre los productos, se puede escribir en la columna **Item Description**. La tabla final debería verse así:

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost	Item Description
1	1		D-01	PT	Und	1	FOQ				1000		50		H
2	2		C-01	SE	Lt		FOQ				500		50		H
3	3		C-02	SE	Und		FOQ				400		50		H
4	4		B-01	MD	Und		FOQ				300		20		H
5	5		B-02	MD	Und		FOQ				100		20		H
6	6		B-03	MD	Und		FOQ				100		5		H
7	7		A-01	MD	Und	2	FOQ				1200		350		H
8	8		A-02	MD	Und	2	FOQ				1500		350		H
9	9		A-03	MD	Lt		FOQ				500		120		H
10	10		A-04	MD	Lt		FOQ				700		120		H
11	11		A-05	MD	Lt		FOQ				1000		120		H

Para ingresar la explosión de materiales debemos marcar la opción **BOM** del menú **Ver (View)**. En esta nueva ventana aparece lo que consideramos los materiales ligados a los productos intermedios o el producto final.

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage	Component ID/Usage	Component ID/Usage	Component ID/Usage
1	2/0,5	11/0,25	3/1		
2	9/0,25	10/0,25			
3	7/4	8/1	5/1	4/16	6/2
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Al Observar detenidamente la primera fila (correspondiente a la mesa terminada D-01):

- La mesa depende de tres productos directamente
- El primero de ellos es la Mezcla sencilla (C-01) que resulta de la mezcla de ¼ de alcohol con ¾ de tintilla. Esta notación se identifica en WINQSB como 2/0,5, donde 2 equivale al segundo ítem y 0,5 a los litros que resultan de la mezcla.
- El valor 11/0,25 equivale al ítem 11 (Pintura de acabado A-05) con ¼ de litro.
- El valor 3/1 equivale al tercer ítem (Mesa sin acabar C-02) con una unidad.

El mismo formato se emplea para los artículos 2 y 3 (C-01 y C-02), el primero con dos artículos de base, y el segundo con los cinco artículos restantes.

Para especificar la demanda se procede a activar la **Programación maestra de producción (Master Production Schedule)**. En él se coloca la demanda semanal para el producto terminado:

Item ID	Overdue Requirement	semana 1 Requirement	semana 2 Requirement	semana 3 Requirement	semana 4 Requirement
1		100	160	160	240
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

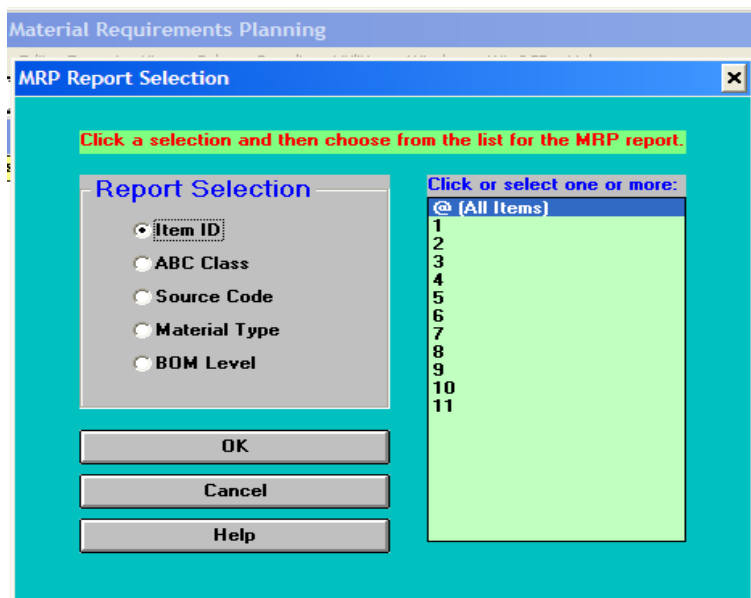
En **Inventario (Inventory)** se especifican las cantidades disponibles para cada semana. La primera columna llamada **Safety Stock** permite asignar el mínimo nivel de inventario que debe tener la empresa según sus políticas. En **On Hand Inventory** se especifica la cantidad de inventario disponible al inicio del periodo. En las demás columnas se coloca las cantidades que ya fueron ordenadas y están pendientes de entrega al inicio del periodo (**Overdue Planned Receipt**) y durante el desarrollo del mismo (**Semana # Planned Receipt**).

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	semana 1 Planned Receipt	semana 2 Planned Receipt	semana 3 Planned Receipt	semana 4 Planned Receipt
1							
2							
3							
4		250					
5		10					
6		10					
7		15					
8		15					
9		10					
10		5					
11		5					

La última ventana corresponde a la capacidad máxima de los proveedores y de la empresa que fabrica el producto (**Capacity**). De forma predeterminada las casillas están marcadas con **M** indicando una capacidad infinita.

Item ID	semana 1 Capacity	semana 2 Capacity	semana 3 Capacity	semana 4 Capacity
1	M	M	M	M
2	M	M	M	M
3	M	M	M	M
4	M	M	M	M
5	M	M	M	M
6	M	M	M	M
7	M	M	M	M
8	M	M	M	M
9	M	M	M	M
10	M	M	M	M
11	M	M	M	M

Para resolver el problema se selecciona la opción **Explotar requerimiento de materiales (Explode Material Requirements)**. Se puede elegir entre distintos tipos de reportes:



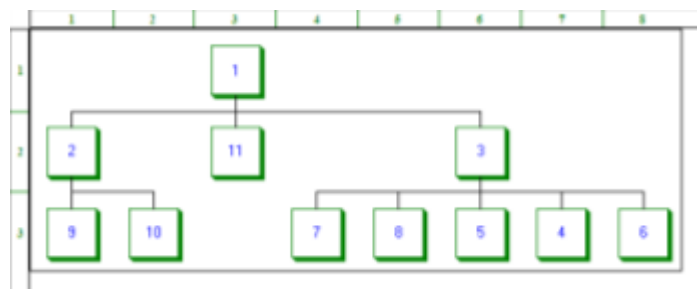
Se marca **Source Code** para que realice el reporte de acuerdo a los códigos asignados y se pulsa **OK**. La pantalla resultante muestra la planeación de requerimientos:

09-14-2010	Overdue	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	Total	▲
Item: 1		LT = 1	SS = 0	LS = FOQ	UM = Und	ABC =	
Gross Requirement	0	100	160	160	240	660	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	
Projected Net Requirement	0	100	160	160	240	660	
Planned Order Receipt	0	100	160	160	240	660	
Planned Order Release	100	160	160	240	0	660	
Item: 2		LT = 0	SS = 0	LS = FOQ	UM = Lt	ABC =	
Gross Requirement	500	800	800	1,200	0	3,300	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	
Projected Net Requirement	500	800	800	1,200	0	3,300	
Planned Order Receipt	500	800	800	1,200	0	3,300	
Planned Order Release	500	800	800	1,200	0	3,300	
Item: 3		LT = 0	SS = 0	LS = FOQ	UM = Und	ABC =	
Gross Requirement	100	160	160	240	0	660	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	

A continuación se describen los campos usados:

- **Requerimiento (Gross Requirement):** Unidades requeridas por semana.
- **Programación de recepciones (Scheduled Receipt):** Unidades que fueron ordenadas con anterioridad a la programación.
- **Órdenes planeadas a recibir (Planed Order Receipt):** Órdenes que se recibirán al comienzo de la semana.
- **Órdenes planeadas pendientes (Planed Order Release):** Ordenes que se pedirán a los otros departamentos o directamente al proveedor (depende del tiempo de entrega programado).

Para ver la estructura completa de explosión de materiales se pulsa sobre **Mostrar gráfico de la estructura del producto (Show Product Structure in Graph)** y pulsando directamente sobre el botón **OK** se tiene:



4.15. MODELACION DE REDES.

La opción **Nuevo Problema (New Problem)** generará la siguiente ventana:

The screenshot shows a dialog box titled "NET Problem Specification". It contains three main sections of options:

- Problem Type:** Radio buttons for Network Flow (selected), Transportation Problem, Assignment Problem, Shortest Path Problem, Maximal Flow Problem, Minimal Spanning Tree, and Traveling Salesman Problem.
- Objective Criterion:** Radio buttons for Minimization (selected) and Maximization.
- Data Entry Format:** Radio buttons for Spreadsheet Matrix Form (selected) and Graphic Model Form, and a checkbox for Symmetric Arc Coefficients (i.e., both ways same cost).

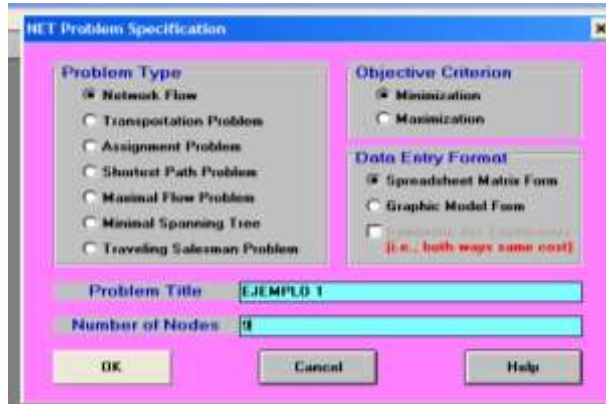
Below these sections are two text input fields: "Problem Title" and "Number of Nodes". At the bottom are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Existen 7 modelos fundamentales para el tratamiento de los problemas que involucran redes con el fin de optimizar el uso de algún recurso, generalmente tratándose de la minimización de costos, tiempo o la maximización del flujo a través de una red. Estos modelos son:

- Flujo en redes o modelo de trasbordo (Network Flow)
- Problema de transporte (Transportation Problem)
- Problema de asignación (Assignment Problem)
- Problema de la ruta más corta (Shortest Path Problem)
- Problema de flujo máximo (Maximal Flow Problem)
- Árbol de mínima expansión (Minimal Spanning Tree)
- Problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem)

4.15.1. EJEMPLO DE FLUJO EN REDES O MODELO DE TRASBORDO

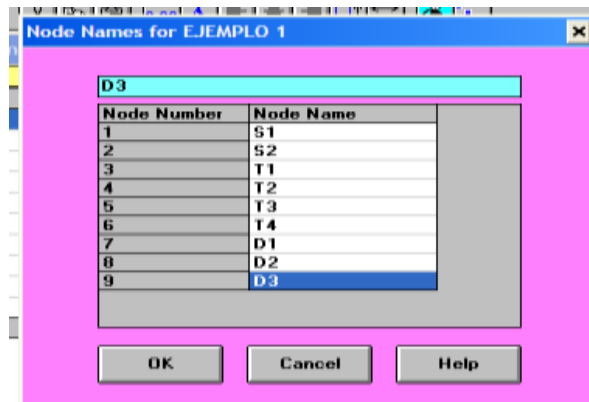
Se Ingresa la información de un modelo de red que enlaza 2 fábricas con 4 almacenes y 3 grupos demandantes (9 nodos en total):



La tabla inicial para este modelo se muestra a continuación:

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Supply
Node1										0
Node2										0
Node3										0
Node4										0
Node5										0
Node6										0
Node7										0
Node8										0
Node9										0
Demand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

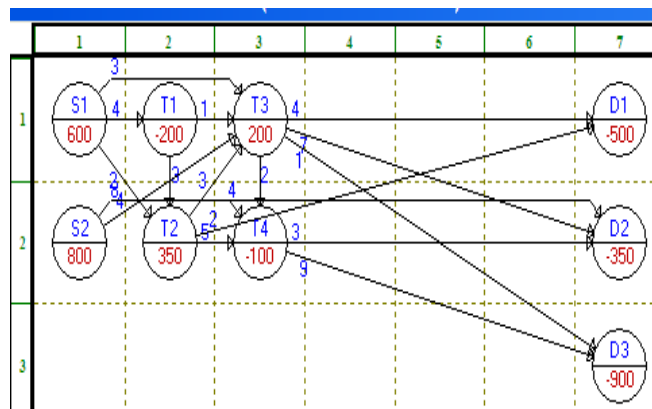
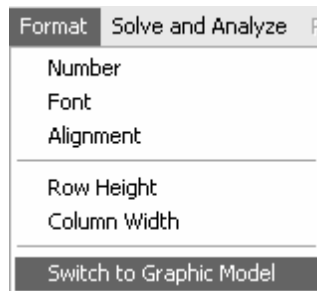
Para modificar los nombres de los nodos pulsamos sobre **Node Name** en el menú **Editar (Edit)**. Modificando dichos nombre como se muestra a continuación:



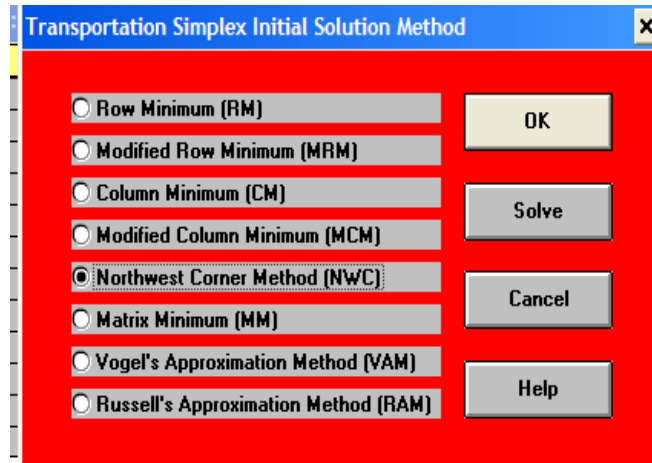
La tabla muestra dos fuentes (fábricas S1 y S2) que cuentan con capacidades de producción de 600 y 800 unidades para un período dado. Hay 4 almacenes intermedios, T1 a T4, de los cuales T2 y T3 poseen 350 y 200 unidades respectivamente. Las demandas son T1, 200 unidades; T4, 100 unidades; D1, 500 unidades; D2, 350 unidades y D3 900 unidades. Los costos de transportar una unidad de producto desde cada fuente y punto de trasbordo hasta cada sitio de demanda se encuentran en el cuerpo de la tabla.

From \ To	S1	S2	T1	T2	T3	T4	D1	D2	D3	Supply
S1			4	2	3					600
S2					4	8				800
T1				3	1					0
T2					3	5	2	4		350
T3						2	4	7	1	200
T4								3	9	0
D1										0
D2										0
D3										0
Demand	0	0	200	0	0	100	500	350	900	

Para ver el modelo en modo gráfico se procede a marcar la opción



Como paso previo a la solución debe escogerse el método mediante el cual se determina la solución básica inicial (recuérdese que los métodos asociados con el transporte sólo se diferencian en la forma como se obtiene la solución básica inicial). En este caso se ha escogido el método de la esquina noroeste.



La manera de resolver el problema es idéntica a la del simplex, pudiéndose resolver directamente o por pasos. La tabla de resultados finales muestra cómo se da el flujo de productos desde a las fuentes iniciales (S) a los puntos de transbordo (T) y de estas a los destinos finales, con un costo total de 7900 u.m.

09-15-2010	From	To	Flow	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	S1	T1	200	4	800	0
2	S1	T2	400	2	800	0
3	S2	T3	800	4	3200	0
4	T2	D1	500	2	1000	0
5	T2	D2	250	4	1000	0
6	T3	D3	900	1	900	0
7	T3	T4	100	2	200	0
8	Unfilled_Demand	D2	100	0	0	0
	Total	Objective Function	Value =	7900		

A continuación se muestran dos resúmenes de los que permite este módulo, para realizar análisis:

La primera tabla muestra, entre otros, el estado de las variables (básicas o no básicas); esto es, si la solución indica que un tramo (i, j) debe realizarse o no; también enseña los costos reducidos, que tienen igual interpretación que en programación lineal. Las dos últimas columnas señalan los máximos y mínimos costos permitidos en un tramo de transporte; esto equivale al análisis de coeficientes de costos de la programación lineal.

imization (Network Flow Problem)

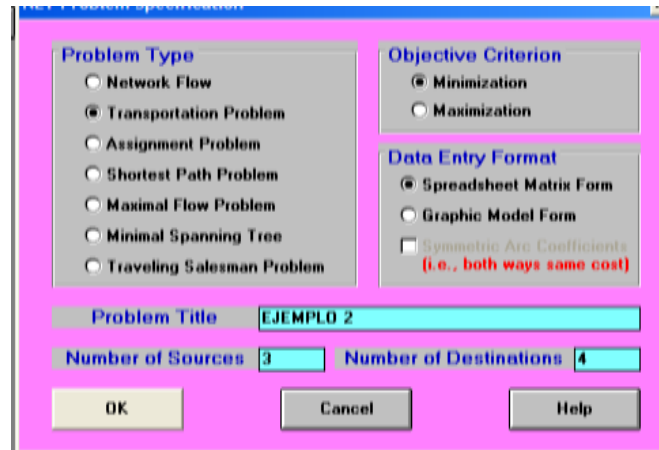
09-15-2010 09:51:02	From	To	Unit Cost	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. Cost	Allowable Max. Cost
1	S1	T1	4	0	basic	0	6
2	S1	T2	2	0	basic	0	4
3	S1	T3	3	2	at bound	1	M
4	S2	T3	4	0	basic	1	6
5	S2	T4	8	2	at bound	6	M
6	T1	T2	3	5	at bound	-2	M
7	T1	T3	1	4	at bound	-3	M
8	T2	D1	2	0	basic	-5	3
9	T2	D2	4	0	basic	3	6
10	T2	T3	3	4	at bound	-1	M
11	T2	T4	5	4	at bound	1	M
12	T3	D1	4	1	at bound	3	M
13	T3	D2	7	2	at bound	5	M
14	T3	D3	1	0	basic	-4	5
15	T3	T4	2	0	basic	0	3
16	T4	D2	3	0	basic	1	4
17	T4	D3	9	10	at bound	-1	M

De la segunda tabla cabe destacar los precios sombra y los máximos y mínimos permitidos para las restricciones que se interpretan igual que en programación lineal.

09-15-2010 09:57:56	Node	Supply	Demand	Shadow Price	Allowable Min. Value	Allowable Max. Value
1	S1	600	0	-3	600	600
2	S2	800	0	0	800	M
3	T1	0	200	7	200	200
4	T2	350	0	-5	350	350
5	T3	200	0	-4	200	1000
6	T4	0	100	6	0	100
7	D1	0	500	7	500	500
8	D2	0	350	9	350	350
9	D3	0	900	5	100	900

4.15.2. EJEMPLO DE MODELO DE TRANSPORTE

Como el anterior, se trata de encontrar el programa que minimiza los costos de envío de bienes desde unos orígenes hasta unos destinos. La diferencia radica en que aquí se despachan los bienes directamente sin pasar por puntos de trasbordo. Para el siguiente ejemplo se abrirá un nuevo problema con 3 orígenes y 4 destinos:



En la tabla siguiente se muestran los datos ya introducidos, con las demandas, las ofertas y los costos de transporte entre los distintos orígenes y destinos:

From \ To	Destination 1	Destination 2	Destination 3	Destination 4	Supply
Source 1	3	2	7	6	5000
Source 2	7	5	2	3	6000
Source 3	2	5	4	5	2500
Demand	6000	4000	2000	1500	

Se selecciona la opción **Solve the problema**. La siguiente tabla muestra la solución:

09-15-2010	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	3500	3	10500	0
2	Source 1	Destination 2	1500	2	3000	0
3	Source 2	Destination 2	2500	5	12500	0
4	Source 2	Destination 3	2000	2	4000	0
5	Source 2	Destination 4	1500	3	4500	0
6	Source 3	Destination 1	2500	2	5000	0
	Total	Objective Function	Value =		39500	

4.15.3. EJEMPLO DE PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Con este modelo se busca resolver de la manera más eficiente, la asignación de una serie de tareas a máquinas u operarios. Se muestra un ejemplo con 3 orígenes y 3 destinos:

The screenshot shows a dialog box with the following settings:

- Problem Type:**
 - Network Flow
 - Transportation Problem
 - Assignment Problem
 - Shortest Path Problem
 - Maximal Flow Problem
 - Minimal Spanning Tree
 - Traveling Salesman Problem
- Objective Criterion:**
 - Minimization
 - Maximization
- Data Entry Format:**
 - Spreadsheet Matrix Form
 - Graphic Model Form
 - Symmetric Arc Coefficients (i.e., both ways same cost)
- Problem Title:** EJEMPLO 3
- Number of Objects:** 3
- Number of Assignments:** 3

En la tabla que aparece se introducen los datos del ejemplo: Se trata de una empresa de consultoría en mercadeo, que ha recibido solicitud de tres clientes para adelantar estudios de mercado. Los números en las celdas son las horas que cada consultor invertiría en llevar a cabo cada proyecto. La compañía desea minimizar el tiempo total dedicado a los proyectos. ¿Cómo asignar los clientes a los consultores?

From \ To	Assignee 1	Assignee 2	Assignee 3
Assignment 1	10	15	9
Assignment 2	9	18	5
Assignment 3	6	14	3

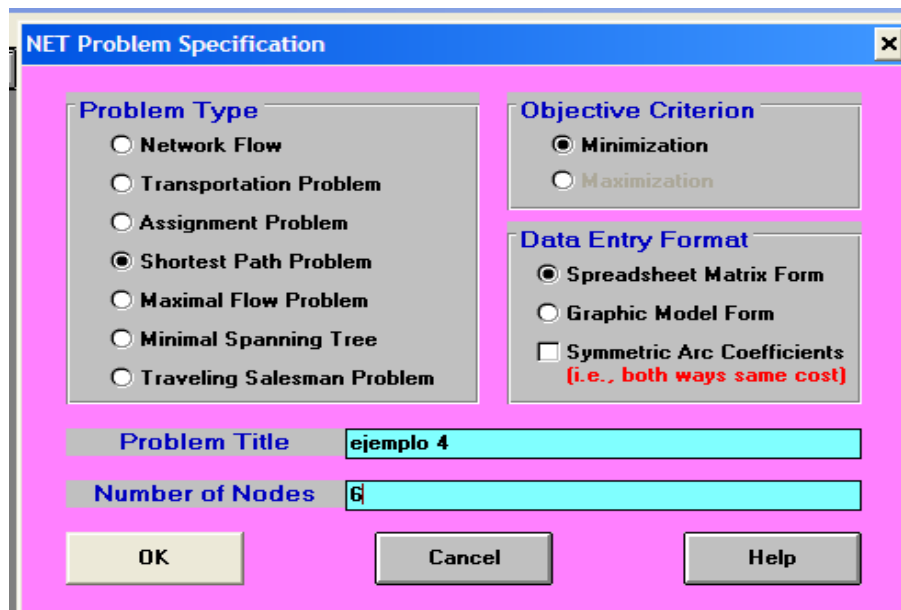
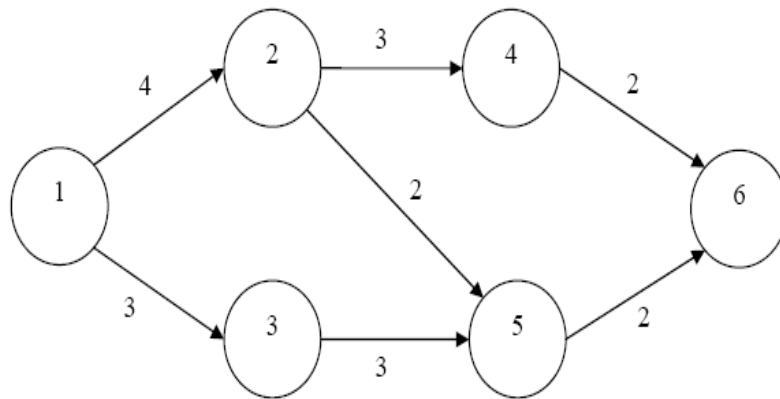
Al seleccionar la opción **Solve the problem** se obtiene el siguiente resultado:

Minimization (Assignment Problem)						
09-15-2010	From	To	Assignment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Assignment 1	Assignee 2	1	15	15	0
2	Assignment 2	Assignee 3	1	5	5	0
3	Assignment 3	Assignee 1	1	6	6	0
	Total	Objective	Function	Value =	26	

La solución nos indica que al consultor Pedro se le asigna el cliente 2, al consultor Carlos se le asigna el cliente 3 y a Roberto el cliente 1, con un costo total de \$26.

4.15.4. EJEMPLO DE PROBLEMA DE LA RUTA MÁS CORTA

El problema de la ruta más corta incluye un juego de nodos conectados donde sólo un nodo es considerado como el origen y sólo un nodo es considerado como el nodo destino. El objetivo es determinar un camino de conexiones que minimizan la distancia total del origen al destino. El problema se resuelve por el "algoritmo de etiquetado". Se muestra a continuación un caso con 6 nodos.



El nodo 1 representa la central y el nodo 6 la ciudad a donde debe llevarse el cableado procedente de la central, pasando por algunos de los otros nodos que conectan la central con la ciudad. Los números sobre los arcos representan distancias en millas. Se trata de llevar a cabo la interconexión con el menor consumo de cable.

La solución final del problema sería:

09-15-2010	From	To	Distance/Cost	Cumulative Distance/Cost
1	Node1	Node3	3	3
2	Node3	Node5	3	6
3	Node5	Node6	2	8
	From Node1	To Node6	=	8
	From Node1	To Node2	=	4
	From Node1	To Node3	=	3
	From Node1	To Node4	=	7
	From Node1	To Node5	=	6

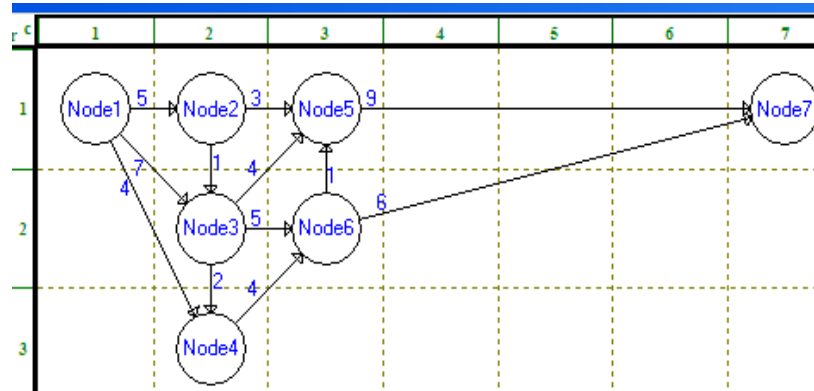
4.15.5. EJEMPLO DE PROBLEMA DE FLUJO MÁXIMO

Muchos problemas pueden ser modelados mediante una red en la cual se considera que los arcos tienen la capacidad de limitar la cantidad de un producto que se puede enviar a través del arco. En estas situaciones, frecuentemente se desea transportar la máxima cantidad de flujo desde un punto de partida llamado fuente hacia un punto final denominado pozo. A continuación se muestra la tabla inicial, la de introducción de datos y el modelo en forma grafica:

The screenshot shows a dialog box titled "NET Problem Specification". It contains several sections:

- Problem Type:** Radio buttons for Network Flow, Transportation Problem, Assignment Problem, Shortest Path Problem, **Maximal Flow Problem** (selected), Minimal Spanning Tree, and Traveling Salesman Problem.
- Objective Criterion:** Radio buttons for Minimization and **Maximization** (selected).
- Data Entry Format:** Radio buttons for **Spreadsheet Matrix Form** (selected), Graphic Model Form, and a checkbox for Symmetric Arc Coefficients (i.e., both ways same cost) which is unchecked.
- Problem Title:** Text box containing "EJEMPLO 5".
- Number of Nodes:** Text box containing "7".
- Buttons for OK, Cancel, and Help.

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7
Node1		5	7	4			
Node2			1		3		
Node3				2	4	5	
Node4						4	
Node5							9
Node6					1		6
Node7							



La solución del problema es:

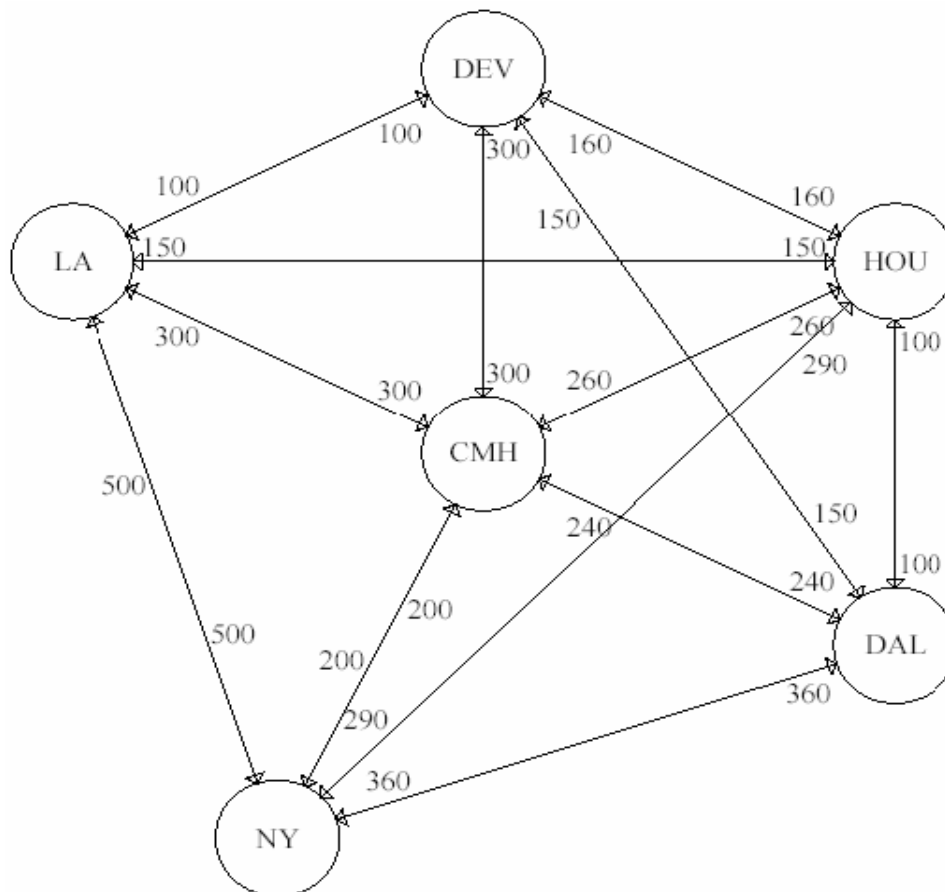
09-15-2010	From	To	Net Flow	From	To	Net Flow	
1	Node1	Node2	3	6	Node3	Node6	3
2	Node1	Node3	7	7	Node4	Node6	4
3	Node1	Node4	4	8	Node5	Node7	8
4	Node2	Node5	3	9	Node6	Node5	1
5	Node3	Node5	4	10	Node6	Node7	6
Total	Net Flow	From	Node1	To	Node7	=	14

Obsérvese que este modelo tiene aplicación en la planificación de transporte vehicular, transporte de líquidos mediante tuberías y otros problemas de similar estructura.

4.15.6. EJEMPLO DE PROBLEMA DEL AGENTE VIAJERO.

El problema del agente viajero, como los demás de redes, involucra un conjunto de nodos y arcos que conectan todos los nodos. El objetivo es encontrar la forma de realizar una gira completa que conecte todos los nodos visitando sólo una vez cada nodo y minimizar o maximizar la distancia de la gira total. Este modelo tiene múltiples aplicaciones en ingeniería.

La figura representa ciudades, en los nodos, y los valores en los arcos son las distancias que las separan. En la tabla se muestra la representación matricial del problema.



NET Problem Specification

Problem Type

- Network Flow
- Transportation Problem
- Assignment Problem
- Shortest Path Problem
- Maximal Flow Problem
- Minimal Spanning Tree
- Traveling Salesman Problem

Objective Criterion

- Minimization
- Maximization

Data Entry Format

- Spreadsheet Matrix Form
- Graphic Model Form
- Symmetric Arc Coefficients
(i.e., both ways same cost)

Problem Title ejemplo 6

Number of Nodes 6

OK Cancel Help

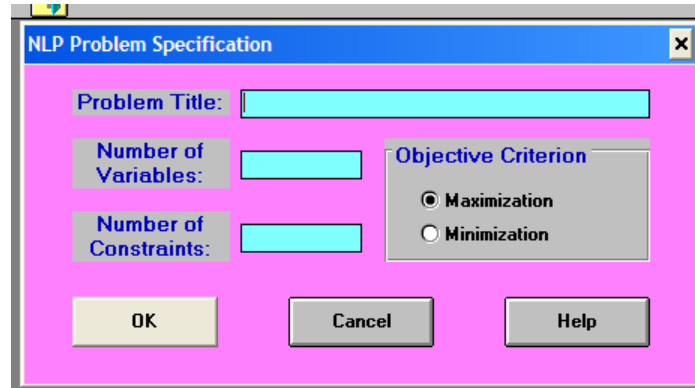
From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6
Node1		100	150		300	500
Node2	100		160	150	300	
Node3	150	160		100	260	290
Node4		150	100		240	360
Node5	300	300	260	240		200
Node6	500		290	360	200	

La solución del problema es:

09-15-2010	From Node	Connect To	Distance/Profit		From Node	Connect To	Distance/Profit
1	LA	NY	500	4	CMH	DEV	300
2	NY	DAL	360	5	DEV	HOU	160
3	DAL	CMH	240	6	HOU	LA	150
	Total	Maximal	Traveling	Distance	or Profit	=	1710
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

4.16. PROGRAMACION NO LINEAL.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla en el cual se introducirán las características de nuestro problema:



En esta ventana se pueden observar los siguientes campos para la introducción de datos:

- Numero de variables (**Number of Variables**).
- Numero de restricciones (**Number of Constraints**).
- Además de que permite seleccionar si se está trabajando con un problema de maximización o minimización.

4.16.1. EJEMPLO DE EJERCICIO DE PROGRAMACION NO LINEAL.

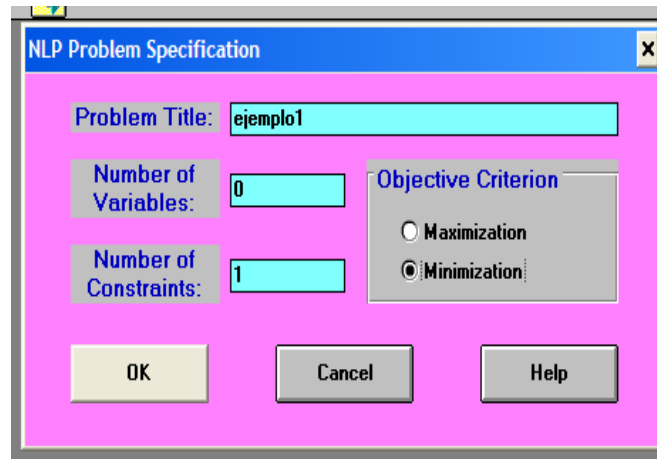
Considere el siguiente problema de programación no lineal:

Minimizar $X \sin(3.14159X)$.

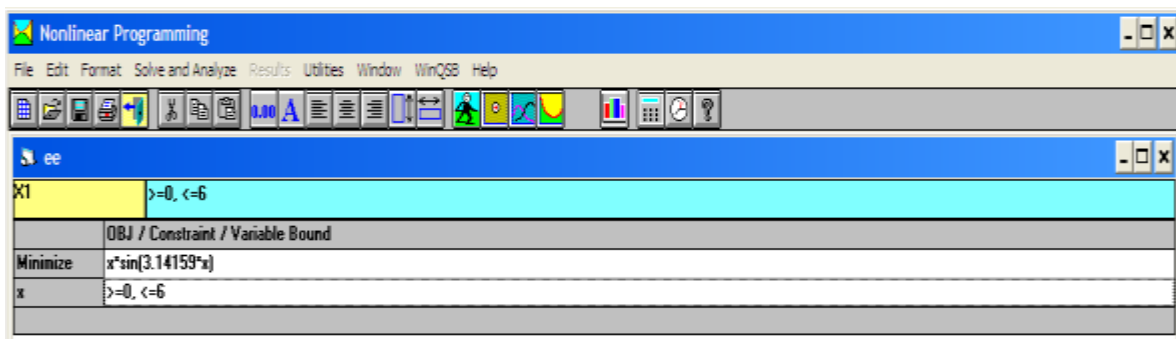
Sujeto a: $0 \leq X \leq 6$.

Como se puede apreciar en este caso tenemos solamente 1 variable y no se tienen restricciones, además de que se trata de un problema de minimización. Es de tomar en cuenta que en los casos de problemas no lineales, estos pueden tener o no tener restricciones.

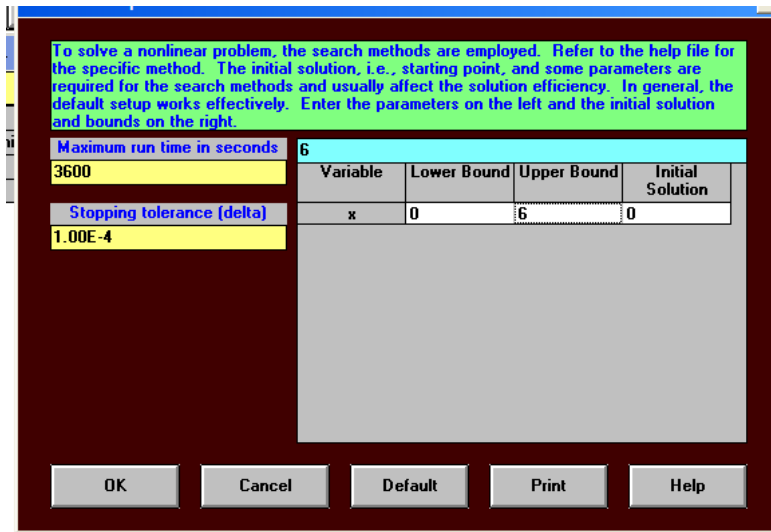
Se procede a la introducción de la información y a pulsar ok:



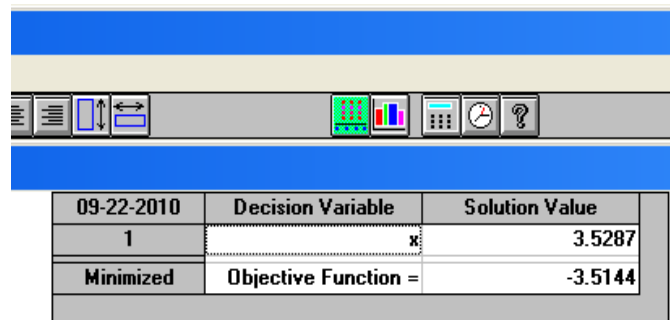
Aparecerá la siguiente tabla en donde se debe introducir la información del problema:



Es importante que el nombre de la variable que aparece a la izquierda (debajo de **Minimize**) sea el mismo que la de la función objetivo. Una vez introducida la información, se pulsa sobre el menú la opción **Solve and Analyze (Resolver y analizar)** y aparecerá la siguiente ventana:



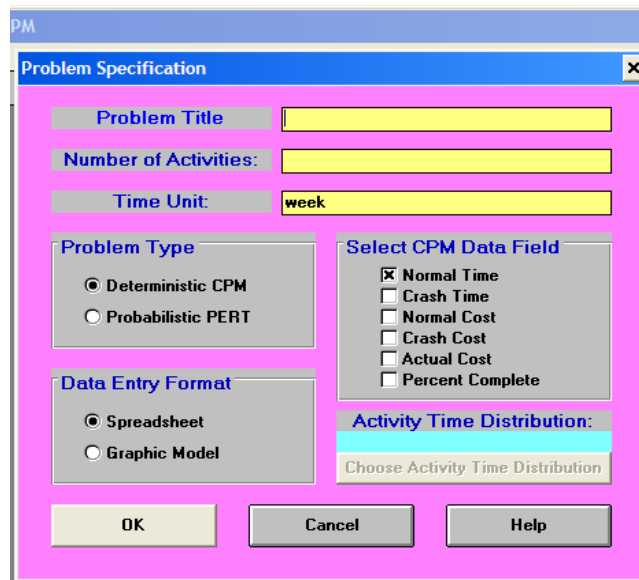
Acá simplemente se pulsa ok. Y aparecerá la solución del problema:



La solución resulta ser $X = 3.5287$ y el valor de la función objetivo es -3.5144 . Como es de suponerse, la diferencia entre este ejemplo y otros posibles casos podría ser que tengan muchas restricciones, pero los pasos a seguir serán los mismos.

4.17. PERT Y CPM.

El método de la ruta crítica, **CPM**, es una herramienta de tipo determinística para el análisis de redes de proyectos. La opción **Nuevo Problema (New Problem)** genera una plantilla en el cual se introducirá las características del problema.



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

- **Título del problema (Problem Title):** Se escribe el título con que se identifica el problema.
- **Número de actividades (Number of Activities):** Se escribe la cantidad de actividades (nodos) presentes en la red del proyecto.
- **Unidad de tiempo (Time Unit):** En este campo se especifica la unidad de tiempo trabajada en la red (Ejemplo: hora, día, mes, año...).
- **Tipo de problema (Problem Type):** Los problemas representados por redes de proyectos pueden ser analizados mediante dos métodos: **CPM Determinístico (Deterministic CPM)** y **PERT Probabilístico (Probabilistic PERT)**.
- **Formato de entrada de datos (Data Entry Format):** Permite elegir entre dos plantillas distintas para introducir los datos del modelo al programa. La primera alternativa se

asemeja a una hoja de cálculo, mientras que la segunda, permite diseñar las redes en modo gráfico.

- **Campos de datos seleccionados para el CPM (Select CPM Data Field):** Esta área que aparece cuando se pulsa en la opción **CPM Determinístico (Deterministic CPM)** permitiendo seleccionar las variables de análisis que desarrollará el programa para el estudio de este tipo de redes:

- **Tiempo normal (Normal Time):** En este campo se especifica el tiempo normal de cada actividad.

- **Tiempo de quiebre (Crash Time):** Tiempo mínimo en el cual se podría reducir una actividad.

- **Costo normal (Normal Cost):** Costo de realizar una actividad ejecutada en un tiempo normal. (Este costo es presupuestado)

- **Costo de quiebre (Crash Cost):** Costo incurrido al realizar una actividad en su tiempo de quiebre o crítico.

- **Costo actual (Actual Cost):** Costo de una actividad real.

- **Porcentaje completo (Percent Complete):** Permite realizar un análisis de costos y tiempos de forma parcial (o la totalidad) a un proyecto que ha sido ejecutado.

- **Distribución del tiempo de cada actividad (Activity Time Distribution):** Esta opción se activa cuando se pulsa sobre la opción **PERT Probabilístico (Probabilistic PERT)**. El método **PERT** trabaja bajo incertidumbre, donde los tiempos de la actividad tienen posibilidad de variar de acuerdo a una distribución probabilística. Al pulsar sobre el botón **Escoger distribución del tiempo de cada actividad (Choose Activity Time Distribution)**, se desplegará una nueva ventana con diferentes distribuciones probabilísticas.

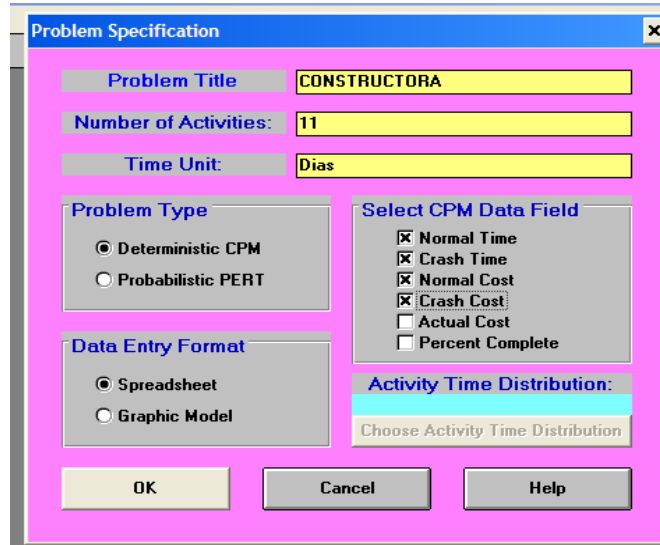
Para escoger una distribución, simplemente se selecciona la más adecuada y se oprime el botón **OK**.

4.17.1. EJEMPLO DE CPM.

La empresa CONSTRUCTORA S.A. programó las siguientes actividades para la construcción de una calle en concreto asfáltico. Construya una red de proyectos.

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	Canaletas	3	6	3	1500	2700
7	Pegante	5,10	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 asfalto	9	2	1	900	1300

Se Procede a llenar la ventana **Especificaciones del problema (Problem Specification)** con los datos del ejercicio.



Se marcan todas las opciones disponibles para **CPM** (excepto los dos últimos) con el fin de realizar un análisis integral. La ventana siguiente permite ingresar la información disponible de cada actividad:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	Excavacion		15	10	1000	1200
2	Sub-base	1	7	6	3000	3500
3	Compactacion	2	2	2	700	700
4	Base	3	4	2	1200	2400
5	Compactacion	4	1	1	700	700
6	Canaletas	3	6	3	1500	2700
7	Pegantes	5,10	1	1	1100	1100
8	Capa asfalto	7,6	3	2	4700	5200
9	Compactacion	8	1	1	800	800
10	Pruebas-base	5	2	1	400	1100
11	Pruebas-asfalt	9	2	1	900	1300

Los puntos que aparecen en esta zona son:

Número de la actividad (Activity Number): Número consecutivo de actividades.

Nombre de la actividad (Activity Name): WINQSB predefine los nombres de las actividades con letras (se cambiaron a los nombres dados por el ejercicio).

Predecesores (Immediate Predecessor): Se especifica el predecesor de cada actividad. Puede ser por el nombre de la actividad o por el número de la misma. En el caso de que no exista predecesor se debe dejar el espacio en blanco.

Tiempos normales y de quiebre (Normal Time – Crash Time): Tiempos normales y mínimos estimados por actividad.

Costos normales y de quiebre (Normal Cost – Crash Cost): Costos normales y de quiebre para cada actividad.

En el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)** se pulsa sobre **Resolver ruta crítica usando tiempos normales (Solve Critical Path Using Normal Time** o si fuera el caso, **Solve Critical Path Using Crash Time**). El proceso que se sigue es el mismo.

La nueva ventana muestra cuales son las actividades críticas de la red. En la columna **Sobre la ruta crítica (On Critical Path)** las actividades críticas dicen **Yes**.

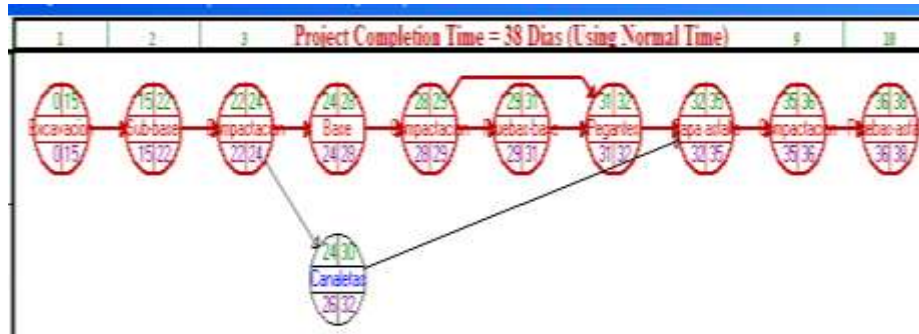
ACTORA (Using Normal Time)

09-15-2010 16:17:51	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	Excavacion	Yes	15	0	15	0	15	0
2	Sub-base	Yes	7	15	22	15	22	0
3	Compactacion	Yes	2	22	24	22	24	0
4	Base	Yes	4	24	28	24	28	0
5	Compactacion	Yes	1	28	29	28	29	0
6	Canaletas	no	6	24	30	26	32	2
7	Pegantes	Yes	1	31	32	31	32	0
8	Capa asfalto	Yes	3	32	35	32	35	0
9	Compactacion	Yes	1	35	36	35	36	0
10	Pruebas-base	Yes	2	29	31	29	31	0
11	Pruebas-asfalto	Yes	2	36	38	36	38	0
	Project Completion Time		=	38	Dias			
	Total Cost of Project		=	\$16,000	(Cost on CP =	\$14,500)		
	Number of Critical Path(s)		=	2				

Aparecen los **tiempos más proximos de inicio y finalización (Earliest Start y Earliest Finish)**, junto a los **tiempos tardíos (Latest Start y Latest Finish)**. En la última columna se tienen los **tiempos de holgura (Slack)**. En las tres últimas filas aparecen el **tiempo de duración total del proyecto (Project Completion Time)**, el **costo total del proyecto (Total Cost of Project)** y el **número de rutas críticas (Number of Critical Path)**.

En el ejemplo la duración total es de 38 días, el costo de \$ 16.000 (el costo de la ruta crítica es de \$14.500) y existen dos rutas críticas.

Se puede también observar la ruta crítica en modo gráfico, pulsando sobre el menú **Resultados (Results)** y en **análisis de la actividad gráfica (Graphic Activity Analysis)**:

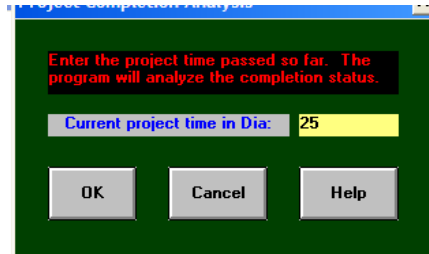


Al pulsar sobre el menú **Resultados (Results)** y en **Mostrar ruta crítica (Show Critical Path)** aparecerán solo las actividades pertenecientes a la ruta crítica:

09-15-2010	Critical Path 1	Critical Path 2
1	Excavacion	Excavacion
2	Sub-base	Sub-base
3	Compactacion	Compactacion
4	Base	Base
5	Compactacion	Compactacion
6	Pegantes	Pruebas-base
7	Capa asfalto	Pegantes
8	Compactacion	Capa asfalto
9	Pruebas-asfalto	Compactacion
10		Pruebas-asfalto
Completion Time	38	38

Mediante la opción **Análisis del estado del proyecto (Project Completion Analysis)** ubicado en el menú **Resultados (Results)** se puede analizar las actividades que debieron ser ejecutadas (o que se encuentran en marcha) una vez pasado cierto periodo de tiempo.

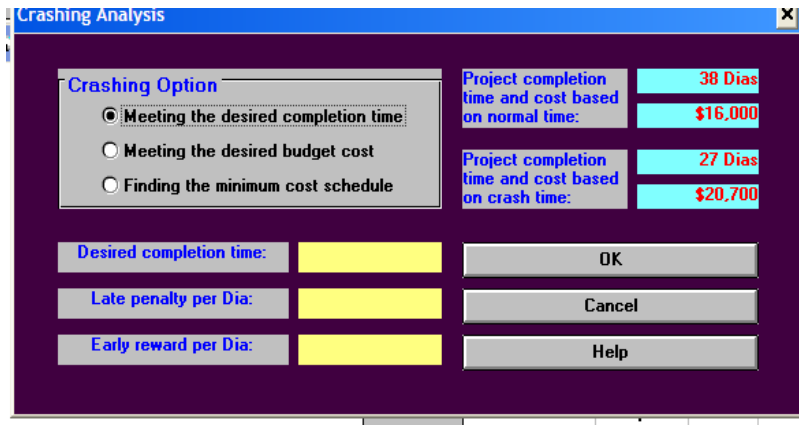
En la casilla **Día actual de ejecución del proyecto (Current Project Time in Día)**, ingrese el día a analizar sobre el proyecto. Para el ejemplo se escribe 25 y se pulsa **OK**:



09-15-2010 16:26:19	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Latest Start	Latest Finish	Planned % Completion
1	Excavacion	Yes	15	0	15	100
2	Sub-base	Yes	7	15	22	100
3	Compactacion	Yes	2	22	24	100
4	Base	Yes	4	24	28	25
5	Compactacion	Yes	1	28	29	0
6	Canaletas	no	6	26	32	0
7	Pegantes	Yes	1	31	32	0
8	Capa asfalto	Yes	3	32	35	0
9	Compactacion	Yes	1	35	36	0
10	Pruebas-base	Yes	2	29	31	0
11	Pruebas-asfalto	Yes	2	36	38	0
	Overall	Project:		0	38	65.7895

En la columna ubicada al final se encuentra el **Porcentaje de ejecución** de cada actividad (**Planned % Completion**). Puede analizar que hasta el día 25 de ejecución del proyecto las actividades 1, 2 y 3 deben estar terminadas (100%), y la actividad 4 estará completada en un 25%. La ejecución total del proyecto es de 65,7895%.

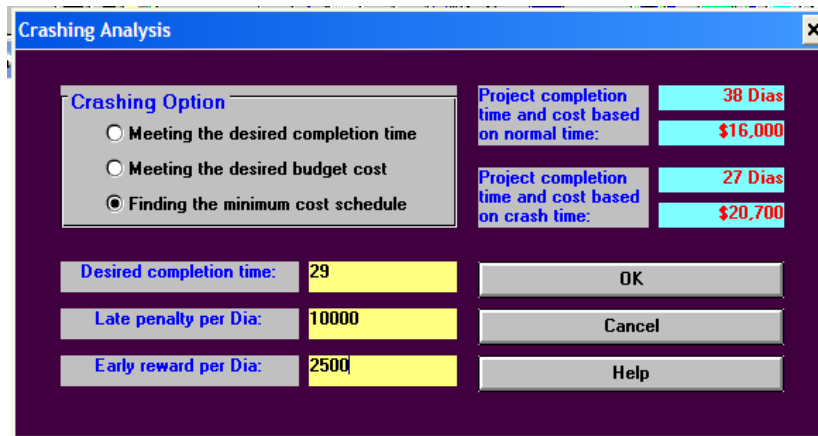
También se pueden realizar análisis de costos sobre proyectos. Para activar esta opción pulsemos sobre el menú **Resultados (Results)** y **Análisis de desempeño (Perform Crashing Analysis)**:



Existen tres opciones para el análisis:

- **Conociendo el tiempo de terminación deseado (Meeting the Desired Completion Time):** Se puede fijar el **Tiempo deseado de duración del proyecto (Desired Completion Time)**, constituir una **Multa por retraso (Late Penalty per Día)** y una recompensa en caso de terminar antes de lo fijado (**Early Reward per Día**).
- **Conociendo el costo presupuestado deseado (Meeting the Desired Budget Cost):** Permite establecer el tiempo de las actividades (entre el tiempo normal y quiebre) que deben modificarse para alcanzar el **Costo deseado presupuestado (Desired Budget Cost)**.
- **Encontrando la programación para el mínimo costo (Finding the Minimum Cost Schedule):** Constituye el tiempo de las actividades que permiten encontrar el mínimo costo.

Por ejemplo, se desea ejecutar el proyecto en 29 días, sabiendo que si se termina antes se recibirán \$2.500 por día y si se termina después, una multa de \$10.000 por día.



Se genera una tabla que muestra el tiempo ideal en que se deben ejecutar las actividades, aprovechando la recompensa por terminar unos días antes de lo presupuestado:

09-15-2010 16:39:33	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	Excavacion	Yes	15	10	10	\$200	\$1,000	\$1,200
2	Sub-base	Yes	7	6	6	\$500	\$3,000	\$3,500
3	Compactacion	Yes	2	2	2	0	\$700	\$700
4	Base	Yes	4	2	2	\$1,200	\$1,200	\$2,400
5	Compactacion	Yes	1	1	1	0	\$700	\$700
6	Canaletas	Yes	6	3	5	\$400	\$1,500	\$1,900
7	Pegantes	Yes	1	1	1	0	\$1,100	\$1,100
8	Capa asfalto	Yes	3	2	2	\$500	\$4,700	\$5,200
9	Compactacion	Yes	1	1	1	0	\$800	\$800
10	Pruebas-base	Yes	2	1	1	\$700	\$400	\$1,100
11	Pruebas-asfalto	Yes	2	1	1	\$400	\$900	\$1,300
	Early	Reward:						(\$5,000)
	Overall	Project:			27	\$3,900	\$16,000	\$14,900

Se debe terminar el proyecto en 27 días para restar \$5.000 a los costos por los dos días ahorrados.

4.17.2. EJEMPLO DE PERT.

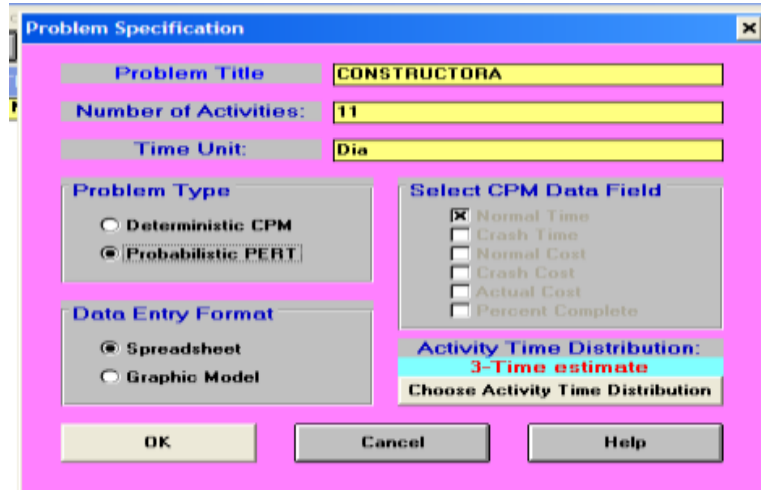
Para mostrar el funcionamiento de esta opción se modificara el ejemplo inicial para trabajar con tiempos normales, optimistas y pesimistas para cada actividad (**3 time estimate**).

La empresa CONSTRUCTORA S.A. programó las siguientes actividades para la construcción de una calle en concreto asfáltico.

No.	ACTIVIDAD	PRECEDENTE	TIEMPO OPTIMISTA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO PESIMISTA
1	Excavación	-	10	15	17
2	Sub-base	1	6	7	8
3	Compactación	2	2	2	3
4	Base	3	2	4	5
5	Compactación	4	1	1	2
6	Canaletas	3	3	6	7
7	Pegante	5,10	1	1	2
8	Capa asfalto	6,7	2	3	4
9	Compactación	8	1	1	2
10	Pruebas base	5	1	2	3
11	Pruebas asfalto	9	1	2	3

Construya una red de proyectos aplicando la metodología PERT a los tiempos estimados.

Se Indica el uso de esta distribución en la ventana **Especificación del Problema (Problem Specification)**:



Al pulsar **OK** se podrán ingresar los tiempos para cada actividad:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Optimistic time (a)	Most likely time (m)	Pessimistic time (b)
1	Excavacion		10	15	17
2	Sub-base	1	6	7	8
3	compactacion	2	2	2	3
4	Base	3	2	4	5
5	compactacion	4	1	1	2
6	Canaletas	3	3	6	7
7	Pegantes	5,10	1	1	2
8	Capa asfalto	6,7	2	3	4
9	compactacion	8	1	1	2
10	Pruebas-base	5	1	2	3
11	Pruebas-asfalto	9	1	2	3

Los puntos que aparecen en esta zona son:

- **Número de la actividad (Activity Number):** Número consecutivo de actividades.
- **Nombre de la actividad (Activity Name):** WINQSB predefine los nombres de las actividades con letras (se cambiaron a los nombres dados por el ejercicio).
- **Predecesores (Immediate Predecessor):** Se especifica el predecesor de cada actividad. Puede ser por el nombre de la actividad o por el número de la misma. En el caso de que no exista predecesor se debe dejar el espacio en blanco.
- **Tiempos optimistas, normales y pesimistas (Optimistic Time - a, Most Likely Time - m y Pessimistic Time - b):** Tiempos normales, pesimistas y optimistas.

En el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)** se pulsa sobre **Resolver ruta critica (Solve Critical Path)**.

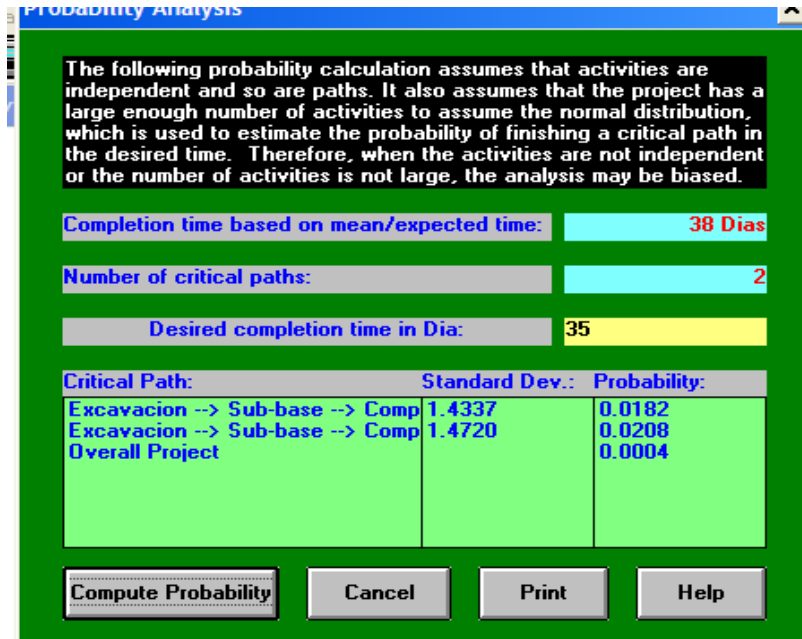
09-16-2010 09:47:57	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	Excavacion	Yes	14.5	0	14.5	0	14.5	0	3-Time estimate	1.1667
2	Sub-base	Yes	7	14.5	21.5	14.5	21.5	0	3-Time estimate	0.3333
3	Compactacion	Yes	2.1667	21.5	23.6667	21.5	23.6667	0	3-Time estimate	0.1667
4	Base	Yes	3.8333	23.6667	27.5	23.6667	27.5	0	3-Time estimate	0.5
5	Compactacion	Yes	1.1667	27.5	28.6667	27.5	28.6667	0	3-Time estimate	0.1667
6	Canaletas	no	5.6667	23.6667	29.3333	26.1667	31.8333	2.5	3-Time estimate	0.6667
7	Pegantes	Yes	1.1667	30.6667	31.8333	30.6667	31.8333	0	3-Time estimate	0.1667
8	Capa asfalto	Yes	3	31.8333	34.8333	31.8333	34.8333	0	3-Time estimate	0.3333
9	Compactacion	Yes	1.1667	34.8333	36	34.8333	36	0	3-Time estimate	0.1667
10	Pruebas-base	Yes	2	28.6667	30.6667	28.6667	30.6667	0	3-Time estimate	0.3333
11	Pruebas-asfalto	Yes	2	36	38	36	38	0	3-Time estimate	0.3333
	Project	Completion	Time	=	38	Dias				
	Number of	Critical	Path(s)	=	2					

La cuarta columna (**Activity Mean Time**) muestra la duración promedio de cada actividad obtenidos mediante la siguiente fórmula:

Siguen los **tiempos más próximos de inicio y finalización (Earliest Start y Earliest Finish)**, junto a los **tiempos tardíos (Latest Start y Latest Finish)** y los **tiempos de holgura (Slack)**. La última columna representa la desviación estándar para cada actividad:

Para determinar la probabilidad de cumplimiento de un proyecto, se pulsa sobre el menú **Resultados (Results)** y en **Análisis Probabilístico (Performance Probability Analysis)**, se podrá determinar.

¿Cuál es la probabilidad de concluir el proyecto en 35 días? Entonces simplemente se escribe 35 en la casilla **Tiempo deseado de ejecución (Desired Completion Time in Día)** y luego se presiona el botón **Compute Probability**:



La probabilidad se calcula para las dos rutas críticas presentes en el proyecto: 1.8209% y 2.0779%. Existe entonces una probabilidad del 1.8209% de terminar el proyecto en 35 días.

4.18. PROGRAMACION CUADRATICA.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla en el cual se introducirán las características de nuestro problema:

The image shows a dialog box titled "QP-IQP Problem Specification". It has a blue title bar and a pink background. The dialog contains the following elements:

- Problem Title:** A text input field.
- Number of Variables:** A numeric input field.
- Number of Constraints:** A numeric input field.
- Objective Criterion:** Two radio buttons: "Maximization" (selected) and "Minimization".
- Default Variable Type:** Four radio buttons: "Nonnegative continuous" (selected), "Nonnegative integer", "Binary (0,1)", and "Unsigned/unrestricted".
- Data Entry Format:** Two radio buttons: "Spreadsheet Matrix Form" (selected) and "Normal Model Form".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

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

- **Título del problema (Problem Title):** Se escribe el título con que se identifica 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 cuadrática 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.

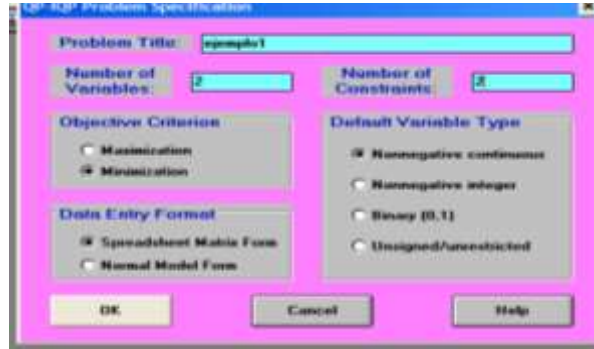
4.18.1. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACION CUADRATICA.

$$\text{Minimizar } Z = X_1^2 + X_2^2$$

$$\text{Con las condiciones } X_1 - X_2 = 3$$

$$X_2 \geq 3$$

En este caso se tiene un sistema de minimización, compuesto de 2 variables cuadráticas y 2 restricciones, con lo cual se procede a introducir los datos en la plantilla inicial:



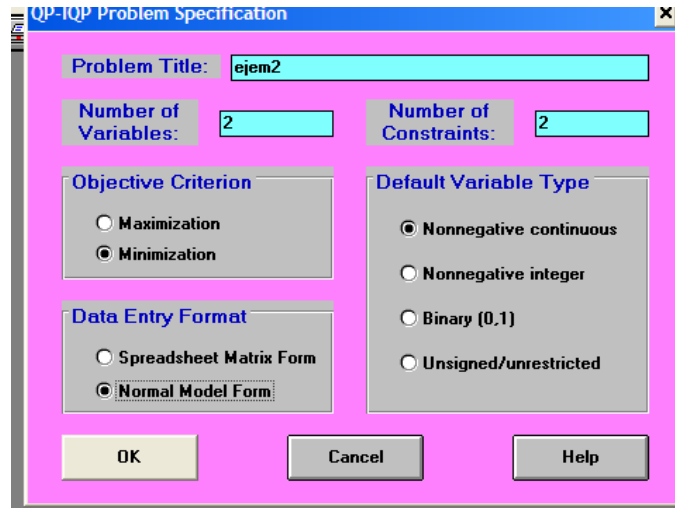
Una vez introducida la información básica del problema, se pulsa ok y aparece la tabla en donde se introducirán todos los datos del problema:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	1	1		
X1 *				
X2 *				
C1	1	-1	=	3
C2		1	>=	3
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

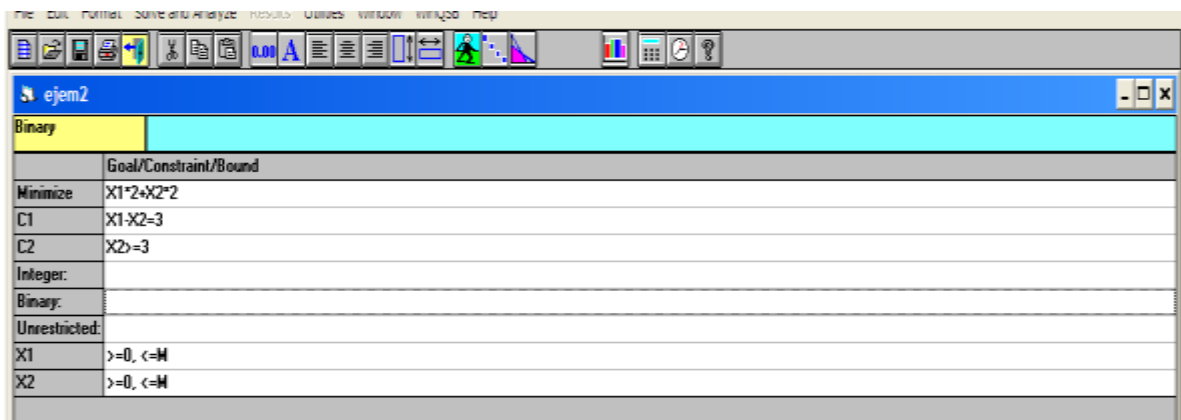
En este punto se selecciona la opción **solve the problem** y se muestra la solución del problema, en donde se puede observar el valor de solución de las variables y la función objetivo:

21:29:39		Wednesday		September	22	2010		
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Dual Slack	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	6.00	1.00	6.00	0	basic	0	M
2	X2	3.00	1.00	3.00	0	basic	-1.00	M
Objective Function		(Min.) =	9.00					
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	3.00	=	3.00	0	0	3.00	M
2	C2	3.00	>=	3.00	0	2.00	0	M

Otra forma de introducir los datos, es utilizando la forma natural del problema, es decir no utilizando la opción matricial sino la forma normal del modelo. Para ello se debe seleccionar desde la plantilla inicial del programa:



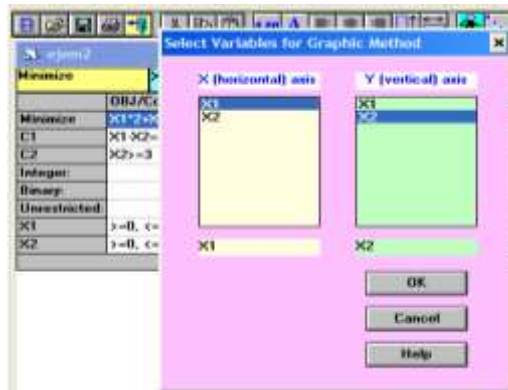
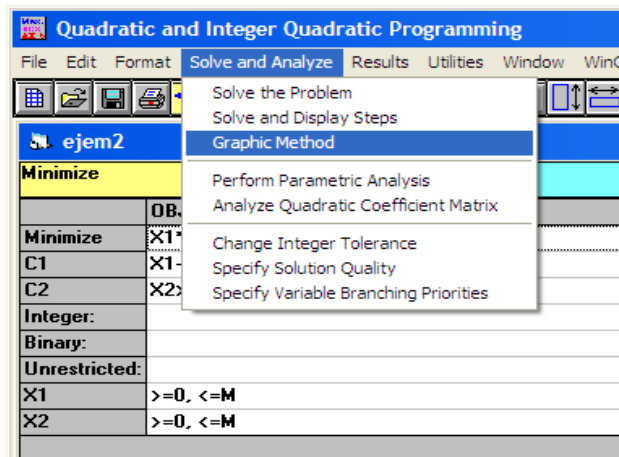
La diferencia consiste en la forma de introducir la información al programa:



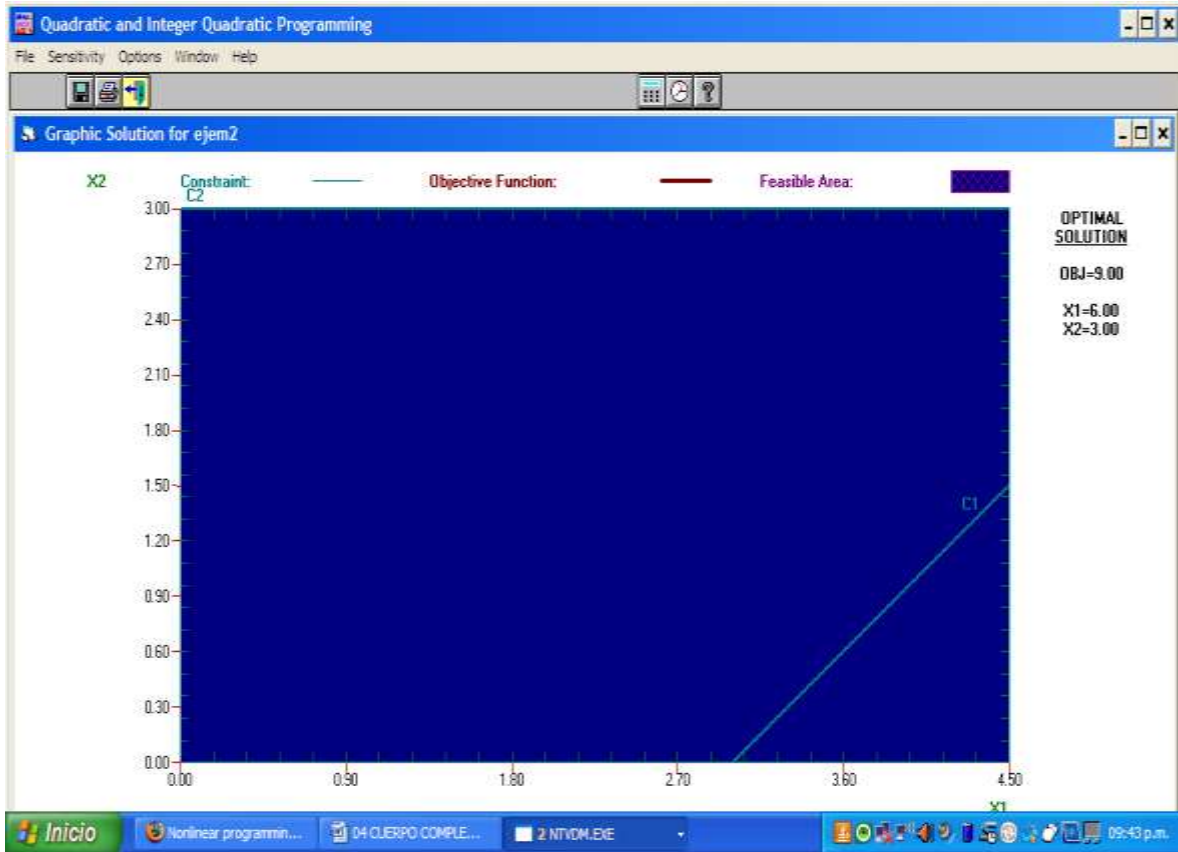
El resultado no se ve alterado tal y como se puede apreciar:

21:39:32 Wednesday September 22 2010								
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Dual Slack	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	6.00	1.00	6.00	0	basic	0	M
2	X2	3.00	1.00	3.00	0	basic	-1.00	M
	Objective	Function	(Min.) =	9.00				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	3.00	=	3.00	0	0	3.00	M
2	C2	3.00	>=	3.00	0	2.00	0	M

El problema se puede resolver utilizando también el método grafico:



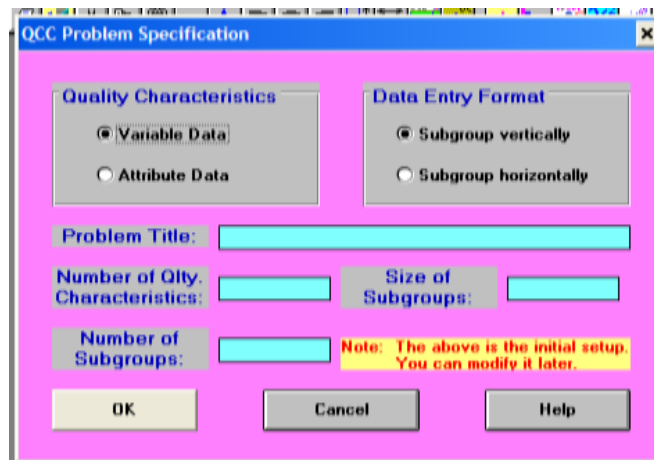
Después de pulsar la opción ok, se obtiene el respectivo grafico:



Donde tal y como se puede apreciar, el resultado sigue siendo el mismo.

4.19. CARTAS DE CONTROL DE CALIDAD.

La opción Nuevo Problema (**New Problem**) genera una plantilla en el cual se introducirán las características del problema:



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

- **Características de calidad (Quality Characteristics):** Se puede seleccionar entre dos tipos de características de calidad a analizar que pueden ser variables o atributos.
- **Formato de entrada de los datos (Data entry format):** Se refiere al formato en que se desea introducir los datos del problema que puede ser de forma vertical u horizontal.
- **Número de características de calidad (Number of Qty Characteristics):** Se define el número de aspectos o características de calidad que se desean analizar.
- **Tamaño de subgrupos (Size of Subgroups):** Se define el tamaño de los subgrupos, es decir del número de elementos que componen cada subgrupo.
- **Numero de subgrupos (Number of Subgroups):** Se define cuantos subgrupos tiene el problema a analizar.

4.19.1. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS USANDO UN GRAFICO C.

Pure and White, un fabricante de papel para copadoras supervisa su producción mediante una gráfica c. El papel se produce en grandes rollos de 3.6 metros de longitud y 1.8 metros de diámetro. Se toma una muestra de cada rollo terminado, $n=1$, y se revisa en el laboratorio de no conformidades.

Las no conformidades se han identificado como decoloraciones, grosor inconsistente de papel, manchas de suciedad en el papel, contenido de humedad y capacidad para retener la tinta. Todas estas no conformidades tienen la misma importancia en la gráfica c. La muestra se puede tomar de cualquier parte del rollo, por lo que el área de oportunidad para estas no conformidades es amplia, aunque la calidad general del papel propicia solo una pequeña oportunidad para que una no conformidad en particular ocurra en cualquier lugar.

Subgrupo	n	Subgrupo	n
1	10	11	12
2	11	12	7
3	12	13	10
4	10	14	11
5	9	15	10
6	22	16	12
7	8	17	9
8	10	18	10
9	11	19	8
10	9	20	9

Como se puede observar en la tabla anterior, se trata solamente de una característica de calidad que para este caso es llamada producto no conforme lo cual es un atributo, también se observan 20 subgrupos y que cada subgrupo tiene solo 1 elemento.

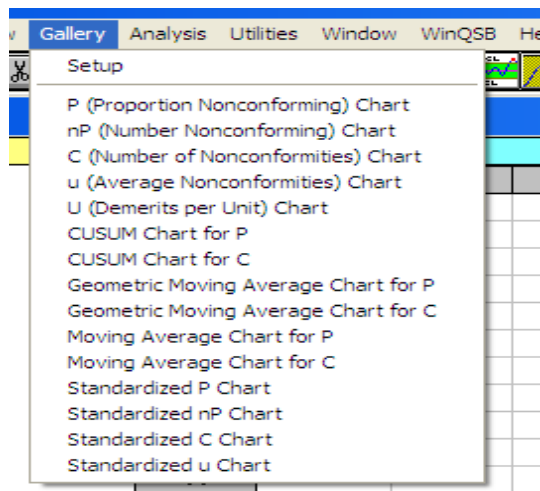
Conociendo esto, se procede a introducir la información básica en la plantilla inicial del programa:

Una vez introducidos los datos iniciales se pulsa ok y se introducen los datos del problema:

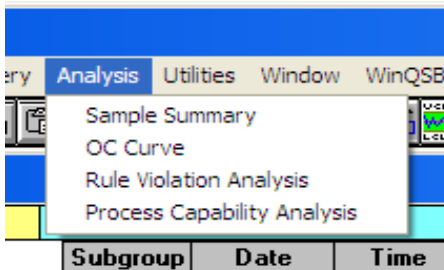
Subgroup	Date	Time	Size	Characteristic 1	Disabled	Cause	Action	Comment
1			1	10				
2			1	11				
3			1	12				
4			1	10				
5			1	9				
6			1	22				
7			1	8				
8			1	10				
9			1	11				
10			1	9				
11			1	12				
12			1	7				
13			1	10				
14			1	11				
15			1	10				
16			1	12				
17			1	9				
18			1	10				
19			1	8				
20			1	9				

Cuando esta la información correctamente introducida en el programa se tienen muchas posibilidades de trabajo las cuales son:

La opción **Gallery** del menú principal del programa, permite seleccionar entre diferentes tipos de gráficos. Es en esta opción en donde se especifica el tipo de gráfico que se desea analizar el cual para este caso es un gráfico C.

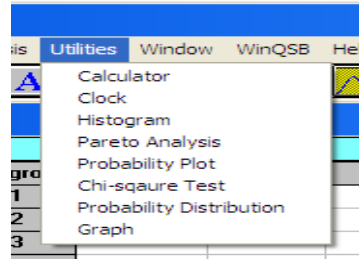


La opción **Analysis**, permite seleccionar entre 4 diferentes tipos de análisis que se pueden realizar con la información que se ha introducido, entre estas opciones están:



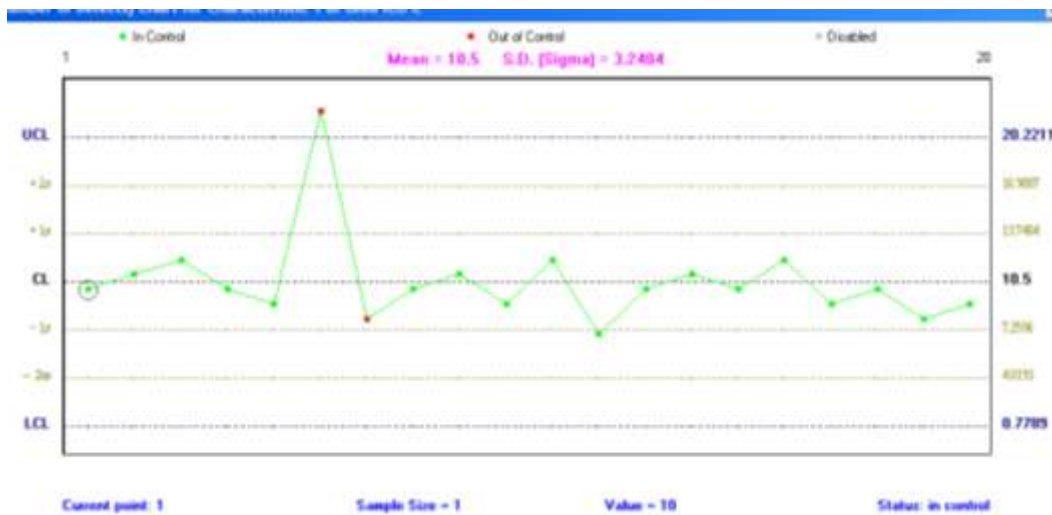
- **Resumen de resultados (Sample Summary).**
- **Curva OC (OC Curve).**
- **Análisis de puntos fuera de control (Rule Violation Analysis)**
- **Análisis de capacidad de procesos (Process Capability Analysis)**

La opción **Utilities** permite seleccionar entre diferentes herramientas las cuales son:



- Calculadora
- Reloj
- Histograma
- Diagrama de pareto
- Grafico de probabilidades
- Preuba Chi-cuadrada
- Distribucion de probabilidad
- Opcion de grafica

Ahora se solucionara el problema objeto de estudio. Una vez digitados todos los datos, se selecciona la opcion para realizar un grafico C y se obtiene el siguiente resultado:



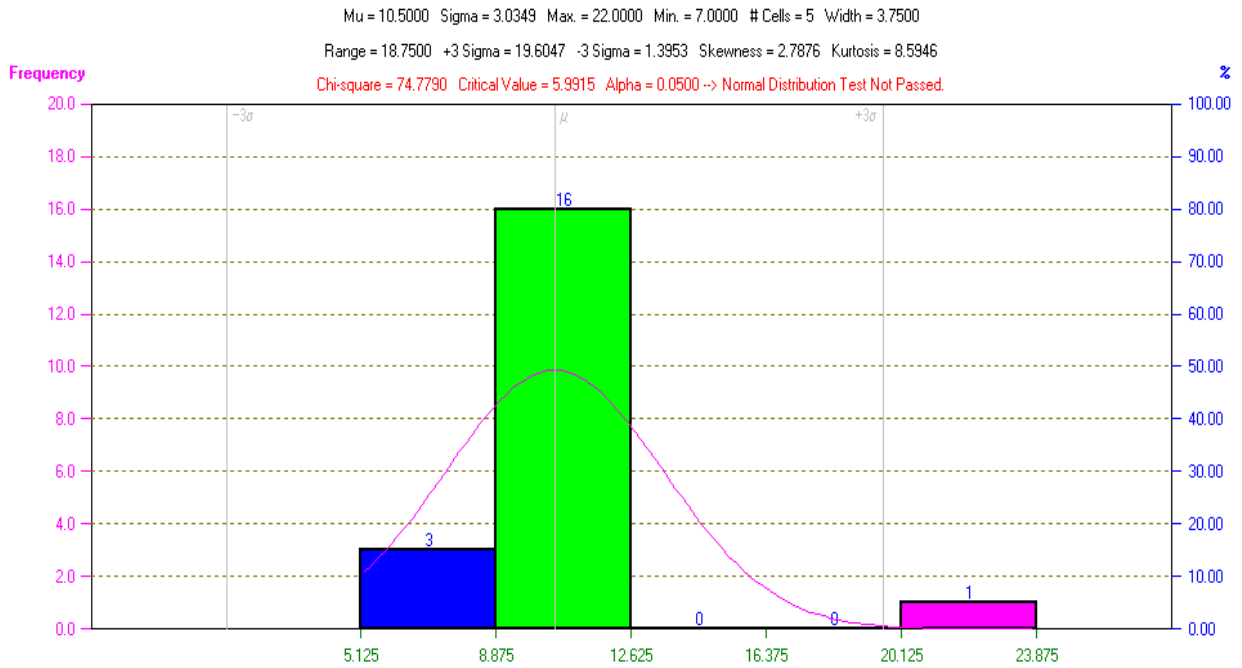
En el grafico se observan los límites inferior y superior, el límite central y cada punto graficado.

Se puede observar que existen 2 puntos fuera de control, para poder saber cuáles son, se selecciona la opción **Análisis de puntos fuera de control (Rule Violation Analysis)** del menú **analysis** y se obtiene la siguiente tabla:

	10:47:47		09-23-2010
Sample	Value	Status	Rule Violation
1	10.0000	In control	No rule violated
2	11.0000	In control	No rule violated
3	12.0000	In control	No rule violated
4	10.0000	In control	No rule violated
5	9.0000	In control	No rule violated
6	22.0000	Not in control	1
7	8.0000	Not in control	14
8	10.0000	In control	No rule violated
9	11.0000	In control	No rule violated
10	9.0000	In control	No rule violated
11	12.0000	In control	No rule violated
12	7.0000	In control	No rule violated
13	10.0000	In control	No rule violated
14	11.0000	In control	No rule violated
15	10.0000	In control	No rule violated
16	12.0000	In control	No rule violated
17	9.0000	In control	No rule violated
18	10.0000	In control	No rule violated
19	8.0000	In control	No rule violated
20	9.0000	In control	No rule violated

En esta tabla se observa claramente que los puntos 6 y 7 son los que están fuera de control.

Se puede realizar también un histograma, seleccionando la opción **Histogram** del menú **Utilities**.



En este grafico se puede observar que según los datos introducidos del problema, este no ha aprobado el examen de distribución normal realizado de forma automática por el programa.

Se puede apreciar que independientemente de que tipo de grafico se desee realizar, la introducción de la información es de la misma manera, exceptuando el caso de la plantilla inicial que puede variar dependiendo de cuantos subgrupos se trabajen, el numero de características de calidad analizadas, el tamaño de los subgrupos y si se trata de variables o atributos.

4.20. SISTEMAS DE COLAS.

Un primer paso consiste, como en todos los modelos, en la especificación del problema mediante la cual se establecerá si el modelo a tratar es un M/M/S (**Simple M/M System**) o un modelo general (**General Queuing System**).

Se supondrá por ahora un modelo M/M/S. Lo que sigue es el ingreso de los datos de acuerdo con las especificaciones de la ventana.

Data Description	ENTRY
Number of servers	
Service rate (per server per Horas)	
Customer arrival rate (per Horas)	
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per Horas	
Idle server cost per Horas	
Customer waiting cost per Horas	
Customer being served cost per Horas	
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

La ventana anterior consta de:

- **Numero de servidores (Number of Servers)**
- **Tasa de servicio (Service Rate)**
- **Tasa de llegada de clientes (Customer Arrival Rate)**
- **Capacidad de la cola (Queue Capacity)**
- **Tamaño de la población de clientes (Customer Population)**
- **Costo del servidor ocupado (Busy Server Cost per Hour)**
- **Costo del servidor desocupado (Idle Server Cost per Hour)**
- **Costo de espera de los clientes (Customer Waiting Cost per Hour)**
- **Costo de los clientes siendo servidos (Customer Being Served Cost per Hour)**
- **Costo de los clientes siendo despachados (Cost of Customer Being Balked)**
- **Costo de la unidad de capacidad de la cola (Unit Queue Capacity Cost)**

4.20.1. EJEMPLO DE SISTEMAS DE COLAS.

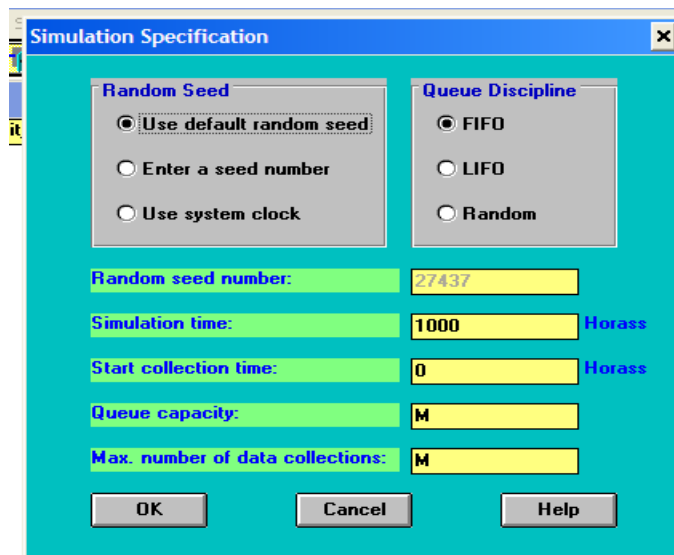
Se Debe recordar que las letras **M** indican un valor infinito o muy grande

Data Description	ENTRY
Number of servers	2
Service rate (per server per Horas)	15
Customer arrival rate (per Horas)	20
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per Horas	150
Idle server cost per Horas	150
Customer waiting cost per Horas	200
Customer being served cost per Horas	200
Cost of customer being balked	150
Unit queue capacity cost	pesos

Una de las posibilidades de solución es calcular las tradicionales medidas de desempeño (medidas de efectividad), que proporciona el tablero siguiente:

09-20-2010	Performance Measure	Result
1	System: M/M/2	From Formula
2	Customer arrival rate (λ) per Horas =	20.0000
3	Service rate per server (μ) per Horas =	15.0000
4	Overall system effective arrival rate per Horas =	20.0000
5	Overall system effective service rate per Horas =	20.0000
6	Overall system utilization =	66.6667 %
7	Average number of customers in the system (L) =	2.4000
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	1.0667
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	2.0000
10	Average time customer spends in the system (W) =	0.1200 Horass
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.0533 Horass
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0.1000 Horass
13	The probability that all servers are idle (Po) =	20.0000 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	53.3333 %
15	Average number of customers being balked per Horas =	0
16	Total cost of busy server per Horas =	\$200.0000
17	Total cost of idle server per Horas =	\$100.0000
18	Total cost of customer waiting per Horas =	\$213.3334
19	Total cost of customer being served per Horas =	\$266.6667
20	Total cost of customer being balked per Horas =	\$0
21	Total queue space cost per Horas =	\$0
22	Total system cost per Horas =	\$780.0000

Otra opción con la que se cuenta es simular el sistema, la que inicialmente proporciona la siguiente ventana:



Usando el sistema de reloj con 1000 horas de simulación del sistema de colas.

The screenshot shows a simulation window with a green background and a grey border. A grey dialog box in the center says "Simulating...". Below it is a pink progress bar and a "Start collection" button. A red text box at the bottom says "Press the 'Q' key to quit the simulation if you wish. The program will retain the result up to the moment." To the right is a table for data entry:

Data Description	ENTRY
Number of servers	2
Service rate (per server per Hora)	15
	20
	M
	M
	150
	150
	200
	200
	150
	pesos

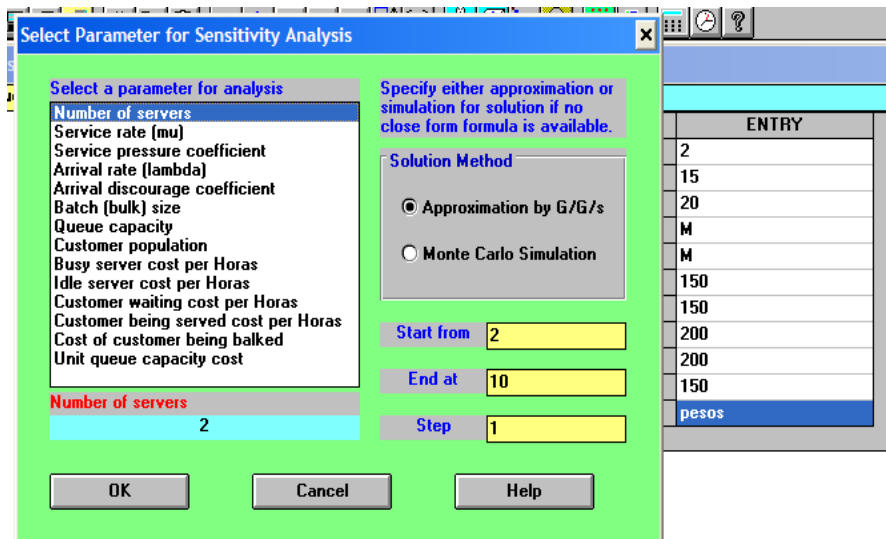
Se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

09-20-2010	Performance Measure	Result
4	Overall system effective arrival rate per Horas =	20.0440
5	Overall system effective service rate per Horas =	20.0420
6	Overall system utilization =	67.5323 %
7	Average number of customers in the system (L) =	2.5562
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	1.2055
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	2.2109
10	Average time customer spends in the system (W) =	0.1275 Horass
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.0602 Horass
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0.1103 Horass
13	The probability that all servers are idle (Po) =	19.4634 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	54.5200 %
15	Average number of customers being balked per Horas =	0
16	Total cost of busy server per Horas =	\$202.5965
17	Total cost of idle server per Horas =	\$97.4035
18	Total cost of customer waiting per Horas =	\$241.1329
19	Total cost of customer being served per Horas =	\$270.1282
20	Total cost of customer being balked per Horas =	\$0
21	Total queue space cost per Horas =	\$0
22	Total system cost per Horas =	\$811.2611
23	Simulation time in Horas =	1000.0000
24	Starting data collection time in Horas =	0
25	Number of observations collected =	20043
26	Maximum number of customers in the queue =	10
27	Total simulation CPU time in second =	5.7500

El resumen de probabilidades de encontrar n clientes en el sistema es:

09-20-2010 14:14:43	Estimated Probability of n Customers in the System	Cumulative Probability
n		
0	0.1946	0.1946
1	0.2601	0.4547
2	0.1726	0.6273
3	0.1186	0.7459
4	0.0787	0.8246
5	0.0555	0.8801
6	0.0354	0.9155
7	0.0240	0.9403
8	0.0155	0.9558
9	0.0119	0.9677
10	0.0100	0.9777
11	0.0069	0.9847
12	0.0052	0.9899
13	0.0037	0.9935
14	0.0025	0.9960
15	0.0016	0.9976
16	0.0009	0.9986
17	0.0008	0.9994
18	0.0005	0.9999
19	0.0001	1.0000
20	0.0000	1.0000

Análisis de sensibilidad a cambios en número de servidores iniciando en 2 y terminando en 10.



09-20-2010 Value	Lb	W	Wq	Wb	PO	Pw	Average Balked	Busy Server Cost	Idle Server Cost	Waiting Customer Cost	Served Customer Cost	Balked Customer Cost	Queue Capacity Cost	TOTAL COST
2	2.0000	0.1200	0.0533	0.1000	0.2000	0.5333	0	200.0000	100.0000	213.3334	266.6667	0	0	780.0000
3	0.8000	0.0739	0.0072	0.0400	0.2542	0.1808	0	200.0000	250.0000	28.9266	266.6667	0	0	745.5933
4	0.5000	0.0680	0.0013	0.0250	0.2621	0.0518	0	200.0000	400.0000	5.1780	266.6667	0	0	871.8447
5	0.3636	0.0669	0.0002	0.0182	0.2634	0.0126	0	200.0000	550.0000	0.9172	266.6667	0	0	1017.5840
6	0.2857	0.0667	0.0000	0.0143	0.2636	0.0026	0	200.0000	700.0000	0.1511	266.6667	0	0	1166.8180
7	0.2353	0.0667	0.0000	0.0118	0.2636	0.0005	0	200.0000	850.0000	0.0228	266.6667	0	0	1316.6900
8	0.2000	0.0667	0.0000	0.0100	0.2636	0.0001	0	200.0000	1000.0000	0.0031	266.6667	0	0	1466.6700
9	0.1739	0.0667	0.0000	0.0087	0.2636	0.0000	0	200.0000	1150.0000	0.0004	266.6667	0	0	1616.6670
10	0.1538	0.0667	0.0000	0.0077	0.2636	0.0000	0	200.0000	1300.0000	0.0000	266.6667	0	0	1766.6670

4.21. SIMULACION DE SISTEMAS DE COLAS.

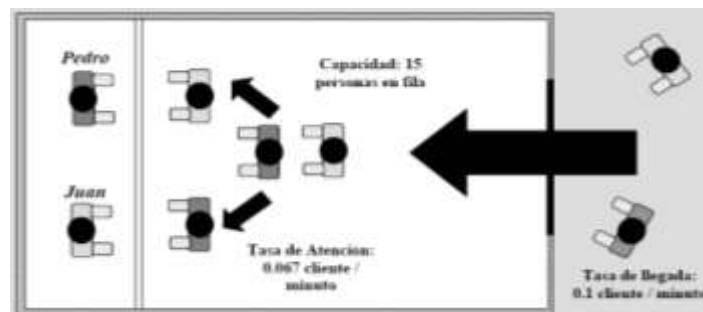
La simulación manejada por **WINQSB** permite la participación de cuatro actores dentro del ambiente simulado:

- **Tasa de llega de clientes (Customer Arriving Source).**
- **Colas (Queue).** Líneas de espera.
- **Servidores (Server):** Se especifica la cantidad de servidores en el sistema.
- **Colectores de Basura (Garbage Collector):** Indica la posibilidad que el cliente abandone el proceso sin terminarlo. Puede ser considerado como un defecto en el sistema.

Para que **Winqsb** comprenda esta designación la tasa de llegada de los consumidores, las colas, los servidores y los colectores de basura serán identificados con las letras **C, S, Q** y **G** respectivamente.

4.21.1. EJEMPLO DE SIMULACION.

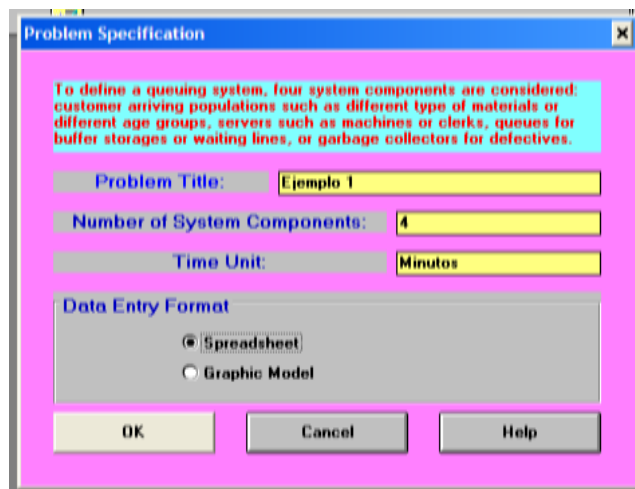
Un banco posee dos cajeros (Pedro y Juan) los cuales atienden a un cliente en un promedio de 15 minutos con una desviación de 0.01. Los clientes llegan a una tasa de uno cada 10 minutos y hacen una sola cola cuya capacidad es de máximo 15 clientes. Se considera que la llegada de los clientes se comporta de forma muy similar a una distribución tipo Poisson y los cajeros con una distribución normal. Simular con 100 minutos de tiempo el modelo anterior.



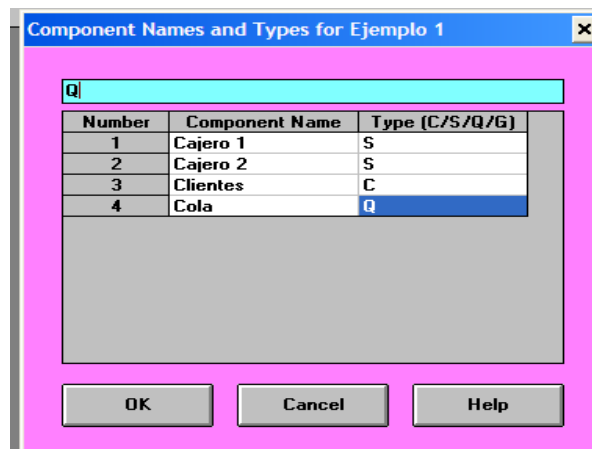
Se observa que existen tres actores principales:

- Dos cajeros, los cuales serán considerados como servidores.
- Los clientes, representados por una tasa de llegada.
- La cola o línea de espera, a donde los clientes llegan para ser atendidos.

Hay que considerar que los bancos emplean un sistema de espera de tipo **PEPS (FIFO – First In First Out)**, es decir, los primeros clientes en entrar serán los primeros en ser atendidos. Para ingresar esta información se registra la cantidad de actores participantes en la ventana **Especificaciones del Problema (Problem Specification)**.



Es recomendable darle nombres a cada uno de los actores para evitar confusiones futuras.



Los cajeros se denotan con la **S (Server)**, los clientes con la **C (Customer)** y la cola con **Q (Queue)**. Al pulsar **OK**, aparecerá una plantilla donde ingresaremos la información primaria del problema.

Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ',')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution
Cajero 1	S								
Cajero 2	S								
Cientes	C								
Cola	Q								

Se comienza llenando los datos para los cajeros. Para programarlos es necesario introducir la información de que los cajeros dependen de los clientes. Para que **Winqsb** entienda esto en la columna **Distribución de tiempos de servicio (Service Time Distribution)** se ingresa la siguiente notación:

Cientes/Normal/0.06667/0.01

La notación completa es:

Nombre predecesor/Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3

La primera corresponde a la conexión con los clientes, la segunda a la distribución de probabilidad de los servidores y los siguientes datos (parámetros) son utilizados de acuerdo a la información requerida por la distribución (por ejemplo, la distribución Normal requiere de dos parámetros: la media y la desviación).

Component Name	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1								Cientes/Normal/0.06667/0.01
Cajero 2								Cientes/Normal/0.06667/0.01
Cientes								
Cola								

Las distribuciones disponibles son:

- **Beta (Beta)**
- **Binomial (Binomial)**
- **Constante (Constant)**
- **Discreta (Discrete)**
- **Erlang (Erlang)**
- **Exponencial (Exponential)**
- **Gamma (Gamma)**
- **Hypergeométrica (Hypergeometric)**
- **Laplace (Laplace)**
- **Normal (Normal)**
- **Pareto (Pareto)**
- **Poisson (Poisson)**
- **Función de poder (Power Function)**
- **Triangular (Triangular)**
- **Uniforme (Uniform)**
- **Weibull (Weibull)**

De igual forma se deben completar los parámetros para los clientes. Lo primero es indicar la dependencia de una de las colas en la columna **Sucesor inmediato (Immediate Follower)**. Luego, en la columna **Distribución del tiempo entre llegada (Interarrival Time Distribution)** con el siguiente formato:

Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3

Para este caso, la distribución quedaría:

Poisson/0.1

Los parámetros 2 y 3 no son requeridos para esta distribución. El resultado debe lucir como sigue:

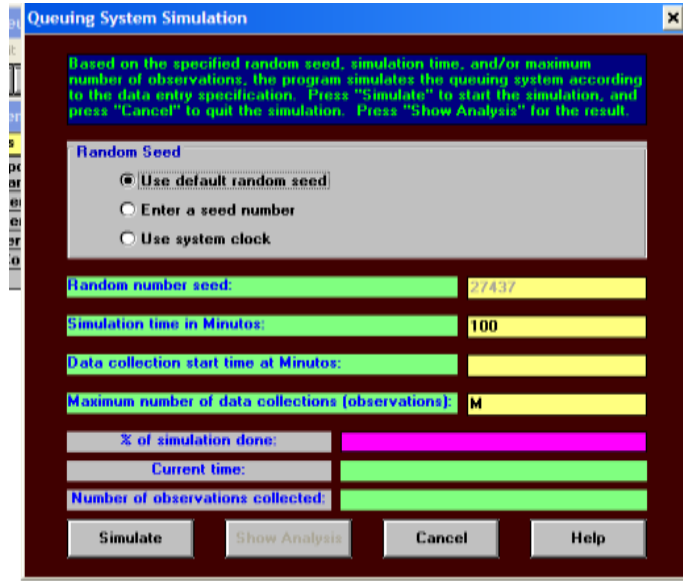
Component Name	Type /S/Q/A	Immediate Follower (Name / Prob)	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									entes/Normal/0.06667/0.01
Cajero 2	S									entes/Normal/0.06667/0.01
Cientes	C	Cola						Poisson/0.1		
Cola	Q									

La columna **Distribución de los tamaños de los lotes (Batch Size Distribution)**, indica si los clientes llegan de forma agrupada o individual. En este caso se omitirá llenar esta columna indicando que los clientes llegan de a uno al banco. Para programar la cola, se debe indicar que los dos cajeros se alimentarán de ella colocando los nombres en las casillas correspondientes a la columna **Sucesor inmediato (Immediate Follower)**.

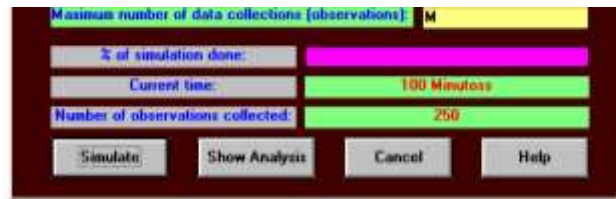
Component Name	Type /S/Q/A	Immediate Follower (Name / Prob)	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									entes/Normal/0.06667/0.01
Cajero 2	S									entes/Normal/0.06667/0.01
Cientes	C	Cola						Poisson/0.1		
Cola	Q	Cajero 1,Cajero 2			FIFO	15				

En **Disciplina de la cola (Queue Discipline)** se marca **FIFO** y en **Capacidad de la cola (Queue Capacity)** su capacidad (máximo 15 personas en espera).

Para resolver el problema se pulsa sobre **Realizar simulación (Perform Simulation)** en el menú **Resolver y analizar (Solve and Analyze)**. En la nueva ventana se indica la cantidad de minutos a simular y qué tipo de base (**seed**) para la generación de números aleatorios.



Se Pulsa en el botón **SIMULATE**. **Winqsb** tomará el tiempo y mostrará las observaciones recolectadas durante ese tiempo:



El botón **SHOW ANALYSIS** mostrará los resultados de la simulación.

09-21-2010	Result	Cientes
1	Total Number of Arrival	1123
2	Total Number of Balking	260
3	Average Number in the System (L)	2.2251
4	Maximum Number in the System	17
5	Current Number in the System	1
6	Number Finished	871
7	Average Process Time	0.0666
8	Std. Dev. of Process Time	0.0098
9	Average Waiting Time (Wq)	0.1888
10	Std. Dev. of Waiting Time	0.1572
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	0.2555
14	Std. Dev. of Flow Time	0.1578
15	Maximum Flow Time	0.6636
	Data Collection: 0 to 100 Minutos	
	CPU Seconds =	3.0630

Se puede observar que en los 100 minutos llegaron 1123 clientes (**Total Number of Arrival**). El tiempo de espera promedio fue de 0.1888 (**Average Waiting Time**). El número máximo de personas en el sistema fue de 17. 15 en espera y 2 siendo entendidos (**Maximun Number in the System**). En promedio permanecieron 2,2251 personas en el sistema (**Average Number in the System**). Un análisis desde el punto de vista de los cajeros nos muestra más información de la simulación:

09-21-2010	Result	Cientes
1	Total Number of Arrival	1123
2	Total Number of Balking	260
3	Average Number in the System (L)	2.2251
4	Maximum Number in the System	17
5	Current Number in the System	1
6	Number Finished	871
7	Average Process Time	0.0666
8	Std. Dev. of Process Time	0.0098
9	Average Waiting Time (Wq)	0.1888
10	Std. Dev. of Waiting Time	0.1572
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	0.2555
14	Std. Dev. of Flow Time	0.1578
15	Maximum Flow Time	0.6636
	Data Collection: 0 to 100 Minutoss	
	CPU Seconds =	3.0630

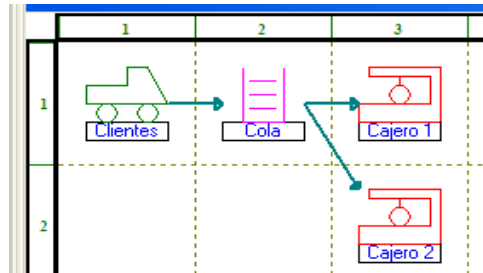
09-21-2010	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	Cajero 1	28.90%	0.0669	0.0097	0.1023	0.00%	432
2	Cajero 2	29.14%	0.0664	0.0098	0.0918	0.00%	439
	Overall	29.02%	0.0666	0.0098	0.1023	0.00%	871
Data	Collection:	0 to	100	Minutoss	CPU	Seconds =	3.0630

Los cajeros tuvieron un **promedio de utilización (Server Utilization)** del 29,02%. El cajero 1 atendió 432 personas y el cajero 2 a 439 para un total de 871 (**Customer Processed**). De los 1123 solo finalizaron el proceso 871. Desde el punto de vista de la cola se tiene:

09-21-2010	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	Cola	1.6447	0	15	0.1890	0.1572	0.5760
Data	Collection:	0 to	100	Minutoss	CPU	Seconds =	3.0630

El promedio de personas en la cola fue de 1.6447 (**Average Q. Length**). El máximo de personas en la cola es de 15 (**Maximun Q. Length**).

Para intercambiar los modos se pulsa en **Pasar a formato matriz (Switch to Matrix Form)** en el menú **Formato (Format)**.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



CONCLUSIONES

Después de 7 meses de haber trabajado en este documento y haber utilizado el software Winqsb, se puede decir que si este lo hubiéramos utilizado para la resolución de problemas que se nos fueron planteados a lo largo de la carrera, se nos habría optimizado mucho el tiempo, pues nos hubiera permitido resolver problemas más fácilmente y con menos horas de dedicación, además de que se pudieron haber hecho simulaciones para el análisis de casos y tener un mejor criterio para la toma de decisiones.

Winqsb es una herramienta que brinda la posibilidad de desarrollar temas específicos de un total de 13 materias que son impartidas para la carrera de Ingeniería Industrial, lo cual es de gran importancia para el aprendizaje de los estudiantes, pues de esa manera se facilita la resolución y análisis de una gran cantidad de problemas relacionados con la planeación de la producción, el control de la calidad y la toma de decisiones cuantitativas de la administración.

El uso de esta herramienta brinda la posibilidad al estudiante de tener contacto con sistemas informáticos específicos, lo cual es muy beneficioso pues se estará preparando profesionales mejor capacitados para hacer frente a las actuales exigencias laborales pues hoy en día los software son muy utilizados por empresas para el máximo aprovechamiento de sus recursos y operaciones.

Dado que nos encontramos en la era de la información es importante que los estudiantes de ingeniería industrial se encuentren actualizados y familiarizados con este tipo de herramientas informáticas, que les permita aplicarlas en sus estudios y posteriormente en sus trabajos, ya que pueden aumentar la productividad de las empresas que las aplican.

La utilización de este tipo de herramienta, depende en gran parte de la motivación que el docente ejerza sobre el alumno, además que también está obligado a conocer estas herramientas y aplicarlas para su desarrollo y ejercicio profesional.

Los alumnos muchas veces no utilizan estas herramientas por desconocimiento o por no tomar el tiempo necesario para aprender a usarlas. Y en algunos casos lo mismo puede aplicar para los docentes.

Con el desarrollo de esta guía se espera eliminar la barrera del desconocimiento de cómo usar esta herramienta, pues se han explicado todos los módulos del programa y sus funciones específicas con ejemplos tomados de libros comúnmente utilizados en la carrera.

La guía ha sido elaborada muy cuidadosamente y explicando a detalle cada uno de las funciones de los módulos. Pero conforme se va avanzando, se ha dejado de explicar algunas opciones básicas que se repiten en todos los módulos, pues estas pueden seleccionarse de manera instintiva por haber sido utilizadas en módulos anteriores o por ser básicas y no necesitan mayor desarrollo.

Si bien existen en el mercado una gran cantidad de paquetes informáticos con características similares al Wingsb, es de considerar que este es gratis, de fácil uso y es una poderosa herramienta para el análisis de problemas cuantitativos de la Ingeniería Industrial.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



RECOMENDACIONES

Se sugiere al Departamento de Ingeniería y Arquitectura brindar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, mayor conocimiento de las herramientas informáticas, para el mejoramiento de la productividad de las industrias en la actualidad, ya que ese tipo de conocimiento es solamente brindado a nivel básico y desarrollando paquetes como el office y no se toman en cuenta paquetes específicos como el Winqsb.

Se aconseja, que se tome en cuenta la guía de utilización del Winqsb para materias obligatorias como:

- Métodos de Diseño.
- Probabilidad y Estadística.
- Investigación de Operaciones I.
- Investigación de Operaciones II.
- Ingeniería de Métodos.
- Control de Calidad.
- Distribución en Planta.
- Técnicas de Gestión Industrial.
- Formulación y Evaluación de Proyectos.

Y para materias electivas como:

- Modelos de Resolución de Problemas de Ingeniería.
- Organización y Métodos.
- Ingeniería de Plantas Industriales.
- Administración de Mantenimiento Industrial.

Ya que contiene herramientas que le pueden facilitar al estudiante la aplicación de la teoría aprendida en clase por medio de simulación en la computadora.

Se recomienda que esta guía sea distribuida entre los docentes que tienen relación con las materias anteriormente mencionadas o con cualquier otro que tenga el deseo de conocer y aprender a utilizar el Winqsb.

Se sugiere que los docentes promuevan el uso de esta herramienta u otras, entre los estudiantes, para que aprendan a utilizarlas, se familiaricen con ellas y tengan la oportunidad de aplicarla en la resolución y análisis de ejercicios y casos, o para la presentación de tareas e incluso la solución de exámenes.

Se considera que la mejor manera de promover el uso de este software, es utilizando una materia específica en donde se promueva el uso de tecnologías informáticas, por lo tanto basados en nuestra experiencia y después de la investigación realizada se recomienda que esta guía sea incorporada en el programa de la materia llamada “Manejo de Software para Microcomputadora” pues esta cumple con las características necesarias para ser utilizada con tal fin.

Se recomienda que cada docente basándose en las materias que imparte, sugiera la adición de otros paquetes informáticos que sean necesarios para la formación profesional de los alumnos y que les permita solucionar y analizar problemas que no pueden ser tratados con el Winqsb.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). Metodología de la Investigación. México. Mc Graw - Hill.
- Carlos Sabino, Caracas (1994). Como hacer una tesis. Panamericana, Bogotá y Lumen, Buenos Aires.
- Villanueva Herrera, José. Trabajo de investigación operativa, (Noviembre, 2008). Aplicación del Winqsb para problemas de planeación agregada.
- Rubén Diego Ivanoff. Universidad de Belgrano, (Abril, 2005). Desarrollo de un sistema informático para la generación de modelos.
- Roberto Vides. Artículo Científico, (Abril, 2003). Un acercamiento a la investigación.
- Acherson J, Duncan. Control de calidad y estadística industrial. México: Alfaomega, 1989.
- Taha Handy. Investigación de Operaciones. 7 Edición. Prentice Hall.
- Frederick Hillier, Gerald Lieberman. Investigación de Operaciones - 7ma Edición 2002. México. Mc Graw - Hill.
- Douglas Montgomery - George c. Runger. Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería. 2007. México. Mc Graw – Hill.

- Render – Heizer. Principios de Administración de Operaciones. 5 Edición, 2005. Pearson.
- Quesada Iburguen y Vergara Schmalbach: (2006) Análisis Cuantitativo con WINQSB Edición electrónica. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006c/216/

TRABAJOS DE GRADO

- Quijano Polanco, F. (2001). “Propuesta de actualización en el área de informática para la carrera de ingeniería industrial de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador”.
- Guerra Monge, Y. (2007). “Diagnostico y propuesta de reorganización de la administración académica de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador”.
- Cortez Gordillo, Luis Rodrigo Bernal. (2006) “Aplicación de Winqsb como herramienta para el control estadístico de calidad de un proceso de producción de envases plásticos”. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

FUENTES DE INTERNET

- Consulta de casos prácticos del Winqsb, fuente obtenida de:
www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/173_ivanoff.pdf
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7141.pdf

- Historia e información acerca del creador del Software Winqsb, obtenida de:
<http://mgt.gatech.edu/directory/faculty/chang/index.html>
http://mgt.gatech.edu/directory/faculty/chang/chang_vita.pdf
- Descarga del software y consulta, obtenido de: <http://winqsb.softonic.com/>
- Introducción al programa Winqsb, Disponible en:
<http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf>
- Información de la carrera de Ingeniería Industrial, Obtenida de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_industrial
- Administración moderna, Jurgen E. Schuldt 1998 – Luxembourg.
<http://www.geocities.com/WallStreet/Exchange/9158/sqc.htm>
- Introducción al programa Winqsb.
<http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf>
- Descripción general del Winqsb.
<http://www.negociosyemprendimiento.org/2010/03/descargar-gratis-winqsb-20-en-espanol.html>.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



ANEXOS

ANEXO 1

**Biografía del creador del software
Winqsb.**

BIOGRAFIA YIH LONG-CHANG

Yih Long-Chang, nació en Taiwán en el año 1952.

Profesor del instituto tecnológico de Georgia, su área académica es la Gestión de Operaciones.



Entre la educación que posee el profesor se menciona:

- Doctorado, Gestión de Operaciones, de la Universidad de Texas en Austin, mayo de 1985
- Maestría, Ciencias de la gestión, The National Chiao-Tung University, Taiwan, Junio de 1977
- Bachiller en Ciencias, Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad Nacional de Taiwán, Taiwán, junio de 1975

El profesor Yih Long-Chang ha publicado en las principales revistas académicas como *Annals of Operations Research*, *European Journal of Operations Research*, *Investigación Naval de Logística Quarterly*, *Management Science*, *International Journal of Production Research*, *sistema de apoyo de decisión y Letras*, *Simulación*, *Oficial de Operaciones de Administración*, y *Ciencias de la Decisión*.

Sus intereses de investigaciones actuales destacan la aplicación e integración de las operaciones de gestión, sistemas de información, ciencias de la gestión, las operaciones

de investigación, técnicas de control de calidad, y la mejora de la calidad y la productividad.

El profesor Chang imparte cursos en las áreas de control de calidad, gestión de la tecnología, los sistemas de información de fabricación, las operaciones de planificación y control, y gestión de operaciones.

También ha desarrollado tres paquetes de software, QSB, QSOM, y QS, tanto en versiones para PC y Macintosh, para ayudar en la instrucción y el aprendizaje de las ciencias de gestión, gestión de operaciones y métodos cuantitativos. QSB ha sido valorado el paquete de software superior entre los paquetes similares de OR / MS Today (1986) y de interfaz (septiembre de 1988).

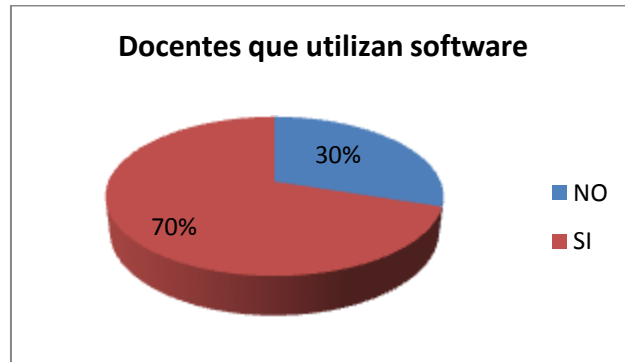
Además, entre las áreas de especialización del profesor Chang se señala:

- Aplicación e integración de Dirección de Operaciones
- Gestión de Ciencia, Investigación Operativa
- Sistemas de Información
- Técnicas de Control de Calidad
- Mejora de la Calidad y Productividad

ANEXO 2

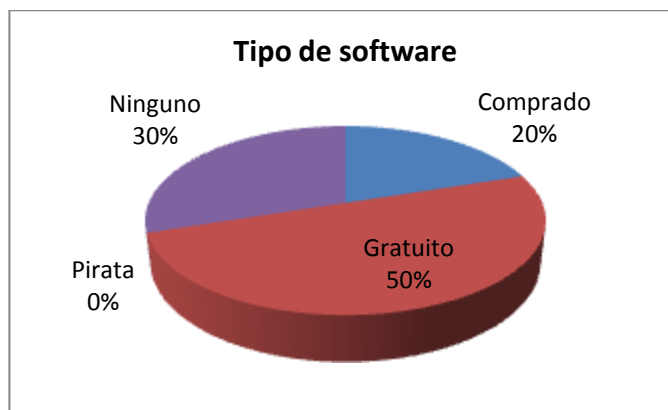
Resultado de encuestas dirigidas a docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, FMOcc.

1-¿Utiliza algún tipo de software como herramienta para resolver ejercicios de tipo cuantitativo (administrativos, de recursos humanos, de producción, etc.) para la materia que imparte?



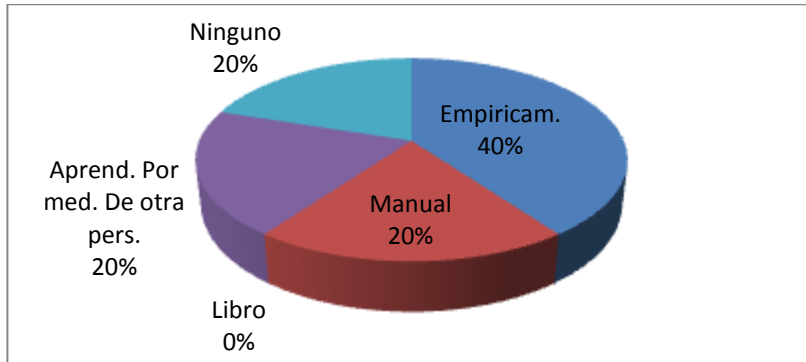
- El 70% de los docentes encuestados respondieron que si utilizan algún tipo de software, algunos de los software que utilizan los docentes son: Stratgrafic, tora, winqsb, megastal, power point, excell, constallball, rinsmaster, winqsb, simulator, win unisott

2-¿El software que utiliza es?



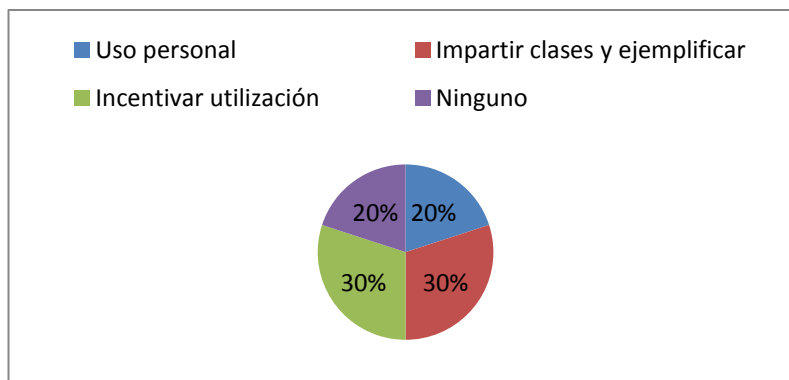
- El 50% de los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial de la FMOcc si utilizan un software como herramienta para impartir sus clases, y lo hacen con software gratuitos en las materias que lo amerita.

3-¿De qué manera aprendió a utilizar el software que usa?



- El 40% de los docentes encuestados aprenden a utilizar el software que utilizan de manera empírica, solo el 20% de los docentes encuestados utilizan manuales ya sea esto por ser mas difícil, porque no hay facilidad de acceso o simplemente porque no existe un manual que este dirigido a las materias de ingeniería industrial en la que sería una manera más formal de utilizar estos software para la materia que lo amerite.

4-¿Para que utiliza esta herramienta?



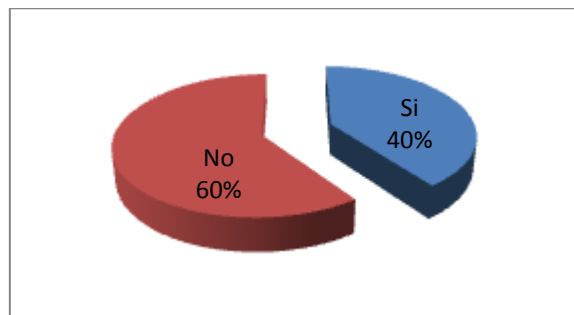
- Se observa en la gráfica que el 30% de los docentes utilizan herramientas tecnológicas para impartir clases y ejemplificar en las materias que lo amerita.

5-¿Permite que los alumnos utilicen algún tipo de herramienta o software para resolver parciales o guías prácticas de ejercicios?



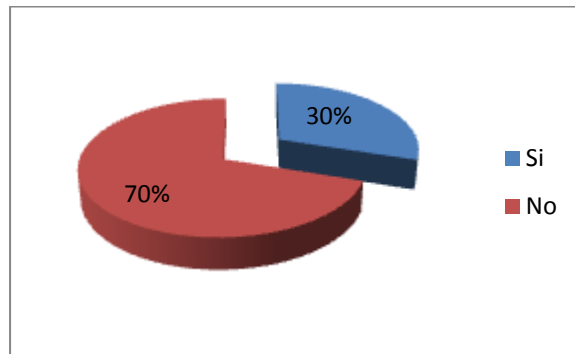
- Un 50% expresa que es importante que los alumnos se apoyen de herramientas como son algunos tipos de software como ayuda para comparar respuestas obtenidas manualmente, tareas ex aula, entre otros con el fin de que los alumnos sean eficientes/ efectivos y prácticos. El otro 50% expresa que los exámenes no ameritan la ayuda de software, o prefieren que la solución de parciales sea manualmente.

6- ¿Ha utilizado el software Winqsb como una herramienta para la solución de problemas de tipo cuantitativo (administrativos, de recursos humanos, de producción, etc.)?



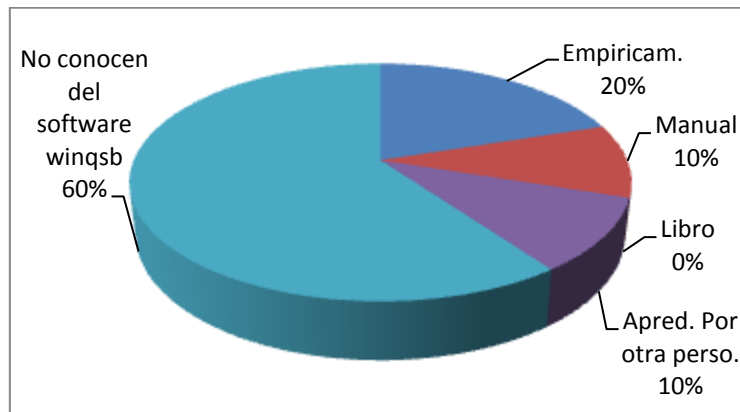
- El 60% de los docentes encuestados expresan que no han utilizado el software Winqsb por desconocimiento tanto del software como de las aplicaciones que este tiene. El 40% restante opina que no es relevante en la materia que imparten además expresan que ya existen otros software más avanzados.

7-¿Si ha utilizado este software (Winqsb) conoce de todas las aplicaciones que posee esta herramienta para la utilización en las materias de ingeniería industrial?



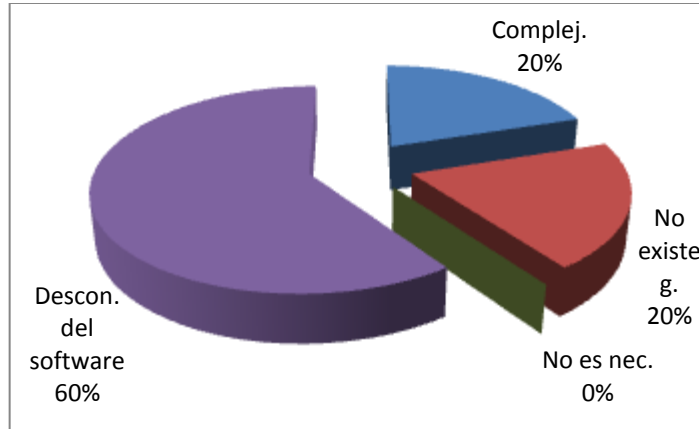
- El 70% de los docentes encuestados respondieron que no conocen de todas las aplicaciones que el software Winqsb posee.

8- ¿Cómo aprendió a utilizar el software Winqsb?



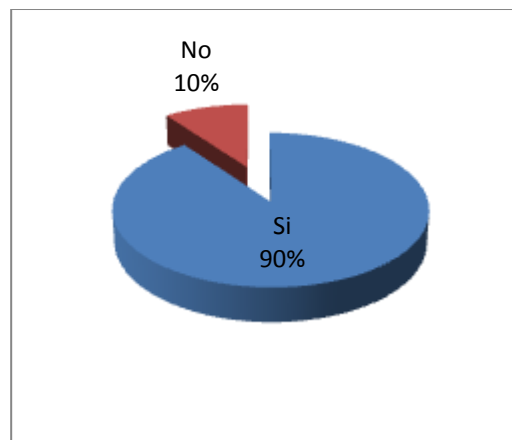
- Del 60% de los docentes que respondieron a la encuesta unos expresan que no utilizan el software Winqsb por que la materia que imparten no lo amerita, otros porque no conocen del software ni de sus aplicaciones. Por esa razón no respondieron ninguna de las otras opciones que se planteó en esta pregunta (#8).

9- ¿Por qué motivo no utiliza un determinado software para impartir sus clases, para dejar tareas ex aula, resolución de exámenes, para incentivar a los alumnos a su utilización, etc.?



- El 60% de los encuestados respondieron que no utilizan este software (Winqsb) por desconocimiento por lo tanto no pueden incentivar a los alumnos a la utilización del mismo como herramienta de apoyo para el desarrollo de exámenes, tareas ex aula, entre otros.

10-¿Estaría dispuesto a utilizar este software (Winqsb) si se le presenta como una guía de aplicación en las materias de ingeniería industrial?



- El 90% de los encuestados respondieron que están dispuestos a conocer y a utilizar el software Winqsb siempre y cuando sea útil evaluando de la misma manera sus ventajas y funcionalidades en las materias que lo ameriten para luego enseñar a los alumnos de la existencia del mismo y sus aplicaciones.

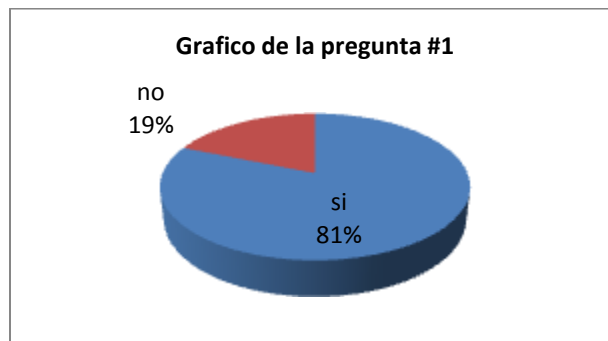
ANEXO 3

**Resultado de encuestas dirigidas a
estudiantes de la carrera de Ingeniería
Industrial, FMOcc.**

1- ¿Utiliza algún tipo de software como herramienta para resolver ejercicios de tipo cuantitativo (administrativos, de recursos humanos, de producción, etc.) en alguna materia?

Tabla de la pregunta #1

SI	NO
26	6

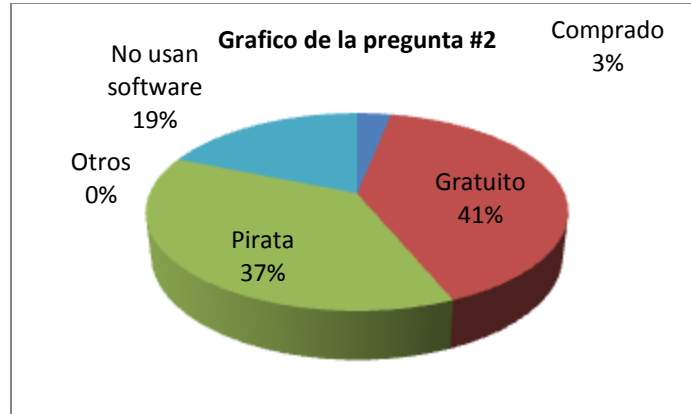


- Se puede observar que el 81% de los estudiantes de ingeniería industrial en su desarrollo en la carrera han recurrido a utilizar algún tipo de software, Y el 19% no lo ha utilizado.

2-¿El software que utiliza es?

Tabla de la pregunta #2

COMPRADO	GRATUITO	PIRATA	OTROS	NO USAN
1	13	12	0	6



- Se puede observar que los estudiantes utilizan en primer lugar los software gratuitos por no representar ni un costo para ellos con un porcentaje de 41% y también los software piratas que tampoco representan un costos para el usuario esta tiene un porcentaje del 37% y comprado el cual tiene solo el 3% por representar un costo para el usuario.

3-¿De qué manera aprendió a utilizar el software que utiliza?

Tabla de la pregunta #3

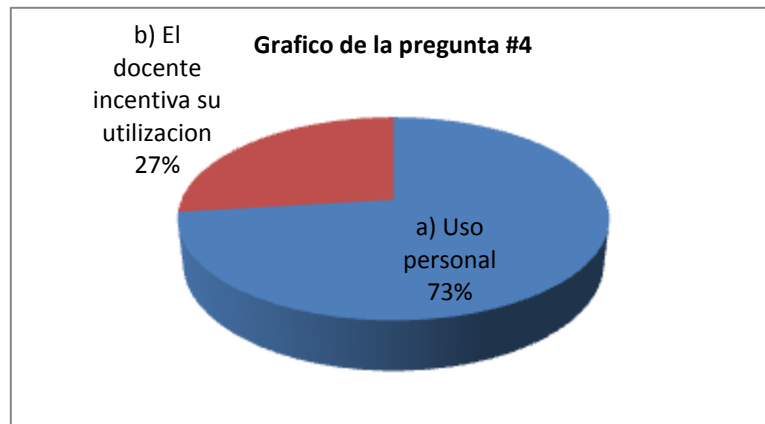
A) EMPIRICAMENTE	20
B) BAJO UN MANUAL	3
C) LIBRO	0
D) POR MEDIO DE OTRA PERSONA	3
E) NO USAN SOFTWARE	6



- La manera más común que los estudiantes aprenden a utilizar el software es de manera empírica con un porcentaje del 63% la cual ellos por su propia cuenta realizan la investigación de la utilización del programa.

4-¿De qué manera utiliza esta herramienta?

A) SOLO USO PERSONAL	B) PARA MOTIVAR AL ALUMNO
19	7

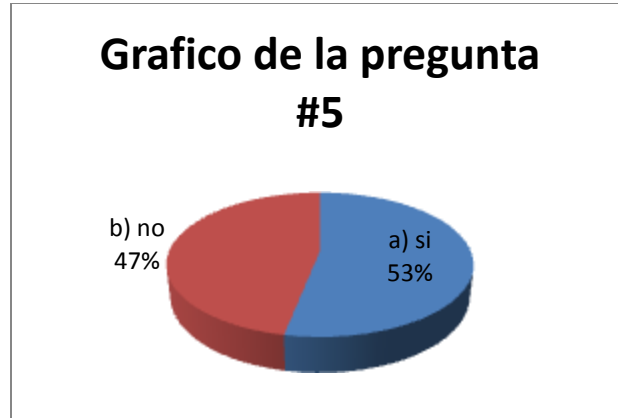


- La manera que los estudiantes de ingeniería industrial utilizan esta herramienta es de uso personal con un porcentaje de 73% para facilitarles las tareas y además que el docente incentive su utilización tiene un porcentaje del 27% este porcentaje refleja que los docentes no están familiarizados con este tipo de herramienta.

5-¿Su docente le permite que utilice algún tipo de herramienta o software para resolver parciales o guías prácticas de ejercicios?

Tabla de la pregunta #5

SI	NO
17	15



- En esta pregunta se puede observar que los docentes que incentivan a la utilización de esta herramienta es de 53% más de la mitad y es un dato importante porque refleja que hay un conocimiento en los software que le pueden servir al estudiante

6- ¿Ha utilizado el software Winqsb como una herramienta para la solución de problemas de tipo cuantitativo (administrativos, de recursos humanos, de producción, etc.)?

Tabla de la pregunta #6

SI	NO
19	13

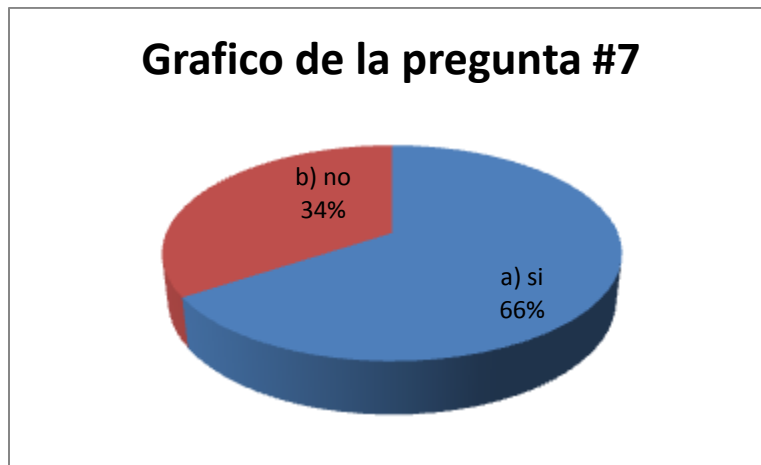


- A los alumnos se les consulto si ellos han utilizado esta herramienta en la resolución de algún problema en el desarrollo de su carrera los que contestaron que si es un porcentaje del 59% un poco más de la mitad y de los que no lo han utilizado es del 41%

7-¿Si ha utilizado este software (Winqsb) conoce de todas las aplicaciones que posee esta herramienta para la utilización en las materias de ingeniería industrial?

Tabla de la pregunta #7

SI	NO
21	11

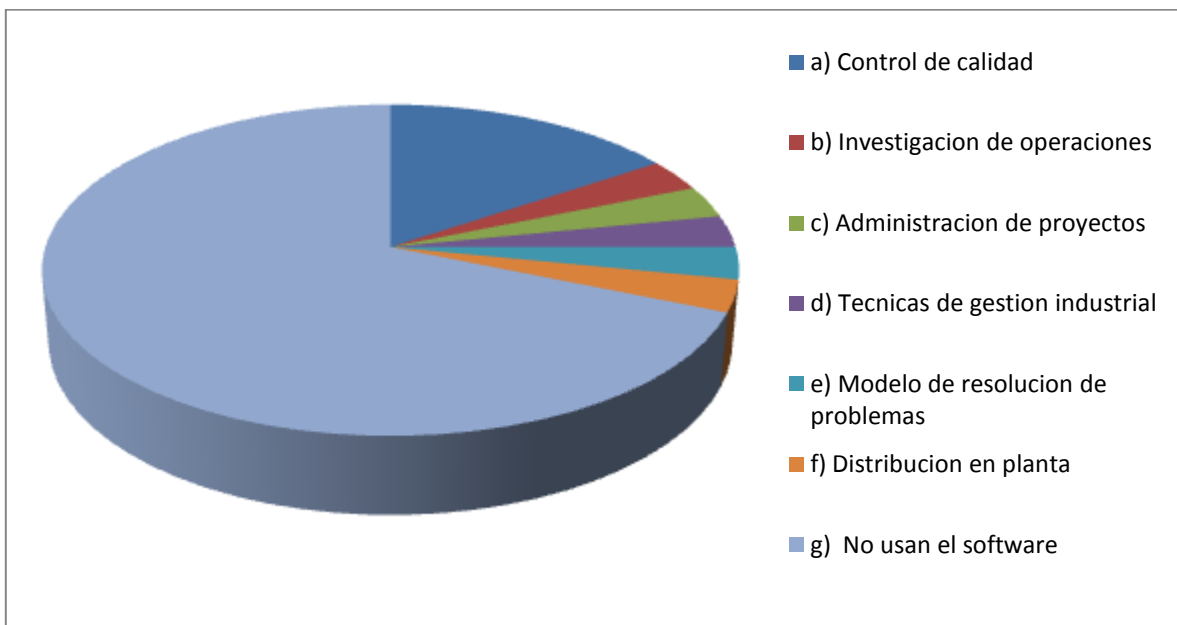


- El 66% de los estudiantes han utilizado este software pero en realidad conocen todas las herramientas que este posee,

8- ¿Mencione en cuales materias de Ingeniería Industrial se ha visto en la necesidad de utilizar este software (Winqsb) y especifique en cuales temas?

Tabla de la pregunta #8

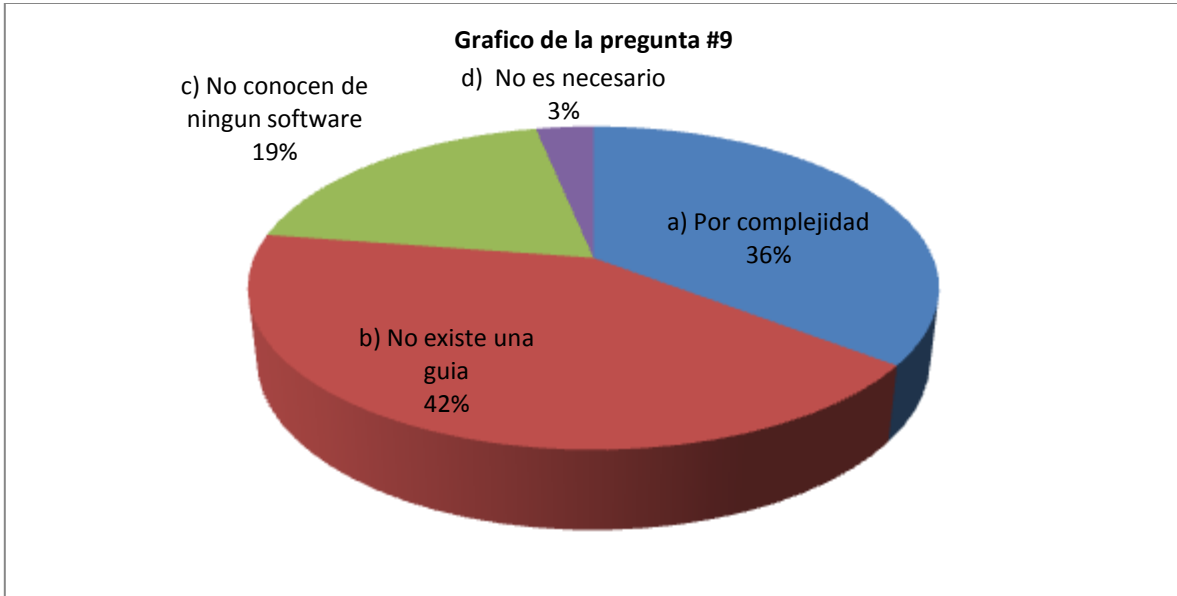
A) CONTROL DE LA CALIDAD	5
B) INVESTIGACION DE OPERACIONES	1
C) ADMINISTRACION DE PROYECTOS	1
D) MODELOS DE RESOLUCION DE PROBLEMAS	1
E) DISTRIBUCION EN PLANTA	1
F) TECNICAS DE GESTION INDUSTRIAL	1
G) NO USAN SOFTWARE	22



9- ¿Por qué motivo no utiliza un determinado software para resolver tareas ex aula, resolución de exámenes, ejercicios prácticos, etc.?

Tabla de pregunta #9

A) POR COMPLEJIDAD	B) NO EXISTEN GUIAS	C) NO CONOCEN SOFTWARE	D) NO ES NECESARIO
11	13	6	1



10-¿Estaría dispuesto a utilizar este software (Winqsb) si se le presenta como una guía de aplicación en las materias de ingeniería industrial?

Tabla de la pregunta #10

SI	NO
31	1

