

12
2ej.

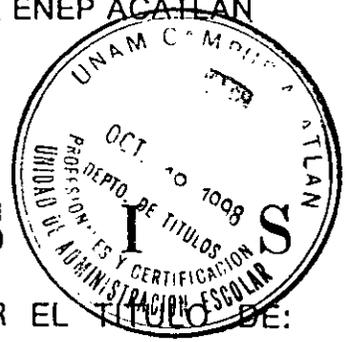


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS "ACATLAN"

MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA LA OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ASIGNACION DE SALONES DE LA ENEP ACATLAN

T E S I S



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN MATEMATICAS
APLICADAS Y COMPUTACION
P R E S E N T A :
ALEJANDRO GARCIA RODRIGUEZ

ASESOR: FIS. JORGE LUIS SUAREZ MADARIAGA.



ACATLAN, EDO. DE MEXICO. 1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

26697A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Desafío es:

*Tener un porqué vivir
Perdonar
Dar más allá del dolor
Ser humilde ante la victoria
Ser orgulloso e inflexible ante la derrota
Dar tiempo y una caricia a los que nos aman
Tener estrellas que alcanzar
Luchar por sueños imposibles
Reconocer como hermano al desposeído y olvidado
Ser hijo de una Nación y amar a la tierra que nos germinó*

A dios:

Agradezco a dios que le ha entregado todo al ser humano, a cambio sólo de exigirle su esfuerzo diario, el haberme dado la oportunidad de vivir y permitirme cumplir la meta que he logrado.

A mis padres:

Agradezco a mis padres Gabino García F. Y María del Refugio R. Que me dieron la luz de la vida, el haberme proporcionado lo necesario para llegar a culminar uno de los objetivos mas importantes de mi existencia, a ellos que me dieron su apoyo incondicional y mantuvieron su fe y esperanza en mi les estoy infinitamente agradecido.

A mis hermanos:

Quiero agradecer a todos mis hermanos el compartir con migo momentos tan importantes en nuestras vidas, por su apoyo, por su amistad y comprensión, que en gran medida contribuyeron en mi formación y el logro de este objetivo. José Luis, Oliva, Elvia, María del Jesús, Julio, Angeles, Jorge y Verónica, gracias.

A ti luz de mi vida:

Hilda quiero agradecerte de manera muy especial el logro de este objetivo, pues juntos compartimos muchos momentos importantes durante el transcurso de la carrera, eres mi fuente de inspiración y luz de mi vida, creo que sin ti este logro hubiera sido demasiado pesado, junto a ti esa carga fue mucho más ligera, a ti que ahora formas parte de mi vida te agradezco de todo corazón tu comprensión, apoyo y cariño, te amo mi vida.

Amigos excompañeros del DSI:

Agradezco a los excompañeros del Departamento de Sistemas de la ENEP Acatlán, por su amistad y el haber compartido juntos momentos tan especiales que nunca se olvidarán, Beto, Delia, Carmelita, Jaime, Brenda, Claus Chávez, Claus Aquino, Sergio, Javier, Ara, Paquito y Sr. José.

A mis compañeros de la carrera:

Les agradezco su amistad y el haber compartido conmigo momentos a veces gratos y a veces difíciles durante la carrera, Tere, Ara y Alex Patlan.

A mis amigos del trabajo:

Les agradezco su por su amistad y apoyo, especialmente a Mauricio Rico y su equipo de colaboradores.

A la UNAM ENEP Acatlán:

Agradezco a la escuela donde curse mis estudios por haberme brindado los conocimientos y preparación, le estoy muy agradecido por la formación que se me proporciono dentro y fuera del aula, también por haberme proporcionado un trabajo donde he tenido la oportunidad de aplicar los conocimientos de la carrera. Le agradezco a la UNAM por permitirnos ser libres y darnos el valor de reclamarnos a nosotros mismos y de adueñarnos de nuestra propia vida, de realizar nuestra propia arquitectura y de forjar el mundo que deseamos tener.

A mis profesores de la carrera:

Agradezco a todos los profesores de la carrera por su apoyo, por ser nuestras guías, por difundirnos sus ideas y conocimientos y por entregar parte de sus existir a la noble tarea de la enseñanza.

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO Y ESTRUCTURA DE LA ENEP ACTLÁN	4
1.2 DISPONIBILIDAD FÍSICA DE LA ENEP ACATLÁN	7
1.3 FORMA DE ASIGNACIÓN MANUAL	14
1.4 OBJETIVOS	20
1.5 HIPOTESIS	20
II. MODELOS EN LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	22
2.1 ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	22
2.2 OBJETIVO DE LA I. O.	24
2.3 MODELOS MATEMÁTICOS	25
2.4 FASES PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON I. O.	27
2.4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
2.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	28
2.4.3 SOLUCIÓN DEL MODELO	30
2.4.4 VALIDACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL MODELO	32
2.5 MODELO DE PROBLEMA DE TRANSPORTE	34
2.6 PROBLEMA DE ASIGNACIÓN	36
2.7 METODO HÚNGARO	38
III. ELABORACIÓN DEL MODELO DE ASIGNACIÓN	43
3.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN	43
3.2 PROCESOS DE LA ASIGNACIÓN	48
3.2.1 PROCESO DE ASIGNACIÓN GENERAL	49
3.2.2 PROCESO DE ASIGNACIÓN PARTICULAR	51
3.2.3 PROCESO DE ASIGNACIÓN MANUAL	52
3.3 DEFINICIÓN DE ELEMENTOS Y ETAPAS	54
3.4 CREACIÓN DEL MODELO	56
3.5 PROPUESTA DE ASIGNACIÓN	64
IV. AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	68
4.1 OBJETIVOS DEL MODELO AUTOMATIZADO	68
4.2 ANÁLISIS DE SOFTWARE UTILIZADO	69
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA	70
4.4 PROCESO AUTOMATIZADO DE ASIGNACIÓN	72
4.5 MÓDULO DE ENTRADAS	74
4.5.1 GRUPOS	74
4.5.2 SALONES	75
4.5.3 MATERIAS QUE REQUIEREN SALÓN ESPECIAL	77
4.6 MÓDULO DE ASIGNACIÓN	78
4.6.1 ASIGNACIÓN GENERAL	79
4.6.2 ASIGNACIÓN PARTICULAR	80
4.6.3 ASIGNACIÓN MANUAL	81
4.6.4 BAJAS DE ASIGNACIÓN	84
4.7 MÓDULO DE CONSULTAS	85

4.7.1	CONSULTA DE ASIGNACIÓN POR CARRERA O POR SALÓN	85
4.7.2	CONSULTA DE ASIGNACIÓN POR SALÓN	86
4.7.3	CONSULTA DE DISPONIBILIDAD	87
4.8	MODULO DE ADMINISTRACIÓN	88
4.8.1	INDEXAR BASES	88
4.8.2	PREPARAR ASIGNACIÓN	88
4.8.3	IMPORTAR DATOS	89
4.8.4	EXPORTAR DATOS	89
4.9	FLUJOS DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA	90
4.10	VALIDACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL MODELO	90
	CONCLUSIONES	94
	BIBLIOGRAFIA	97

INTRODUCCIÓN

Muchos problemas de la actualidad tanto en la iniciativa privado como en el sector público, se tornan muy difíciles en su solución, debido a que los factores que intervienen en ellos son cada vez más complejos, existe una disminución de recursos en muchas áreas, y un aumento de necesidades que demandan más de estos recursos. Para solucionar estos problemas, se requiere llevar a cabo una planeación estratégica y el uso del método científico en la solución de problemas, el cual es proporcionado en la metodología de la Investigación de Operaciones para la solución de problemas, de esta manera, utilizando la metodología y los modelos matemáticos proporcionados por la Investigación e Operaciones, se puede efectuar una buena toma de decisiones, acertada y que verdaderamente optimice los recursos disponibles. De los modelos matemáticos con que cuenta la Investigación de Operaciones, el modelo de Programación Lineal es uno de los más utilizados en la solución de problemas, con este modelo se pueden solucionar los problemas de asignación de recursos que es el objetivo final de este trabajo.

El presente trabajo esta organizado en cuatro capitulos que abarcan desde el planteamiento del problema hasta la implantación del modelo computarizado y análisis de resultados. En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema y los objetivos, aquí se hace notar que dentro de la ENEP Acatlán se tienen que tomar una serie de decisiones para el funcionamiento de la escuela, una de esas decisiones es la de efectuar la asignación de salones a cada carrera de manera que se cubran los requerimientos de los grupos/materia a impartirse en el semestre, este es un proceso difícil y tardado que se venia realizando manualmente, para solucionar este problema se tienen un número muy grande de posibles combinaciones de asignación. En el capítulo II se describe la metodología que se utiliza en la solución de problemas utilizando la Investigación de Operaciones y los modelos que se han elaborado para su aplicación a tipos de problemas concretos, se hace notar en este capítulo que el proceso de toma de decisiones con Investigación de Operaciones consiste en la construcción de un modelo de decisión y después, en encontrar su solución con el fin de determinar la decisión óptima. En el capítulo III, una vez que ya se ha analizado el problema, y se conoce el modelo matemático con el cual se puede resolver el

problema de asignación de salones de la ENEP Acatlán, se inicia el proceso de determinar las variables que intervienen en el problema para este caso en particular, el proceso de asignación va a ser realizado en fases y etapas, donde cada fase va a estar determinada por el semestre y el número de etapas va a depender del número de carreras que se imparten en la ENEP Acatlán, para cada etapa o carrera se va a construir una matriz de Costo/Beneficio, considerando los siguientes factores:

- a) Ocupación tradicional de salones de la carrera.
- b) Número salones divididos por tipo de salón.
- c) Capacidad física de cada salón.
- d) Tamaño aproximado que puede tener el grupo/materia a ser asignado.
- e) Tipo de salón que requiere el grupo/materia.
- f) Distancia del salón con respecto a un punto central de ubicación por carrera.

En el capítulo IV se presenta la automatización e implementación del modelo, el desarrollo del modelo matemático para la asignación de salones a los grupos/materia de la ENEP Acatlán, sólo como un planteamiento teórico, no puede ser de mucha utilidad, para las personas que se encargan de tomar la decisión de asignar los salones a cada una de las carreras si el modelo no es implantado mediante un sistema de cómputo, en esta parte se muestra cómo el modelo es llevado a la computadora y de ésta manera las herramientas de cómputo serán las que realicen los millares de cálculos que se requerirán para la solución del problema.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

La complejidad de las organizaciones va en aumento al igual que el crecimiento poblacional, y así mismo, los problemas para satisfacer las necesidades básicas demandadas por la población son también mayores. Las organizaciones, ya sean del gobierno o de la iniciativa privada, tienen que realizar el proceso de toma de decisiones en múltiples ocasiones, la toma de decisiones en las organizaciones, es cada vez más difícil por la complejidad de los factores que entran en juego, los recursos necesarios para satisfacer las necesidades de la población son cada vez más escasos, y los costos para obtenerlos aumentan alarmantemente. Una de las necesidades básicas de nuestro país, entre otras muchas, es la educación, desde la educación primaria hasta la superior. Por tal motivo, se tiene la necesidad de efectuar una toma de decisiones acertada, en base, a una fundamentación científica y técnicas matemáticas que nos den en vez de una buena solución, la más óptima.

Una manera de poder tomar decisiones óptimas, que lleven al cumplimiento de los objetivos de una organización en un mundo cada vez más complejo, en el que los recursos son cada vez más escasos, los costos van en aumento y la competencia es mayor; es la que se apoya en las técnicas matemáticas aplicadas, urge efectuar una toma de decisiones apoyada en el método científico. Esta forma de la toma de decisiones es la proporcionada por la Investigación de Operaciones (IO). El objetivo de la Investigación de Operaciones es determinar el mejor curso de acción en problemas de decisión con restricciones de recursos limitados o con adversarios con los que hay que disputar los recursos disponibles.

1.1 OBJETIVO Y ESTRUCTURA DE LA ENEP ACATLÁN

En nuestro país existe una gran cantidad de organizaciones, tanto del sector público como privado. Las organizaciones del sector privado tienen como principal objetivo el lucro y las del sector público tienen como objetivo, el servicio a la sociedad. Una de las muchas organizaciones del sector público, dedicada a la educación superior, es la Universidad Nacional Autónoma de México que tiene por objetivo según el artículo 1º. De la Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México:

"La Universidad Nacional Autónoma de México es una corporación pública - organismo descentralizado del Estado - dotado de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura".

Siendo la Universidad Nacional Autónoma de México un organismo público cuyo objetivo es la educación superior, tiene una demanda cada vez mayor, y ésta tiene que responder a las necesidades de educación que demanda la población. La UNAM para atender tales necesidades cuenta con diferentes Facultades, Institutos y Escuelas. Uno de los planteles con los que cuenta la UNAM es la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Acatlán, y es para esta institución que se desarrolla el presente trabajo.

Dentro de la ENEP Acatlán existe una gran variedad de funciones, en las que se deben de tomar decisiones para que el objetivo sea alcanzado. Una de estas funciones se refiere a que cada semestre se tiene que llevar a cabo la asignación de salones, se necesitan herramientas que ayuden a la mejor toma de decisiones en esta función. Este proceso se hace manualmente y considerando la dificultad de llevar el conteo de asignación y saturación de cada salón de la escuela, se va a desarrollar un modelo matemático que además se pueda llevar a la

computadora, de manera que sea posible manejar todo el proceso de asignación de una manera rápida utilizando el modelo matemático de asignación y las herramientas computacionales.

La ENEP Acatlán esta conformada actualmente por 5 divisiones académicas, una coordinación de estudios de Posgrado y una coordinación de investigación, el organigrama es como se muestra en la figura 1.1, en las divisiones se agrupan las 16 carreras que se imparten en la ENEP Acatlán.

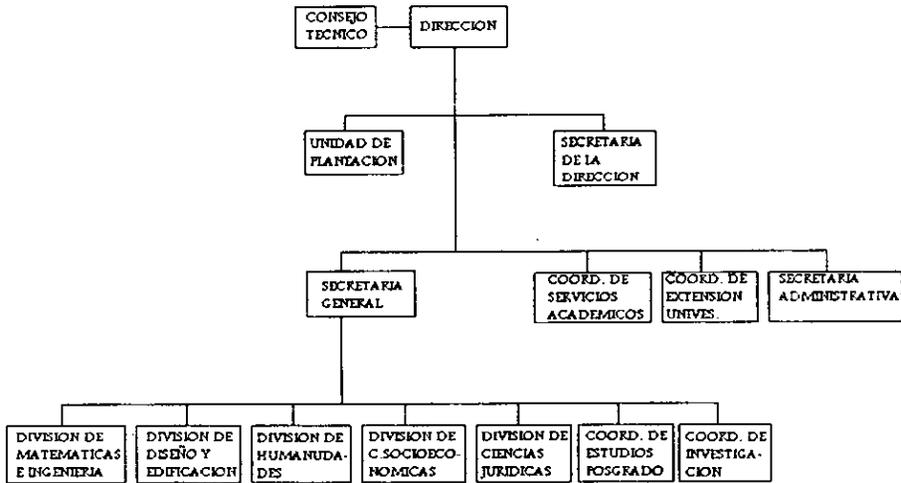


fig. 1.1 Organigrama de la ENEP ACATLÁN

Las carreras que se imparten Actualmente en la ENEP Acatlán son:

- * Matemáticas Aplicadas y Computación
- * Actuaría
- * Ingeniería Civil
- * Diseño Gráfico
- * Relaciones Internacionales
- * Ciencias Políticas
- * Arquitectura
- * Pedagogía
- * Periodismo
- * Filosofía

- + Sociología
- + Lengua y Literatura
- + Historia
- + Economía
- + Derecho
- + Enseñanza del Inglés

También se imparten: dos maestrías, nueve diplomados, cinco especializaciones, trece cursos y talleres de Educación Continua.

Para empezar con la formulación del problema de asignación de salones vamos a plantear una serie de preguntas que nos ayudarán a entender cuáles son los principales elementos del problema, los cuales finalmente serán transformados en las variables del modelo de programación lineal.

¿ Quiénes toman las decisiones en la asignación de salones de la ENEP Acatlán y cuáles son sus objetivos?

Dentro de la ENEP Acatlán se toman cada inicio de semestre un gran número de decisiones, y de la manera en que estas se tomen depende el buen funcionamiento de la Escuela, una de las muchas decisiones, es la de asignar un salón a cada uno de los grupos/materia de todas las carreras, maestrías, talleres, diplomados y cursos que se impartirán. Considerando únicamente las 16 carreras del la ENEP Acatlán, resulta que cada inicio de semestre se abren alrededor de 2700 grupos/materia, hay que considerar el horario y los días que se impartirán las materias, para ir llenando los salones y evitar además que se traslapen, es decir que se asignen grupos/materia en el mismo salón el mismo día y a la misma hora. El órgano encargado de realizar este proceso de asignación de salones semestralmente es la Secretaría General, el objetivo en la asignación de salones es, asignar a cada grupo/materia de cada carrera un salón donde se pueda impartir la clase durante todo el semestre.

¿ Cuáles son los factores o elementos en el problema de asignación de salones de la ENEP Acatlán que están bajo el control de quienes toman decisiones que afectan de manera significativa a la solución?

Para contestar a esta pregunta, se tiene que hacer un conteo físicamente de cada uno de los salones que hay como disponibilidad, y anotar sus diferentes características, esto es lo que consideramos como la disponibilidad física de la ENEP.

1.2 DISPONIBILIDAD FÍSICA DE LA ENEP ACATLÁN

Al momento de tomar la decisión de asignar salones, se tienen que considerar diferentes factores que están bajo el control de quien decide asignar cada grupo/materia a un salón, estos factores son: conocer exactamente cual es la disponibilidad física que se tiene en la ENEP Acatlán, es decir, saber de cuántos salones se dispone, y cuántos alumnos pueden tomar clase en cada salón, de qué tipo de salón se trata, o sea, saber si es un salón de:

- ▲ Paleta
- ▲ Dibujo
- ▲ Restirador
- ▲ Seminario
- ▲ Taller
- ▲ Tele Aulas

En la ENEP Acatlán se imparten 16 carreras, 5 cursos de Posgrado, 2 maestrías y se enseñan 11 idiomas, y se cuenta con alrededor de 2500 profesores. La capacidad física de la escuela es de 186 salones repartidos entre todas las carreras de los cuales se tienen la siguiente distribución:

- ⇒ Total de salones con sillas de paleta 152.
- ⇒ Capacidad media total 6,733.
- ⇒ Total de salones con restiradores 24.
- ⇒ Capacidad media 867.
- ⇒ Salas de seminarios 10.
- ⇒ Capacidad media 175.
- ⇒ Un salón de dibujo.

- ⇒ Una sala de cómputo.
- ⇒ Una sala de maquetas.
- ⇒ Total de salones Independientemente de su uso 186.
- ⇒ Capacidad aproximada Total: 7,175 alumnos por turno.
- ⇒ Ambos turnos: 14,350.

En el Centro de Idiomas Extranjeros:

- ⇒ Total de salones 48.
- ⇒ Capacidad media: 1520 x 13 hrs. diarias aproximadamente.

Total de salones de Licenciatura, Posgrado e Idiomas: 234

Los 186 salones dedicados a las carreras, cursos de Posgrado y maestrías serán repartidos de la manera más eficiente, en la figura 1.2 se muestra el mapa de la ENEP Acatlán, son alrededor de 2700 grupos cada semestre que necesitan ser repartidos en los salones, este proceso se debe hacer con tiempo antes de inicio de clases, por ello la importancia de tener las asignaciones preparadas con anticipación y manipularlas de manera rápida, mediante el desarrollo de un modelo matemático, que sea posible programarlo en algún lenguaje de computadora.

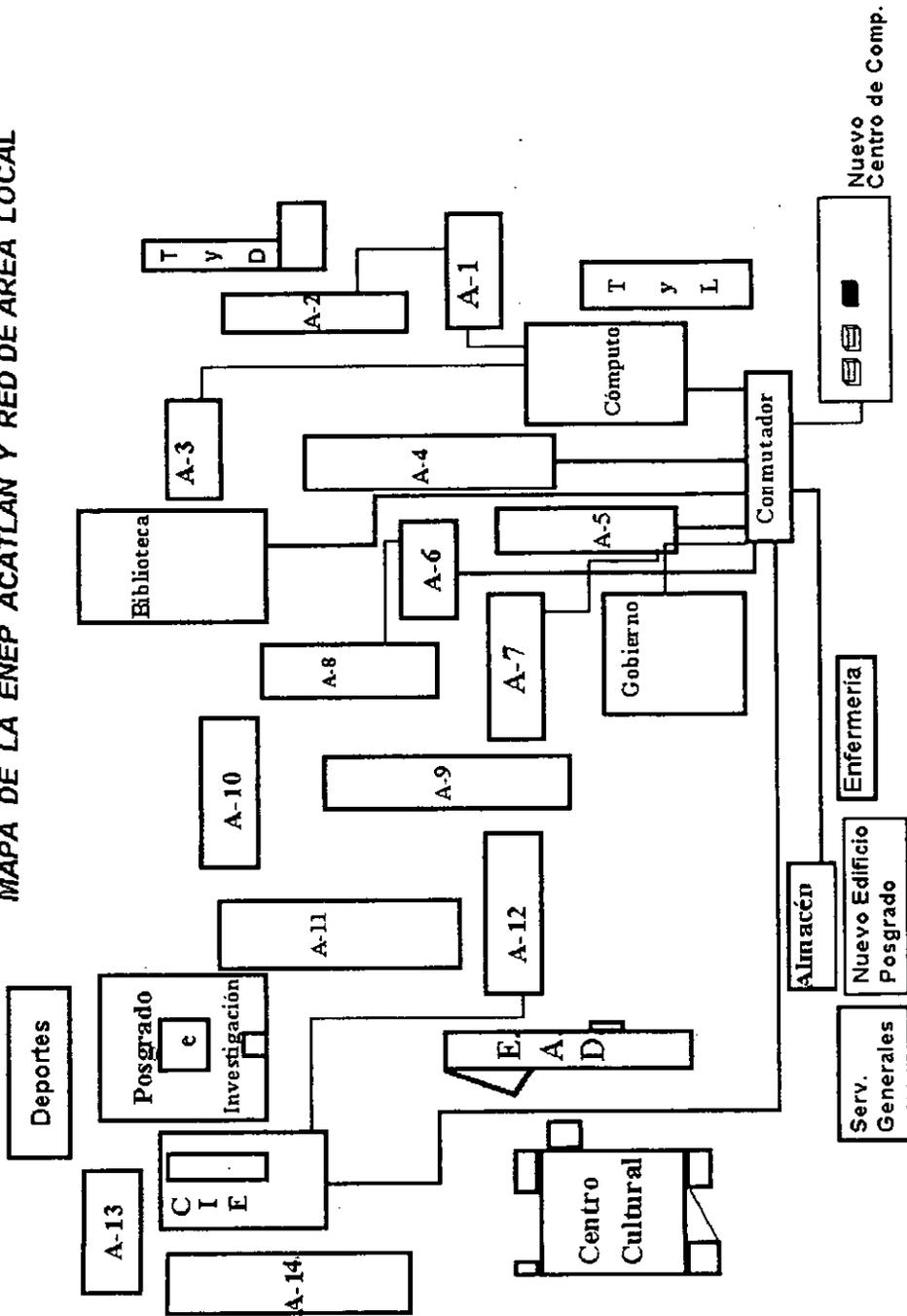
1.3 OCUPACION DE SALONES POR CARRERA

Otro factor importante que también se debe de conocer, es, ¿cuál ha sido la asignación tradicional de salones para cada carrera?. Puesto que no se pueden cambiar de lugar los salones donde las carreras han impartido sus clases con anterioridad, es decir, se debe de respetar al menos el o los edificios donde se concentran la mayoría de las clases para cada una de las carreras, se tiene que contemplar esta disposición de salones en el modelo de asignación.

Siendo la ocupación anterior un factor importante que afecta finalmente de manera significativa la asignación, esta se debe considerar en el modelo. A continuación se presentan los

FIGURA 1.2

MAPA DE LA ENEP ACATLAN Y RED DE AREA LOCAL



salones que tradicionalmente han ocupado cada una de las carreras en la ENEP Acatlán y son los siguientes:

Carrera: Matemáticas Aplicadas y Computación

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo de salón	Edificio
1	113	50-60	60	M.A.C.	PALETA	01
2	114	50-60	65	M.A.C.	PALETA	01
3	115	50-60	65	M.A.C.	PALETA	01
4	116	50-60	54	M.A.C.	PALETA	01
5	402	55-60	60	M.A.C.	PALETA	04
6	403	50-60	75	M.A.C.	PALETA	04
7	404	50-60	74	M.A.C.	PALETA	04
8	405	50-60	71	M.A.C.	PALETA	04
9	421	50-60	75	M.A.C.	PALETA	04
10	422	50-60	75	M.A.C.	PALETA	04
11	423	50-60	75	M.A.C.	PALETA	04
12	424	50-60	75	M.A.C.	PALETA	04
13	425	50-60	70	M.A.C.	PALETA	04
14	426	50-60	71	M.A.C.	PALETA	04

Carrera: Actuaría

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	102	50-60	70	Actuaría	PALETA	01
2	103	50-60	81	Actuaría	PALETA	01
3	104	50-60	72	Actuaría	PALETA	01
4	205	30-40	49	Actuaría	PALETA	02
5	206	30-40	64	Actuaría	PALETA	02
6	207	30-40	44	Actuaría	PALETA	02

Carrera: Ingeniería Civil

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	111	50-60	76	Ingeniería Civil	PALETA	01
2	112	50-60	56	Ingeniería Civil	PALETA	01
3	124	50-60	55	Ingeniería Civil	PALETA	01
4	125	50-60	30	Ingeniería Civil	PALETA	01
5	126	50-60	50	Ingeniería Civil	PALETA	01
6	208	30-40	48	Ingeniería Civil	PALETA	02
7	221	30-40	55	Ingeniería Civil	PALETA	02
8	222	30-40	40	Ingeniería Civil	PALETA	02
9	223	30-40	40	Ingeniería Civil	PALETA	02
10	224	30-40	60	Ingeniería Civil	PALETA	02
11	225	30-40	43	Ingeniería Civil	PALETA	02

12	226	30-40	32	Ingeniería Civil	PALETA	02
13	227	30-40	29	Ingeniería Civil	PALETA	02
14	228	30-40	29	Ingeniería Civil	PALETA	02
15	229	30-40	28	Ingeniería Civil	PALETA	02

Carrera: Diseño Gráfico

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	121	50-60	26	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	01
2	122	50-60	26	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	01
3	123	50-60	27	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	01
4	217	30-40	25	Diseño Gráfico	PALETA	02
5	218	30-40	29	Diseño Gráfico	PALETA	02
6	219	30-40	21	Diseño Gráfico	PALETA	02
7	322	20-30	22	Diseño Gráfico	DIBUJO	03
8	323	20-30	30	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	03
9	324	50-60	21	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	03
10	325	20-22	22	Diseño Gráfico	RESTIRADOR	03

Carrera: Relaciones Internacionales

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	211	30-40	50	Relaciones Inter	PALETA	02
2	212	30-40	41	Relaciones Inter	PALETA	02
3	213	30-40	48	Relaciones Inter	PALETA	02

Carrera: Ciencias Políticas

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	214	30-40	40	Ciencias Políticas	PALETA	02
2	215	30-40	45	Ciencias Políticas	PALETA	02
3	216	30-40	26	Ciencias Políticas	PALETA	02
4	604	50-60	36	Ciencias Políticas	PALETA	06

Carrera: Arquitectura

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	301	40-50	24	Arquitectura	RESTIRADOR	03
2	302	40-50	29	Arquitectura	RESTIRADOR	03
3	303	20-30	51	Arquitectura	RESTIRADOR	03
4	311	50-60	42	Arquitectura	RESTIRADOR	03
5	312	50-60	35	Arquitectura	RESTIRADOR	03
6	313	50-60	43	Arquitectura	RESTIRADOR	03

7	314	50-60	34	Arquitectura	RESTIRADOR	03
8	315	50-60	90	Arquitectura	RESTIRADOR	03
9	316	50-60	27	Arquitectura	RESTIRADOR	03
10	317	40-50	40	Arquitectura	RESTIRADOR	03
11	318	40-50	40	Arquitectura	RESTIRADOR	03
12	411	50-60	38	Arquitectura	RESTIRADOR	04
13	412	50-60	34	Arquitectura	RESTIRADOR	04
14	413	50-60	51	Arquitectura	RESTIRADOR	04
15	414	50-60	50	Arquitectura	RESTIRADOR	04
16	415	50-60	28	Arquitectura	RESTIRADOR	04
17	416	50-60	42	Arquitectura	RESTIRADOR	04

Carrera: Pedagogía

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	511	50-60	31	Pedagogía	PALETA	05
2	512	50-60	29	Pedagogía	PALETA	05
3	513	50-60	30	Pedagogía	PALETA	05
4	514	50-60	32	Pedagogía	PALETA	05
5	515	50-60	29	Pedagogía	PALETA	05
6	516	50-60	31	Pedagogía	PALETA	05
7	8109	55-70	25	Pedagogía	PALETA	08
8	8110	50-60	30	Pedagogía	PALETA	08
9	8206	50-60	24	Pedagogía	PALETA	08

Carrera: Periodismo

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	521	50-60	50	Periodismo	PALETA	05
2	522	50-60	50	Periodismo	PALETA	05
3	523	50-60	52	Periodismo	PALETA	05
4	524	50-60	31	Periodismo	PALETA	05
5	525	50-60	61	Periodismo	PALETA	05
6	526	50-60	39	Periodismo	PALETA	05
7	911	30-40	39	Periodismo	PALETA	09
8	912	30-40	39	Periodismo	PALETA	09
9	913	30-40	39	Periodismo	PALETA	09
10	914	30-40	40	Periodismo	PALETA	09
11	915	30-40	30	Periodismo	PALETA	09
12	916	30-40	35	Periodismo	PALETA	09
13	917	30-40	19	Periodismo	PALETA	09
14	918	30-40	14	Periodismo	PALETA	09
15	919	30-40	30	Periodismo	PALETA	09

Carrera: Tronco común

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	611	50-60	49	T. Común S. Político	PALETA	06
2	612	50-60	44	T. Común S. Político	PALETA	06
3	613	50-60	46	T. Común S. Político	PALETA	06
4	614	50-60	42	T. Común S. Político	PALETA	06
5	615	50-60	45	T. Común S. Político	PALETA	06
6	616	50-60	40	T. Común S. Político	PALETA	06
7	621	50-60	56	T. Común S. Político	PALETA	06
8	622	50-60	42	T. Común S. Político	PALETA	06
9	623	50-60	43	T. Común S. Político	PALETA	06
10	624	50-60	42	T. Común S. Político	PALETA	06
11	625	50-60	45	T. Común S. Político	PALETA	06
12	626	50-60	44	T. Común S. Político	PALETA	06

Carrera: Filosofía

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	8101	30-40	20	Filosofía	PALETA	08
2	8103	15-20	11	Filosofía	PALETA	08
3	8104	15-20	17	Filosofía	PALETA	08
4	8105	15-20	22	Filosofía	PALETA	08

Carrera: Sociología

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	8106	15-20	28	Sociología	PALETA	08
2	8107	15-20	28	Sociología	PALETA	08
3	8108	15-20	19	Sociología	PALETA	08
4	8111	50-60	31	Sociología	PALETA	08
5	902	15-20	20	Sociología	SEMINARIO	09

Carrera: Lengua y Literatura

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	8209	15-20	32	Lengua y Literatura	PALETA	08
2	8210	15-20	35	Lengua y Literatura	PALETA	08
3	8207	15-20	22	Lengua y Literatura	PALETA	08
4	8208	15-20	14	Lengua y Literatura	PALETA	08

Carrera: Historia

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	8201	30-40	18	Historia	PALETA	08
2	8202	15-20	20	Historia	PALETA	08
3	8203	15-20	34	Historia	PALETA	08
4	8204	50-60	55	Historia	PALETA	08
5	8205	50-60	34	Historia	PALETA	08

Carrera: Economía

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	921	30-40	63	Economía	PALETA	09
2	922	30-40	60	Economía	PALETA	09
3	923	30-40	60	Economía	PALETA	09
4	924	30-40	50	Economía	PALETA	09
5	925	50-75	50	Economía	PALETA	09
6	926	30-40	50	Economía	PALETA	09
7	927	30-40	50	Economía	PALETA	09
8	928	30-40	50	Economía	PALETA	09
9	929	30-40	48	Economía	PALETA	09

Carrera: Salas Seminarios de Varias Carreras

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	903	15-20	23	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
2	904	15-20	14	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
3	905	15-20	25	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
4	908	15-20	14	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
5	909	15-20	13	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
6	9010	15-20	15	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
7	9011	15-20	19	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
8	9012	15-20	11	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09
9	9013	15-20	20	Salas semi-v/car	SEMINARIO	09

Carrera: Enseñanza del Inglés

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	1001	30-40	33	Enseñanza del In	PALETA	10
2	1002	30-40	29	Enseñanza del In	PALETA	10
3	1003	30-40	37	Enseñanza del In	PALETA	10
4	1008	30-40	40	Enseñanza del In	PALETA	10
5	1009	30-40	40	Enseñanza del In	PALETA	10

Carrera: Derecho

No.	Salón	Cupo supuesto	Cupo real	Carrera	Tipo	Edificio
1	1004	30-40	19	Derecho	PALETA	10
2	1005	80-94	60	Derecho	PALETA	10
3	1006	30-40	60	Derecho	PALETA	10
4	1007	30-40	61	Derecho	PALETA	10
5	1011	30-40	59	Derecho	PALETA	10
6	1012	30-40	60	Derecho	PALETA	10
7	1013	30-40	55	Derecho	PALETA	10
8	1014	30-40	36	Derecho	PALETA	10
9	1015	30-40	38	Derecho	PALETA	10
10	1016	30-40	60	Derecho	PALETA	10
11	1017	30-40	60	Derecho	PALETA	10
12	1018	30-40	60	Derecho	PALETA	10
13	1019	30-40	60	Derecho	PALETA	10
14	1021	30-40	60	Derecho	PALETA	10
15	1022	30-40	60	Derecho	PALETA	10
16	1023	30-40	60	Derecho	PALETA	10
17	1024	30-40	60	Derecho	PALETA	10
18	1025	30-40	60	Derecho	PALETA	10
19	1026	30-40	60	Derecho	PALETA	10
20	1027	30-40	60	Derecho	PALETA	10
21	1028	30-40	80	Derecho	PALETA	10
22	1029	30-40	60	Derecho	PALETA	10
23	1207	30-40	68	Derecho	PALETA	12
24	1208	30-40	36	Derecho	PALETA	12
25	1211	30-40	60	Derecho	PALETA	12
26	1212	30-40	59	Derecho	PALETA	12
27	1213	30-40	60	Derecho	PALETA	12
28	1214	30-40	62	Derecho	PALETA	12
29	1215	30-40	50	Derecho	PALETA	12
30	1216	30-40	77	Derecho	PALETA	12
31	1217	30-40	75	Derecho	PALETA	12
32	1218	30-40	40	Derecho	PALETA	12
33	1219	30-40	32	Derecho	PALETA	12
34	1221	30-40	32	Derecho	PALETA	12
35	1222	30-40	62	Derecho	PALETA	12
36	1223	30-40	62	Derecho	PALETA	12
37	1224	30-40	62	Derecho	PALETA	12
38	1225	30-40	62	Derecho	PALETA	12
39	1226	30-40	62	Derecho	PALETA	12
40	1227	30-40	62	Derecho	PALETA	12
41	1228	30-40	63	Derecho	PALETA	12
42	1229	30-40	39	Derecho	PALETA	12

Capacidad física de la Enep Acatlán

Salones	Tipo	Capacidad	Edificio
121 a 123	Restirador	30-40	01
322-II	Restirador	30-40	03
323 a 325	Restirador	30-40	03
311 a 318	Restirador	30-40	03
411 a 416	Restirador	30-40	03
114 y 115	Tele Aula	50-60	01
206 y 223	Tele Aula	50-60	02
515 y 516	Tele Aula	50-60	05
918 y 919	Tele Aula	50-60	09
604	Tele Aula	50-60	06
8111	Tele Aula	50-60	08
1021 y 1029	Tele Aula	50-60	10
1221 y 1229	Tele Aula	50-60	12
902 a 905	Seminarios	15-20	09
908 a 913	Seminarios	15-20	09
102 a 104	Paleta	50-60	01
111 a 116	Paleta	50-60	01
124 a 126	Paleta	50-60	01
205 a 208	Paleta	30-40	02
211 a 219	Paleta	30-40	02
221 a 229	Paleta	30-40	02
402 a 405	Paleta	50-60	04
421 a 426	Paleta	50-60	04
511 a 516	Paleta	50-60	05
521 a 526	Paleta	50-60	05
604	Paleta	50-60	06
611 a 616	Paleta	50-60	06
621 a 626	Paleta	50-60	06
8101	Paleta	30-40	08
8103 a 8111	Paleta	15-20	08
8201	Paleta	30-40	08
802 a 810	Paleta	40-50	08
902 a 905	Paleta	15-20	09
908 y 909	Paleta	15-20	09
9010 a 9013	Paleta	15-20	09
911 a 929	Paleta	30-40	09
1001 a 1009	Paleta	30-40	10
1011 a 1029	Paleta	30-40	10
1207 y 1208	Paleta	30-40	12
1211 a 1219	Paleta	30-40	12
1221 a 1229	Paleta	30-40	12

Las tablas presentadas de la ocupación de salones por carrera, indican de manera global el total de salones ocupados tradicionalmente por cada carrera, aunque no se esta tomando en

cuenta los requerimientos específicos por semestre y turno para cada una de ellas. También hay que considerar que los salones muchas veces son compartidos por 2 o más carreras a la vez, pero de todos modos a una sola carrera se le asigna el salón.

Además de saber la capacidad física de la ENEP Acatlán, es necesario conocer los valores y los rangos permitidos para los factores del problema de decisión, que se transformarán en las variables de decisión del modelo. Cada uno de los grupos/materia que se impartirán por carrera, tiene necesidades diferentes, dependiendo de la materia de que se trate es el tipo de salón que requiere, es decir puede haber materias que requieran salones de Paleta o Dibujo o cualquier otro tipo de salón de los mencionados anteriormente. también cada grupo/materia requiere de diferentes tamaños de salón, dependiendo de la demanda esperada para ese grupo/materia. Así que se deben de asignar salones grandes a grupos/materia con demanda grande. La demanda que se considera es la del semestre inmediato anterior que se tuvo en el mismo grupo/materia.

La asignación de salones para cada carrera va a estar limitada al número de salones que tradicionalmente ha ocupado en la ENEP y no se podrán asignar salones que estén muy lejos del bloque principal de salones que le corresponde a la carrera. Otro factor importante que esta presente en la asignación de salones es, que se sigue un orden en la asignación, en el cual primero son asignados los grupos del 1º. al 5º. Semestre, esto para procurar que les toque todas las materias del grupo en un mismo salón, y evitar que en estos semestre les asignen diferentes salones, esto solo es posible en las carreras que no llevan talleres o no requieren salones especiales, generalmente se aplica cuando las materias en estos primeros cinco semestres requieren salones de un mismo tipo como pueden ser todos de paleta o todos de restirador.

Existen otro tipo de factores que podemos considerar como incontrolables y que afectan de alguna manera la solución final en la asignación. Algunos factores considerados como incontrolables en el sistema son: Los cambios que cada carrera realice posteriores a la asignación

en los horarios de los grupos/materia, o que se hagan peticiones especiales de salones por diferentes cuestiones, como puede ser, requerir de salones más grandes o más pequeños debido a la demanda real que finalmente tuvo el grupo/materia, o casos en los que se solicita un salón en especial para algún profesor. Estas peticiones obligan a modificar la asignación que se obtuvo como óptima por el modelo automatizado de asignación. Para poder controlar estas situaciones que modifican los resultados iniciales, se debe buscar algún mecanismo dentro del modelo automatizado, para efectuar los cambios necesarios sin que se afecten los demás resultados de la asignación.

1.4 FORMA DE ASIGNACIÓN MANUAL

Alrededor de 2 mese antes del inicio de cada semestre, se empieza a efectuar el proceso de asignación de salones, los secretarios técnicos de cada carrera, se encargan de mandar a la Secretaría General, una propuesta de asignación para cada uno de los grupos/materia que se impartirán en ese semestre, este documento se manda en hojas de papel. En la Secretaría General se revisa que no se traslapen las solicitudes de asignación de salones de una carrera con otra, también, checa que los salones que se solicitan, no estén fuera de los salones que tradicionalmente ocupa cada carrera. La Secretaría General manda a cada carrera el reporte de los salones que finalmente le van a tocar para ese semestre, en la fig. 1.3 se muestra el diagrama de flujo del proceso de asignación manual.

Como resultado del proceso de asignación de salones en forma manual, en el que se maneja todo el proceso mediante documentos, y es reportado por medio de informes a las carreras que se imparten en la ENEP Acatlán, el proceso de asignación resulta tener las siguientes complicaciones:

- ⇒ Proceso de asignación de salones lento, laborioso, cansado y con el riesgo de incurrir en errores de traslape, es decir, asignar a grupos/materia en el mismo salón a la misma hora y el mismo día.

- ⇒ Las modificaciones de asignación solicitadas para grupos/materia especiales, suelen requerir de muchos cambios en la asignación.
- ⇒ No se puede consultar inmediatamente cuál es la disponibilidad total de salones en un momento determinado durante el proceso de asignación.
- ⇒ Resulta difícil saber, cuáles grupos/materia han sido asignados, cuales requieren de un salón especial, y cuantos faltan por asignarse de cada carrera.
- ⇒ La información de la asignación realizada para cada carrera, tiene que ser registrada en papel manualmente, y regresada a cada una de las carreras.
- ⇒ Las carreras tienen que capturar la información de los salones que Secretaria General les asignó en el sistema de información que reporta los horarios a los profesores y alumnos.
- ⇒ Es posible realizar una asignación no apropiada, al mandar a grupos/materia con mucha demanda a salones que no tiene el suficiente número de lugares para los alumnos que se inscribieron.
- ⇒ El proceso de asignación se realiza sobre hojas de papel, en las que se dibuja una matriz representando al salón, en los diferentes días de la semana y a las diferentes horas en las que se puede tomar clase, sobre esta hoja se van rellenando las celdas con diferentes colores para diferenciar las carreras que lo van a ocupar.
- ⇒ La asignación presenta la deficiencia de no ir contemplando los diferentes factores que influyen en la decisión de asignar un salón como son:
 - a) El tipo de salón que se requiere para un grupo/materia en particular
 - b) El tamaño del salón que se necesita para cubrir el número de alumnos que se pueden inscribir
 - c) La ubicación de los salones, de manera que se evite la dispersión de los grupos/materia que correspondan a una carrera, de manera que se puedan mantener lo más cercano posible los salones y de preferencia que se mantengan en un solo bloque de algún edificio.

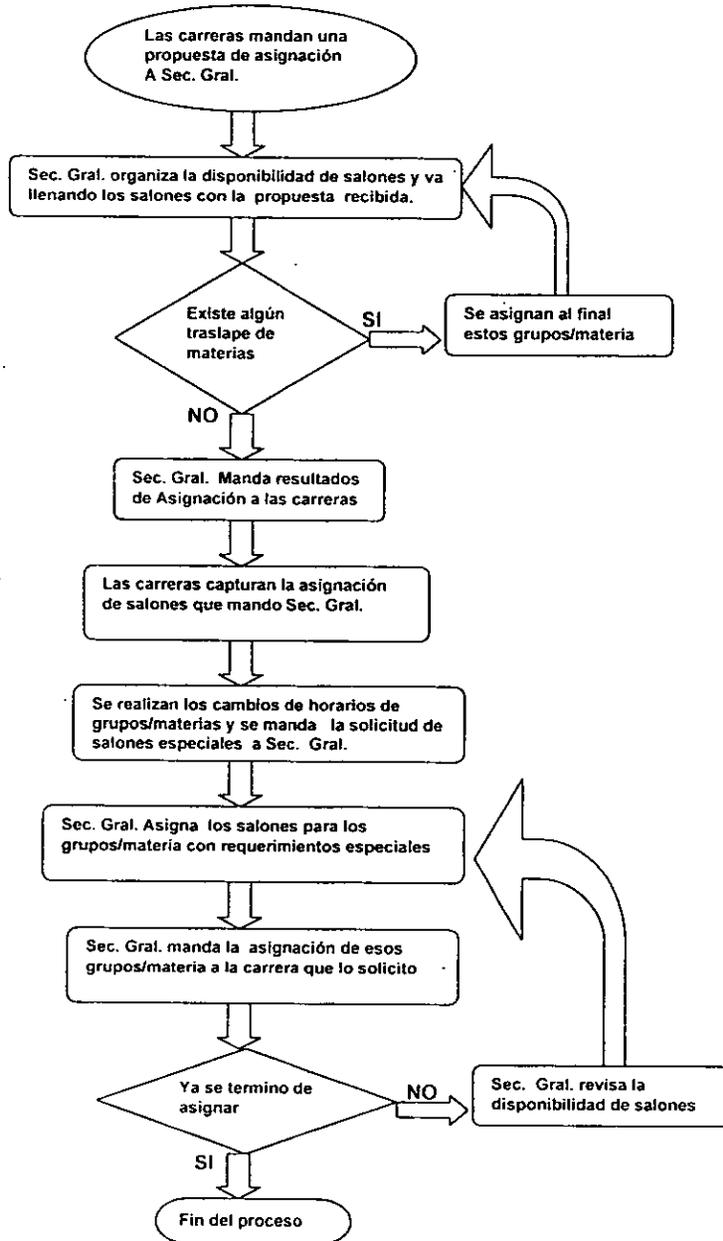


Fig. 1.3 Diagrama de flujo del proceso manual de asignación de salones

Después de haber analizado el proceso de asignación de salones tradicional, que es llevado en la Secretaría General de la ENEP Acatlán, podemos concluir que es factible la realización de un modelo de Programación Lineal que optimicé el proceso de asignación de salones, además de que el modelo podrá implementarse mediante un sistema de cómputo, de esta manera, el proceso de asignación no solo se va a optimizar, sino también se facilitará la asignación y se realizará de una manera rápida, aprovechando la infraestructura en materia de cómputo con que se cuenta en la ENEP Acatlán. De esta manera a continuación se presentan los objetivos y la hipótesis del presente trabajo.

1.5 OBJETIVOS

Demostrar que el modelo apropiado de Investigación de Operaciones que puede optimizar el proceso de asignación de salones a los grupos/materia que se abren cada semestre en las carreras que se imparten en la ENEP Acatlán es un modelo de asignación de Programación Lineal, en el cual se contemplan las variables y restricciones que intervienen en el problema como la demanda de salones por carrera y disponibilidad física de la ENEP Acatlán.

Implantar el modelo de asignación apropiado mediante el diseño y desarrollo de un sistema de cómputo, el cual pueda llevar por completo el proceso de la asignación de salones a los grupos/materia que se impartirán en el semestre, aprovechando además las herramientas de cómputo que existen en la ENEP Acatlán y utilizando la red de área local para la transmisión de datos, haciendo el proceso de asignación más fácil de manejar y rápido.

1.6 HIPOTESIS

El modelo de Investigación de Operaciones apropiado para la optimización del proceso de asignación de salones a los grupos/materia de cada una de las carreras que se imparten en la ENEP Acatlán, es el modelo de asignación de Programación Lineal en el que se consideran

variables como la disponibilidad de salones por carrera, los días y horas que se imparten los grupos/materia y tipo de salón que requieren, contemplando las restricciones del modelo como son. la cantidad de tipos de salones diferentes, los distintos tipos de horarios, la distancia con respecto a un punto céntrico, la capacidad física de los salones, el cupo esperado de cada grupo/materia y la ubicación tradicional por carrera.

La asignación de salones en la ENEP Acatlán es un proceso que se llega a tardar de 1 a dos meses hasta que se obtiene la asignación final, es un proceso de toma de decisiones donde intervienen una gran cantidad de variables, son muchas las restricciones que se toman en cuenta, y cuando una vez terminada la asignación se realizan peticiones especiales de salones, se provocan cambios en la asignación que pueden ser tardados y laboriosos. Todo el proceso es llevado manualmente y por tal motivo se llegan a incurrir en algunos errores, las consultas de disponibilidad de salones o de asignaciones hechas por carrera no se pueden obtener inmediatamente. Resulta necesaria la implantación de un modelo matemático automatizado que ayude en el proceso de asignación y que además sea lo suficientemente flexible para efectuar los cambios necesarios en las asignaciones.

Para la obtención de un modelo de asignación de salones apropiado, se van a utilizar los modelos matemáticos proporcionados por la Investigación de Operaciones, para este problema en particular serán utilizados los de Programación Lineal. En el siguiente capítulo se describe la metodología de la Investigación de Operaciones y los modelos matemáticos que se utilizarán para la solución de este problema.

2.1 ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Durante la Primera Revolución Industrial fue que empezaron a desarrollarse los problemas que más tarde resolvería la Investigación de Operaciones, con la llegada de los medios mecánicos, el desarrollo de las comunicaciones y transporte, impulsaron a la industria de manera que comenzó a crecer aceleradamente, esto continúa en la actualidad. Conforme la industria crecía fue necesario dividir el trabajo directivo en varias funciones, de esta manera se crearon los puestos de gerentes de producción, finanzas, personal, mercadeo e investigación y desarrollo. Con el crecimiento industrial, estas funciones se subdividieron y con el aumento de la población se abrieron nuevos mercados, por lo cual la actividad industrial se dispersó geográficamente. Junto con estos cambios también surgieron las especialidades científicas orientadas a la administración como la investigación de mercados, microeconomía industrial y la psicología y sociología industriales.

Aunque las formas de administración eran más especializadas no se aplicaba la ciencia a la función ejecutiva de la administración. Entendiendo por función ejecutiva de la administración, la tarea de integración de las unidades subordinadas, estableciendo objetivos y medir la eficiencia de las mismas, tomando por ejemplo de diferentes unidades los departamentos de:

- ↳ Producción
- ↳ Finanzas
- ↳ Personal
- ↳ Mercadeo

Cada una de estas unidades tienen sus propios objetivos, los cuales llegan a tener contradicciones entre ellos y es difícil de llevarlos a cabo en la práctica. Del ejecutivo depende el solucionar los conflictos que surjan entre las unidades a su cargo y efectuar una buena tarea de

integración. La función del ejecutivo, se desarrolló paulatinamente conforme a las organizaciones, inicialmente el ejecutivo sólo requería un buen criterio con base en la experiencia para resolver sus problemas. Sin embargo, su tarea requería más tiempo y fue así como buscó ayuda de quienes tenían más experiencia en los problemas que se presentaban. Así surgieron los asesores en administración y que más tarde serían asesores en Investigación de Operaciones o abreviando en IO.

La IO tardó en desarrollarse en el campo de la administración industrial, de no haber sido por los progresos logrados en la Segunda Guerra Mundial, la IO no hubiera progresado como esta en la actualidad. Las organizaciones militares pasaron por las mismas etapas evolutivas de la administración que las industrias y a causa de las mismas razones. El avance de las nuevas tecnologías y la expansión requirieron una mayor división y especialización de habilidades administrativas. En el ámbito militar aparecieron cuatro funciones administrativas principales: 1.- administración, 2.- inteligencia, 3.- operaciones y entrenamiento, y 4.- suministro y logística. Estas a su vez se dividieron en subfunciones. Los ejecutivos y administradores militares británicos recurrieron a los científicos en busca de ayuda cuando comenzaron los ataques aéreos alemanes a la Gran Bretaña. Equipos de científicos de varias disciplinas trabajaron en esos problemas con éxito en los años de 1939 y 1940. El éxito que tuvieron motivó a una mayor demanda de esos servicios y el uso de equipos de científicos se extendió a los aliados occidentales, Estados Unidos, Canadá y Francia. El trabajo de estos científicos se llegó a conocer como Investigación de Operaciones ó IO.

Cuando finalizó la Segunda Guerra Mundial los especialistas en IO que trabajaban en el campo militar fueron siendo absorbidos poco a poco por la industria para apoyar a los ejecutivos industriales que necesitaban de analistas en IO. De esta manera en muchas industria se empezó a desarrollar la IO industrial. Después de una década de desarrollo en el campo militar, la IO continuó creciendo en ellas y se extendió con mucha rapidez a organizaciones industriales, académicas y gubernamentales.

2.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La IO se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones o actividades dentro de la organización. El enfoque de la IO es el mismo del método científico. El proceso comienza por la observación cuidadosa, la formulación del problema y sigue con la construcción del modelo científico que intenta abstraer la esencia del problema real. Enseguida se propone la hipótesis de que el modelo es una representación lo suficientemente precisa de las características esenciales para que las conclusiones o soluciones sean válidas para el problema. La hipótesis se verifica y modifica mediante las pruebas adecuadas. La IO incluye la investigación científica creativa de las propiedades fundamentales de las operaciones, intenta resolver conflictos de intereses entre los componentes de las organizaciones de manera que el resultado sea el mejor para la organización completa. La IO intenta encontrar la mejor solución, o la solución óptima al problema bajo consideración en vez de solo mejorar el estado de las cosas, la meta es encontrar el mejor curso de acción posible, es una búsqueda de la optimalidad. La IO se ocupa de la toma de decisiones óptimas y del modelado de sistemas Determinísticos y Probabilísticos que se originan en la vida real. Se puede obtener un conocimiento profundo del problema a partir del análisis científico que proporciona la IO.

Con el rápido crecimiento que está teniendo el mundo de la computación, cada vez aparecen equipos de cómputo más pequeños y de mayores capacidades físicas, de entre las que destaca la velocidad de procesamiento. Estos equipos de cómputo nos dan la oportunidad de desarrollar software aplicando los modelos de la Investigación de Operaciones a la solución de problemas de la vida real, de manera que nos proporcionen soluciones a problemas de una forma rápida y precisa, sin tener que realizar los cálculos manualmente para la solución de estos algoritmos. De esta manera se puede disponer de mayor tiempo para la formulación de problemas, la interpretación e implantación de los resultados.

2.3 MODELOS MATEMÁTICOS

En la Investigación de Operaciones la Construcción de modelos juegan un papel muy importante para la solución de problemas. Podemos describir un modelo como una representación de un sistema de la vida real. Los modelos se pueden estudiar agrupándolos por tipos de acuerdo al grado de abstracción que tengan.

- a) **Modelo Icónico:** es una representación física de un sistema real a mayor o menor escala.
- b) **Modelo Análogo:** Este modelo representa las propiedades reales de un sistema por medio de otro conjunto de propiedades más simple y más fácil de manipular.
- c) **Modelo Matemático o Simbólico:** Este modelo es el más abstracto y el de mayor interés para la Investigación de Operaciones. Un modelo simbólico utiliza letras, números y relaciones matemáticas para representar las propiedades de la vida real.

La Investigación de Operaciones utiliza casi exclusivamente modelos de tipo matemático, para representar los sistemas de la vida real, con la ventaja de ser conciso, permite la utilización de las técnicas matemática disponibles y ofrece la posibilidad de poderlas resolver desarrollando el software adecuado que se ejecute en la computadora. Un modelo matemático incluye tres elementos principales: variables, función objetivo y restricciones o limitaciones.

Variables: Se clasifican en Controladas y no controladas. Los modelos totalmente descriptivos no tienen variables controladas. Un modelo totalmente explicativo tiene todas las variables controladas, siendo éstas totalmente predominantes en las ciencias físicas. Los modelos aplicados para describir y analizar sistemas de gestión tienen variables controladas e incontroladas. Las variables controladas de un modelo son, casi frecuentemente las variables de decisión. Estas variables de decisión son generalmente desconocidas y deben determinarse por medio del análisis.

Función objetivo: Define la medida de la eficacia del sistema en estudio. Es una función matemática de las variables de decisión. Se obtiene una solución óptima para el modelo cuando los valores para las variables de decisión dan el mejor valor de la función objetivo.

Restricciones: Las variables de decisión están restringidas generalmente, a un rango de valores factibles, debido a las limitaciones tecnológicas y económicas de la vida real. Una restricción podría ser que las variables de decisión pudieran tomar valores positivos.

Los modelos matemáticos se clasifican como determinísticos cuando se conoce con certeza las variables incontroladas, con frecuencia llamadas parámetros, que relacionan las variables de decisión con las funciones objetivo y las restricciones. Por otro lado están los modelos Probabilísticos o Estocásticos que tienen parámetros que toman un rango de valores de acuerdo a una distribución de probabilidad.

Cuando se realizan modelos matemáticos, la complejidad del modelo depende del entorno de la vida real que está modelando, algunos autores de IO sugieren que la complejidad del problema puede especificarse de acuerdo a tres dimensiones: Estática o Dinámica, Determinista o Probabilista y Racional o Irracional. De todos los modelos, los de mayor dificultad son los Dinámicos afectados por el factor tiempo, los Probabilísticos y los que implican un oponente irracional (como podrían ser los problemas que involucren a la naturaleza). Existen muchas dificultades cuando se está modelando, éstas se incrementan cuando se modelan problemas que involucran varios objetivos como podría ser maximizar el beneficio, y relaciones matemáticas no lineales.

Cuando se realizan modelos matemáticos de la vida real, y se llega a obtener solución de ellos, éstos proporcionan un vehículo para la toma de decisiones, pero la decisión final debe ser puesta a consideración por las personas encargadas de decidir, ya que deben considerar

situaciones tales como la predisposición del personal y la aptitud que tomen al adoptar el nuevo sistema de acuerdo a los resultados proporcionados por la Investigación de Operaciones.

2.4 FASES PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON INVESTIGACION DE OPERACIONES

La persona dedica a la aplicación de la Investigación de Operaciones lleva a cabo una experimentación sobre modelos de la vida real, utilizando el modelo que implantó para encontrar los valores de las variables de decisión, que siendo interpretadas como decisiones del problema de la vida real, puede ofrecer óptimos resultados.

Se puede considerar que la aplicación de la Investigación de Operaciones a la solución de problemas consta de cinco etapas. Aunque las etapas pueden interactuar entre sí, y es posible que haya que reconsiderar un problema si el estudio aporta una nueva información sobre la etapa anterior. Como por ejemplo, el modelo puede modificarse en el momento de la implantación o probablemente las pruebas del modelo revelen ciertos defectos en la formulación del problema, enseguida se presentan estas cinco etapas:

2.4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En esta etapa se lleva a cabo una descripción precisa de los objetivos del estudio, la identificación de las variables controladas de decisión y los parámetros del sistema bajo estudio, así como cualquier restricción sobre las variables de decisión que el modelo presente. El problema puede tener diferentes grados de complejidad dependiendo de diferentes factores como: problemas de grupos en lugar de problemas individuales, el número de las acciones alternativas, objetivos múltiples en lugar de objetivos únicos, la influencia incontrolada del entorno y las dificultades encontradas en la implantación del modelo matemático.

Podemos considerar como cuestiones importantes en la formulación del problema las siguientes:

1.- **¿Quiénes toman las decisiones y cuáles son sus objetivos?** Esto nos proporciona información para formular la función objetivo del modelo. El caso más sencillo ocurre cuando un único individuo solicita una solución para un problema en particular, con lo cual se tiene un único objetivo. Cuando varias personas encargadas de tomar decisiones tienen interés en un problema, pueden surgir objetivos múltiples.

2.- **¿Cuáles son los factores de la vida real que están bajo el control de quienes toman decisiones y que afectan de manera significativa a la solución?** En esta parte se pueden distinguir lo que son las variables de decisión. La operación y los resultados del sistema de la vida real son generados a partir de las interacciones entre los factores, de manera frecuente se pueden obtener buenas predicciones de estos resultados remitiéndose a unos pocos factores importantes que pueden identificarse con la ayuda de técnicas estadísticas tales como la correlación y la regresión múltiple. Los valores de las variables de decisión son desconocidos y se determinan por medio del análisis.

3.- **¿Cuáles son los valores y los rangos permitidos para las variables de decisión?** Esto se refiere a la determinación de las restricciones del problema. Las variables de decisión tienen limitaciones impuestas por los requerimientos tecnológicos y económicos de la vida real. Como por ejemplo las limitaciones en un sistema de producción impuestas por la mano de obra el capital y el espacio, entre otras.

4.- **¿Cuáles son los factores incontrolables que influyen de manera significativa en las soluciones?** Esto es la determinación de las variables incontroladas. Las variables controladas o variables de decisión, junto con las variables incontroladas, forman la estructura del sistema e interactúan para generar el resultado medido por la función objetivo. Las variables incontroladas están generalmente especificadas o estimadas y se convierten en parámetros del modelo.

2.4.2 CONSTRUCCION DE UN MODELO

Un modelo es una representación abstracta de un sistema de la vida real, un modelo satisfactorio es el que predice los resultados de la vida real con una precisión aceptable. Al realizar el modelo se debe construir este de acuerdo a los datos disponibles, a la precisión esperada del estudio y el usuario final del modelo. Los modelos deben de ser sencillos para facilitar su manipulación, ya existen una serie de modelos bien estudiados que han surgido del análisis de problemas recurrentes, que pueden ser adaptados a la solución de problemas de la vida real, se deben de estudiar bien las posibilidades de aplicación de cada uno de estos modelos, antes de iniciar un nuevo análisis para la creación de otro modelo. Cuando se modelan sistemas de la vida real, estos pueden presentar propiedades muy complejas que pueden dificultar su modelación y el análisis, por lo que se puede adoptar una serie de posibles simplificaciones, siempre y cuando la precisión que se perdiera sea aceptable. Las siguientes son algunas simplificaciones comúnmente utilizadas en la modelación de sistemas de la vida real.

1.- Agregación de variables. El modelado de sistemas, utilizando un gran número de variables no es muy recomendable, por lo cual se hace necesario agrupar elementos similares, es decir mediante el análisis se pueden agrupar propiedades semejantes en categorías.

2.- Transformación de variables. Las variables que solamente pueden tomar valores enteros, son de difícil manipulación y con frecuencia se tratan como variables continuas. De manera que cualquier valor fraccionario de la solución se redondea al entero más próximo, siempre y cuando esto sea aceptable. Solamente es posible redondear al entero más próximo si la solución sigue siendo factible; si no es así, se necesita modelar con algoritmos de programación de enteros. En ciertos casos se pueden aplicar raíces cuadradas, potenciación al cuadrado, potenciación al cubo, entre otras, para facilitar el análisis del sistema.

3.- Transformación de relaciones. Esta se llega a utilizar para pasar de relaciones no lineales a lineales, debido a que el análisis matemático del álgebra lineal está bastante desarrollado. Muy a menudo, las funciones no lineales o las curvas se representan en forma de fragmentos de

funciones lineales para facilitar el análisis lineal. La solución obtenida de esta manera proporciona buenos resultados, pero a cambio de que cada función lineal deba quedar bien especificada para cada rango de la variable de decisión.

4.- Modificación de variables. Una de las modificaciones más común es la de ignorar algunas o todas las variables y de esa manera obtener una solución al problema. Si una restricción no es satisfecha puede modificarse la solución por medio de un análisis. Otra modificación consiste en transformar la variable de forma que la restricción no vuelva a estar activa.

5.- Descomposición del sistema. Se llegan a encontrar casos en que el sistema de la vida real es excesivamente largo y complicado para su modelación total, por lo que es necesario subdividir el sistema en una serie de subsistemas más pequeños. Cada subsistema se modela por separado y con frecuencia, los resultados de un modelo se introducen en otro. Esta solución conduce en muchas ocasiones, a una sub-optimización cuando existen interacciones inesperadas entre los submodelos.

Existen patrones en la construcción de modelos que varían desde sistemas de fácil comprensión, esto desde la perspectiva de la observación y la discusión, hasta las situaciones más complejas en la que existe una carencia de datos descriptivos y en las que resulta difícil una modelación de la forma en que opera el sistema.

2.4.3 SOLUCIÓN DEL MODELO

La solución de los modelos de Investigación de operaciones presenta unas características que pueden dividirse en dos categorías. La primera de ellas tiene soluciones para los modelos que permiten un valor óptimo de la función objetivo y en el cual las variables de decisión pueden evaluarse de una vez. Las soluciones de esta categoría son técnicas de optimización y llegan a ser, aun que no siempre, procedimientos iterativos como el método simplex de programación lineal, o como los métodos iterativos del análisis de redes. Los métodos iterativos comienzan con una solución inicial que satisface todas las restricciones del modelo, pasando luego a una solución mejor hasta llegar a la óptima. Estos procedimientos iterativos bien planteados pasan de una

solución factible inicial hasta alcanzar en un número finito de etapas la solución óptima. En algunos casos se utiliza de forma común la optimización utilizando el cálculo como en los modelos de Control de Inventario.

En la segunda categoría de soluciones están las que facilitan, a quien se encarga de la toma de decisiones, unas medidas sobre el comportamiento de un conjunto dado de valores de las variables de decisión. El modelo se utiliza para evaluar las medidas del comportamiento para un número de valores de las variables de decisión.

La persona encargada de tomar las decisiones establece una comparación y selecciona el conjunto de valores para las variables de decisión que optimizan su función objetivo. Los métodos de solución aplicados en esta categoría son técnicas que facilitan la optimización e incluyen el cálculo, la simulación y la heurística. El cálculo es el método de solución que se aplica en teoría de colas, donde una cola se describe en términos de variables y las medidas del comportamiento se deducen utilizando el cálculo.

Cuando el modelo es demasiado complejo para analizarlo por medio de técnicas analíticas tales como el cálculo, se aplica la simulación. La simulación implica una experimentación con el modelo de forma que emule la realidad. La simulación trabajará, con los datos observados para producir una salida que es muy parecida a la generada por el sistema real.

La heurística es un conjunto de reglas lógicas que pueden aplicarse en conjunción con otras soluciones técnicas, en particular con la simulación para producir buenas u óptimas soluciones. La aplicación de alguna técnica para evaluar los valores óptimos de las variables de decisión constituye solamente la primera etapa de la solución. Después de este paso un buen análisis detecta que, con frecuencia, los parámetros del modelo pueden ser modificados. El último análisis, que se conoce como el análisis de sensibilidad se aplica comúnmente considerando las estimaciones optimistas, las más probables y las pesimistas de algún parámetro del modelo.

En su forma más simple, el análisis de sensibilidad considera todos los cambios habidos en un parámetro del modelo de una sola vez. Aunque si hay razón para creer que un cambio en un parámetro del modelo puede afectar a otro, pueden cambiarse varios parámetros del modelo a la vez, para reflejar esta interdependencia. Se han desarrollado análisis sensitivos para varias de las técnicas ya establecidas, con el fin de facilitar rangos para los parámetros del modelo para los cuales la solución sigue siendo óptima. Es esencial investigar la solidez de la solución por medio de algún análisis de sensibilidad. Cuando la solución es presentada con una indicación de que es la mejor solución, inspira confianza a quien toma las decisiones.

2.4.4 VALIDACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL MODELO

La validación e implantación del modelo son las dos últimas etapas en la aplicación de la Investigación de Operaciones a la solución de problemas, y están relacionadas con la forma en que se comporta el modelo y la eficacia de éste al utilizarlo en la toma de decisiones. La validación del modelo no es una etapa aislada respecto a las otras etapas, ya que el modelo normalmente sufre modificaciones durante su construcción como consecuencia de la retroalimentación en las diferentes etapas de su desarrollo. De otra manera el modelo puede estar alejado de la realidad. Con el modelo completamente construido se pueden realizar una serie de preguntas para determinar el grado de validez del modelo, algunas de estas preguntas podrían ser. ¿El modelo se ajusta correctamente al comportamiento anterior del sistema real? Dado que el modelo se construye con datos pasados del sistema real, no se puede decir que el modelo es una representación completa, y por lo tanto es necesaria una validación posterior. Otra pregunta puede ser. ¿Pronostica el modelo datos futuros del sistema real? Para probar esto, algunas ocasiones se toman datos, y se omiten algunos datos, de manera que el modelo los pronostique y ver si éstos son datos conocidos. El modelo también puede ser aplicado al proceso de decisión existente y analizar si ofrece soluciones que mejoren las utilizadas actualmente.

Los modelos deben demostrar su superioridad para que se pueda aceptar su implantación en la solución de algún problema. También deben ser rentables y generar un ahorro efectivo sobre el proceso de toma de decisiones que se venía empleando, en el que los costos de la construcción e implantación del modelo queden compensados por el ahorro conseguido con la aplicación del modelo.

En la aplicación de la Investigación de Operaciones llegan a ocurrir casos en los que no se consigue implantar un modelo válido, a pesar de que demuestra una clara superioridad y rentabilidad, debido a una inadecuada consideración del factor humano. Para lograr una buena aplicación de los modelos, los directivos o las personas encargadas de la toma de decisiones, deben participar en el desarrollo del modelo y deben disponer de todas las oportunidades para analizarlo regularmente, con el fin de que puedan adquirir un conocimiento completo de todas las suposiciones y técnicas utilizadas. Se recomienda consultar, en la primer etapa, a todas aquellas personas que utilizan y se ven afectadas por el nuevo modelo. Mediante la interacción de usuarios y diseñadores se tienen dos ventajas; el que diseña tiene una visión de las posibles dificultades de la implantación del nuevo modelo y el usuario se siente parte activa del proyecto, aportando quizás alguna observación que pueda ser importante para la solución.

Dado que las variables incontroladas y el entorno de un modelo están en continuo cambio, es necesario verificar el modelo y las soluciones. Normalmente se utilizan técnicas estadísticas con ayuda de diagramas de control para detectar si un modelo todavía sigue manteniendo unas predicciones aceptables. Si un modelo falla en las predicciones necesita de una investigación adicional, y las predicciones inadecuadas pueden ser consecuencia de un cambio en los parámetros del modelo. Es necesario establecer controles eficaces para el modelo, de manera que se puedan detectar los cambios importantes y se proceda a una revisión sistemática del modelo. El análisis de sensibilidad actúa como una forma de control cuando se sabe que una solución

permanece óptima, con el supuesto de que los parámetros del modelo se encuentran dentro de los rangos establecidos¹¹.

En realidad la construcción de modelos es un arte que no puede definirse y, por lo tanto, no puede automatizarse. La construcción de modelos requiere práctica, originalidad e imaginación, más aún en aquellas ocasiones en las que nunca se ha aplicado la Investigación de Operaciones.

De las técnicas que maneja la IO, la Programación Lineal es una de las más utilizadas, se ha aplicado con éxito a gran cantidad de problemas de la vida real. Los problemas que resuelve la Programación Lineal son los que tratan con el problema general de asignar recursos limitados a actividades competitivas de la mejor manera posible, es decir, en una forma óptima. El problema de asignación de salones es exactamente un problema que encaja dentro de estas técnicas de la IO, por lo que se empezó a modelar el problema con estas herramientas.

2.5 MODELO DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE

El problema del transporte se refiere a la distribución de cualquier bien desde cualquier grupo de centros de abastecimiento, llamados **origenes**, a cualquier grupo de centros de recepción, llamados **destinos**, de manera que se minimicen los costos totales de la distribución. Una suposición básica es que el costo de distribución de unidades desde el origen *i* al destino *j* es directamente proporcional al número distribuido, donde *c_{ij}* denota el costo por unidad distribuida.

Sea *Z* el costo total de distribución y *X_{ij}* (*i*= 1, 2, ..., *m*; *j*=1, 2, ..., *n*) el número de unidades que se distribuyen del origen *i* al destino *j*, la formulación de programación lineal para este

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimizar} && Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\
 & \text{sujeta a} && \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} = s_i && \text{para } i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j && \text{para } i = 1, 2, \dots, n \\
 & x_{ij} \geq 0, && \text{para toda } i \text{ y } j.
 \end{aligned}$$

problema es:

Significado de los términos en el problema de transporte.

Termino	Significado
m	origenes
n	destinos
s _i	Recursos en el origen i
d _j	Demanda en el destino j
c _{ij}	Costo por unidad distribuida desde el origen i al destino j

La tabla de costos y requerimientos para el problema de transporte es:

	Costo por unidad distribuida				Recursos	
	Destino					
	1	2	...	n		
Origen	1	c ₁₁	c ₁₂	...	c _{1n}	s ₁
	2	c ₂₁	c ₂₂	...	c _{2n}	s ₂

	m	c _{m1}	c _{m2}	...	c _{mn}	s _m
Demanda	d ₁	d ₂	...	d _n		

El destino i (i=1,2,...,m) dispone de s_i unidades para distribuir a los destinos y el destino j (j=1,2,...,n) tiene una demanda de d_j unidades que recibe desde los orígenes. Una condición necesaria y suficiente para que un problema de transporte tenga soluciones factibles es que los recursos totales deben ser iguales a la demanda total, de manera que el sistema debe estar balanceado.

$$\sum_{i=1}^m s_i = \sum_{j=1}^n d_j$$

Si el problema no está balanceado, es decir que existan más orígenes que destinos o más destinos que orígenes, entonces se agrega un origen o destino imaginario que se llama origen ficticio o destino ficticio, con el fin de convertir las desigualdades en igualdades y satisfacer la condición de factibilidad.

2.6 PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Este problema consiste en un tipo especial de problema de programación lineal en el cual los recursos se asignan a las actividades sobre una base de uno a uno. De esta manera cada recurso debe asignarse a una actividad en particular. Existe un costo c_{ij} asociado con el asignado i ($i= 1, 2, \dots, n$) cuando éste realiza la asignación j ($j= 1, 2, \dots, n$), de manera que el objetivo es determinar cómo deben hacerse las asignaciones con el propósito de minimizar los costos totales.

El modelo matemático para el problema de asignación utiliza las siguientes variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el asignado } i \text{ realiza la asignación } j \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

para $i= 1, 2, \dots, n$ y $j= 1, 2, \dots, n$. De modo que, cada x_{ij} es una variable binaria (0,1). Las variables binarias son importantes en la IO para representar las decisiones de sí o no, es decir si debe ser asignado i para realizar la actividad j . Se nombrará Z como el costo total, y el modelo de asignación queda representado como:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeta a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \text{para toda } i \text{ y } j.$$

(x_{ij} binarias para toda i y j).

La tabla de costos y requerimientos para el problema de asignación es:

	Costo por unidad distribuida				Recursos	
	Destino					
	1	2	...	n		
Origen	1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1n}	1
	2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2n}	1

	$m=n$	C_{n1}	C_{n2}	...	C_{nm}	1
Demanda	1	1	1	1		

Con el primer conjunto de restricciones se especifica que cada asignado realizará exactamente una asignación, mientras que el segundo conjunto de restricciones especifica que cada asignación sea realizada exactamente por un asignado. El problema de asignación es sólo un caso especial de los problemas de transporte en donde los orígenes son ahora los asignados y los destinos son las asignaciones, con:

(m) número de orígenes = (n) número de destinos

Cada recurso $s_i = 1$. Con $i=1, 2, 3, \dots, n$.

Cada demanda $d_j = 1$. Con $j=1, 2, 3, \dots, m$.

La manera de resolver el problema de asignación es con el método Húngaro de asignación, el cual utiliza la matriz de costo beneficio que genera el problema, a continuación se describen los pasos para la solución de este método.

2.7 MÉTODO HÚNGARO

Dado que el problema de asignación es un tipo de problema lineal, con una estructura de transporte, pero donde la oferta en cada origen es de valor uno y la demanda en cada destino es también de valor uno, se utiliza el método Húngaro para resolver el problema de asignación. Este algoritmo para la solución de problemas de asignación, es mucha más rápido, comparándolo con la solución utilizando el método simplex o el algoritmo del transporte. Se llama método Húngaro de asignación, debido a que fueron dos matemáticos Húngaros, König (1916) y Egervary (1931) los que aportaron las teorías necesarias para la construcción de este método. A continuación se presentan los pasos del Algoritmo:

Paso 1. Dada la matriz de costos del problema de asignación balanceado, se resta en cada columna y en cada renglón el número más pequeño de esa columna ó renglón, del resto de los elementos en esa columna o renglón. Matemáticamente se representa como:

$$C'_{ij} = C_{ij} - \underset{i}{\text{Min}} C_{ij} \quad j=1, \dots, n,$$

$$C''_{ij} = C'_{ij} - \underset{j}{\text{Min}} C'_{ij} \quad i=1, \dots, n,$$

Paso 2. En la nueva matriz de costos seleccione un cero en cada renglón y columna. Elimine durante el proceso de selección la columna y el renglón a los que pertenece el cero seleccionado. Si al finalizar este paso se ha hecho una asignación completa de ceros, es decir, cada origen tiene asignado un solo origen, se ha encontrado la asignación óptima. En caso contrario se continúa con el siguiente paso.

Paso 3. En este paso se checan los siguientes pasos:

- 3.1 Marque cada fila que no contiene un cero asignado.
- 3.2 Marque cada columna que contiene un cero (no necesariamente asignado) en la fila marcada en el paso 3.1.
- 3.3 Marque cada fila que contiene un cero asignado en la columna marcada en el paso 3.2
- 3.4 Repita los pasos 3.2 y 3.3 hasta que no se puedan marcar más columnas o filas.
- 3.5 Tache las filas no marcadas y las columnas marcadas.

- 3.6 Seleccione al número más pequeño de los elementos no cubiertos por una tachadura horizontal o vertical. Los elementos cruzados por una sola tachadura no cambian. Regrésese al paso 2ⁿ1.

El algoritmo presentado, muestra algunas complicaciones en el paso 3, esto cuando se trata de implementar en la computadora, el paso 3 provoca que se realice un algoritmo de cómputo para efectuar la búsqueda, de manera que el algoritmo húngaro de asignación tiene que realizar más operaciones de cómputo. Enseguida se presenta el método Húngaro con un algoritmo modificado de manera que su implementación en la computadora se ha mucho más rápida y finalmente realice menos operaciones de cómputo, otro punto importante del siguiente algoritmo es que presenta el caso de Maximizar la función objetivo, y en la solución del problema de asignación de salones en el presente trabajo se hará realizando una matriz de costo/beneficio que se va a maximizar.

$$\text{Max}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

El problema de asignación consiste en seleccionar un elemento de cada fila y cada columna de una matriz $C = [c_{ij}]_{m,n}$ de manera que la suma total sea máxima. Hay muchos problemas de asignación que se pueden resolver mediante el método húngaro. La cantidad de variantes posibles para resolver el problema de asignación con matrices de orden n , es igual a $n!$, a parte de las operaciones de suma y comparación. Así que para valores grandes de n y transformaciones no ordenadas de las variantes posibles, el número de operaciones a realizar sería muy grande. De aquí la ventaja de la aplicación de este método, el cual reduce considerablemente el volumen de trabajo.

Algoritmo.

El algoritmo consta de una etapa preparatoria y de $n-2$ iteraciones sucesivas como máximo

1. Etapa preparatoria.

- a) En la matriz $C = [c_{ij}]_{m,n}$, se localiza el mayor c_{ij} que contiene por columna, es decir:

$$C_{ij}^+ = \text{Max } C_{ij}; j \in 1:n$$

y se efectúan las restas por columnas:

$$C_{ij}^- = C_{ij}^+ - C_{ij}; j \in 1:n$$

Como resultado se obtiene una nueva matriz con elementos no negativos en cada columna, la cual tiene al menos un cero. Después se toma cada fila y se le resta a cada elemento el mínimo de la fila. La matriz resultante se denota C_0 y tendrá en cada fila o en cada columna un elemento cero como mínimo.

b) Iniciando por la columna 1 de la matriz C_0 se señala con un (*) el primer cero que aparezca, se pasa a la columna 2 y se señala cualquier cero con el asterisco, siempre y cuando este cero no coincida con la fila en que está situado el cero señalado anteriormente. De manera similar se tratan las columnas restantes de la matriz C_0 .

Los ceros señalados con asterisco se denominan ceros independientes.

2. Iteración independiente

Si en la matriz C_0 el número de ceros independientes es igual a n , el proceso se termina y la asignación óptima se determina por las posiciones de los ceros con asteriscos de la matriz. Si la cantidad de ceros independientes es menor que n , se pasa a la primera iteración. Antes de comenzarla se separan mediante el signo + las columnas que tienen ceros con asteriscos. Este signo se coloca en la parte superior de la columna.

3. Iteraciones

Cada iteración consta de tres fases, las cuales pueden realizarse total o parcialmente.

Fase A

- a) Si todos los ceros que no son independientes se encuentran en la columna separada mediante el signo +, se pasa a la fase C.
- b) De lo contrario, pueden presentarse dos casos:
- 1ro. La fila que contiene el cero no independiente contiene también el independiente.
 - 2do. No lo contiene.

En el primer caso se señala el cero no independiente mediante el signo prima ($'$), en la parte superior derecha se separa la fila mediante el signo + y se elimina el signo de separación de la columna que tiene el cero independiente. Este proceso se repite hasta que todos los ceros no independientes se encuentren en filas o columnas separadas por el signo + o hasta que tenga lugar el segundo caso.

En el segundo caso se señala el cero obtenido con el signo ($'$) y se pasa a la fase B.

Fase B

Esta fase consiste en la construcción de la cadena, la cual se realiza como sigue:

Partiendo de los ceros con signo ($'$) se sube por la columna hasta encontrar algún cero con el signo ($*$) y de ahí por fila hasta los ceros con ($'$). Así, la cadena se forma con el movimiento desde ceros con prima ($0'$) hacia ceros con asterisco (0^*) por las columnas y desde ceros con asteriscos (0^*) hacia ceros con prima ($0'$) por las filas. La cadena termina siempre por ceros con prima ($0'$). Si al empezar la cadena por ceros con prima ($0'$) no encontramos en la columna ceros con asterisco (0^*), entonces la cadena consta de un solo elemento, que en este caso será el cero con prima ($0'$). Posteriormente, a los ceros situados en lugares impares se les pone asteriscos y se eliminan los de los ceros situados en los lugares pares. Más adelante se eliminan todos los signos de la matriz C_0 , y así aumenta la cantidad de ceros independientes en una unidad.

Fase C

Esta fase tiene lugar cuando todos los ceros de la matriz C_0 se encuentran separados.

De todos los elementos que no se separan de la matriz C_0 se selecciona el mínimo. Este valor mínimo se denota por h . Esta magnitud se resta de los elementos no separados y se suma a aquellos elementos que se encuentran en la intersección de columnas y filas que tienen el signo +. La nueva matriz se denota por C_1 . Como resultado de esta operación la nueva matriz contendrá ceros que no se encuentran separados y, por tanto, se pasa a la fase A^{m+1}

Hasta aquí ya se explicó la importancia de la Investigación de Operaciones en la solución de problemas complejos de manera que se obtengan las mejores alternativas de solución y se realice una toma de decisiones óptima. Ya se mencionó el origen y significado de la Investigación de Operaciones así como los pasos necesarios en la solución de problemas de la vida real con IO, finalmente se presentaron los modelos de la Programación Lineal con los que se puede resolver el problema de asignación. Por la estructura del problema de asignación de salones, se puede ver que el modelo apropiado para la solución de este problema es el de asignación, el cual se puede resolver con el método Húngaro. Habiendo planteado el problema en cuestión y conociendo ya las herramientas matemáticas que se pueden utilizar en su solución, en el siguiente capítulo se realizará la elaboración del modelo de asignación, se obtendrán las variables de decisión apropiadas y se crearán las restricciones necesarias de manera que se puede representar el mayor número de factores que intervienen en el problema.

[*] WHITTAKER, David (3).

[**] HILLER & LIBERMAN (14).

[***] RODRÍGUEZ, Betancourt Ramón (13).

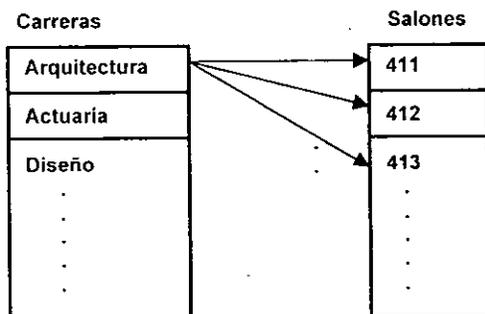
3.1 ANALISIS DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Una vez que ya se tiene conocimiento completo del problema a resolver, y se han revisado los modelos matemáticos con los cuales se puede solucionar el problema, se va a iniciar, en este capítulo, el proceso de determinar los diferentes factores que intervienen en el problema de asignación de salones para la ENEP Acatlán. Los principales factores en este problema son la disponibilidad y la demanda de salones. El primer factor depende de la capacidad física de la ENEP Acatlán y el segundo de los grupos/materia que se abran en el semestre.

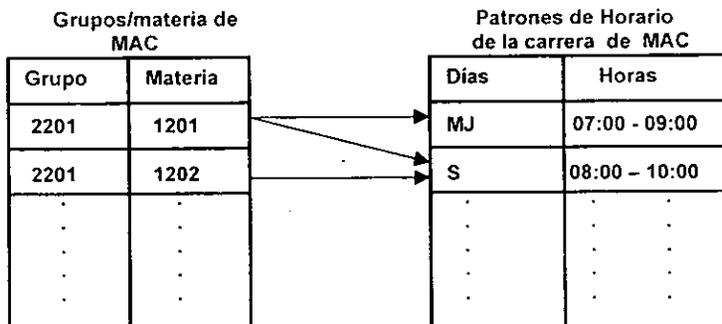
El proceso de asignación de salones en la ENEP Acatlán, es demasiado complicado por el gran número de elementos que intervienen en el problema. Es un proceso que tiene miles de alternativas de solución, debido al número de posibles combinaciones de asignación de salones a los grupos/materia que se imparten en el semestre.

Analizando los factores que intervienen en el problema y que pueden ser controlados por quien realiza el proceso de asignación de salones, se identifican los siguientes dos que podemos considerar como los más importantes, a partir de los cuales se derivan los demás. Por un lado tenemos la disponibilidad física de la ENEP Acatlán y por el otro lado se tienen los grupos/materia que se abren cada semestre por carrera. En un primer nivel de relación entre estos dos factores, existe una correspondencia de uno a muchos entre estas dos partes, por cada carrera se demandan muchos salones, y en un segundo nivel o en una relación más

detallada, podemos identificar una relación de uno a muchos y de muchos a muchos, este segundo nivel de relación se refiere al hecho de que cada grupo/materia, tiene un horario específico durante todo el semestre, pero este horario puede tener diferentes patrones de horario, y por cada patrón de horario se va a establecer una demanda de salón. Mas adelante se explicará el significado de patrón de horario, enseguida se muestran gráficamente estas relaciones entre los dos factores:



En otro nivel de relación encontramos que existe una correspondencia entre los grupos/materia de cada carrera y los diferentes patrones de horario que pueden tener en cada uno de ellos, es decir que las horas en las que se imparta la materia no sean las mismas para todos los días de la semana en que se va a dar la clase.



Vamos a definir lo que hemos llamado Patrones de Horario. Los patrones de horario son los días que se imparte un grupo/materia a la misma hora, de esta manera algunos grupos/materia

llegan a tener más de un patrón de horario, tal y como fue mostrado en las gráficas anteriores. Cada una de las carreras que se imparten en la ENEP Acatlán, manejan diferentes patrones de horario, y la mayoría de ellos son totalmente diferentes de una carrera a otra. Los patrones de horario son muchos, incluso dentro de una sola carrera, y haciendo una búsqueda de todos los diferentes patrones de horarios que hay en la ENEP Acatlán encontramos que son más de mil diferentes patrones.

Número	Carrera	Patrón de Horarios	
		Días	Hora
1	MAC	LMV	07:00 – 09:00
2	MAC	LW	09:00 – 12:00
...
1000	DERECHO	LMWJ	08:12 – 09:24
...

De esta manera, cada carrera tiene diferentes patrones de horario, y no es posible estandarizar los patrones de horarios, de tal forma, que se permita efectuar un proceso de asignación más general, donde todas las clases empiecen y terminen a una misma hora, esto no es posible, ni siquiera considerándolo para una sola carrera. Lo que es importante resaltar es el hecho de que existen diferentes patrones de horario, también existe una relación entre cada uno de los días y horas que pertenecen al patrón o patrones de horario que tengan los grupo/materia de las carreras y el salón en donde son asignados, esta es una relación de uno a uno puesto que a cada día y hora del horario del grupo/materia debe estar asignado a un salón en el cual sólo debe de estar un grupo/materia en un patrón de horario específico, de otra manera existirían traslapes de grupos/materia en los salones. En esta relación, el o los patrones de horario que tenga el grupos/materia que va a ser asignado se van a dividir por cada día de la semana que se tenga que impartir la clase, por ejemplo de la carrera de MAC del grupo 2201 y la materia 2203 se imparte en un horario que comprende dos patrones de horario que son:

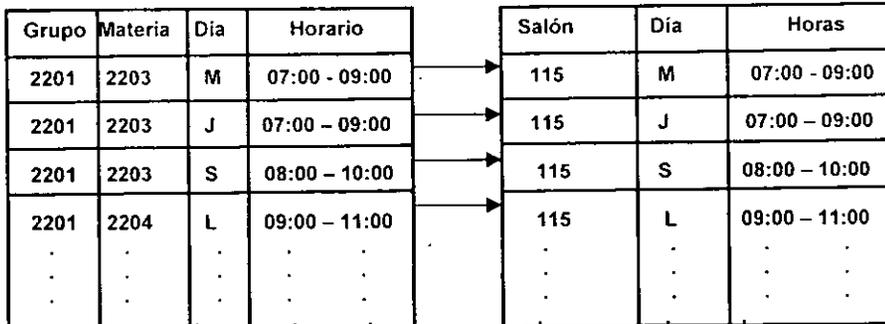
- 1) Martes y Jueves de 07:00 – 09:00 -> MJ 07:00 – 09:00

2) Sábados de 08:00 – 10:00 → S 08:00-10:00

Gráficamente podemos representar la relación como:

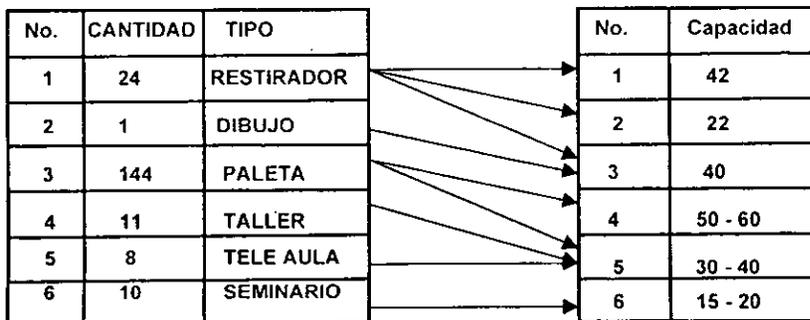
Carrera : MAC
 Grupo: 2201 Materia: 2203
 Horario: MJ 07:00 – 09:00
 S 08:00 – 10:00

Ocupación del salón 115



Así que cada grupo/materia se va a dividir como se muestra en el diagrama anterior, en los diferentes días en que se imparten las clases y cada uno de estos van a ser asignados a un salón en particular, de manera que no se asigne otro grupo/materia en el mismo salón los mismos días y a la misma hora.

Quando se realiza la decisión de asignación de salones, se consideran diferentes factores que están bajo el control de quien toma la decisión de asignar cada grupo/materia a un salón, estos factores son: conocer con exactitud cuál es la disponibilidad física que se tiene en la ENEP Acatlán, es decir, saber de cuántos salones se dispone, y cuántos alumnos pueden tomar clase en cada salón, de qué tipo de salón se trata, a continuación se presentan estos diferentes factores:

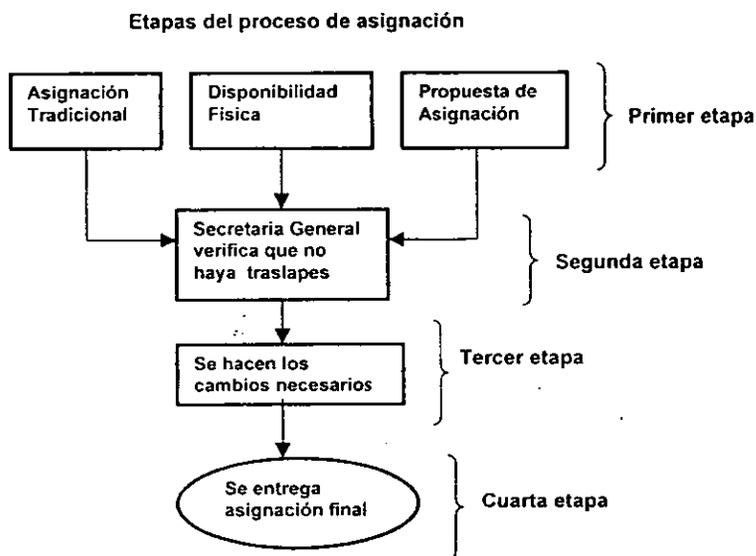


En la gráfica anterior se muestra la capacidad física de la ENEP Acatlán, que se utiliza en la asignación de salones por parte de la Secretaría General, exceptuando únicamente los salones de Talleres, ya que estos son asignados por el departamento de talleres y laboratorios. También existen los salones del Centro de Idiomas Extranjeros, aquí se cuenta con 48 salones que se usan 13 horas diarias con una capacidad promedio total de 1520 alumnos. Los salones del CIE son asignados por la coordinación del centro de idiomas y cada departamento realiza la asignación específica con los salones que le corresponden, algunos de estos salones que están disponibles, son prestados, en ocasiones, a Secretaría General para asignar grupos/materia de las carreras que no pudieron ser asignados en otro lado. De manera general podemos considerar los siguientes factores en el proceso de asignación de salones.

- En la ENEP Acatlán se imparten 16 carreras, 5 cursos de Posgrado y 2 maestrías, a los cuales Secretaría General les asigna salones.
- De las carreras, posgrados y maestrías se generan alrededor de 2700 grupos/materia cada semestre.
- La capacidad física de la escuela es de 186 salones independientemente de su tipo y capacidad
- Los salones son repartidos entre todas las carreras conforme a la ocupación tradicional.
- Cada grupo/materia tiene un horario fijo durante todo el semestre.
- Los grupos/materia de 1º a 5º semestre tienen la prioridad de la asignación de manera que les toque todas las materias del grupo en el mismo salón, siempre y cuando sean 4 o más las materias que tiene el grupo.
- Los grupos/materia requieren salones de un determinado tipo y capacidad.
- Los salones de la ENEP Acatlán son de un determinado tipo y capacidad.

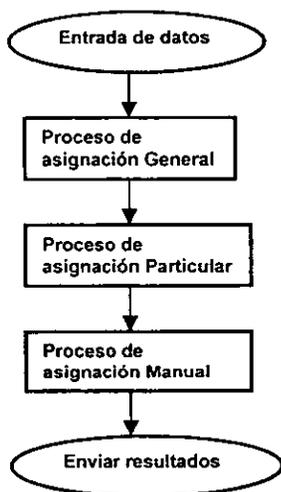
3.2 PROCESOS DE LA ASIGNACIÓN

En la asignación de salones que ha venido realizando Secretaría General, se observa que se divide en cuatro etapas principales, durante la primera, se recibe la propuesta de asignación de cada una de las carreras, de acuerdo al número de grupos que se van a impartir en el semestre, también se considera la capacidad física total de la ENEP Acatlán y los salones que tradicionalmente ha ocupado la carrera, durante la segunda etapa, Secretaría General se encarga de verificar que no se traslapen las peticiones de salones y si existen se dejan al último, en la tercer etapa, las materias que se traslaparon son acomodadas en los lugares restantes y son asignadas los grupos/materia con cambios o peticiones especiales, en la cuarta etapa, ya realizada la asignación, se tiene que elaborar el reporte de los resultados, para ser enviado a las coordinaciones de las carreras y ahí lo puedan capturar al sistema donde se registran los horarios y salones correspondientes por grupo/materia.



Las carreras se encargan de realizar la asignación específica para cada uno de los grupos/materia que se van a impartir en el semestre, de manera que Secretaría General sólo

aprueba la propuesta de asignación y reasigna las materias que tengan traslapes con otras en el salón seleccionado. De acuerdo al análisis anterior, se va a proponer la estructura siguiente para realizar la asignación de salones en la ENEP Acatlán.



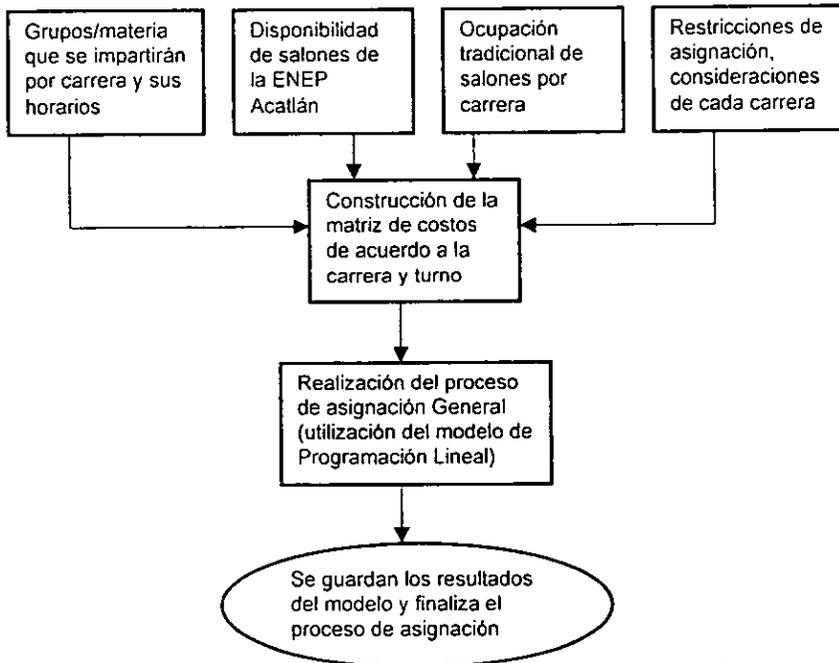
A continuación se va a describir cada uno de los tres procesos de asignación que se proponen para llevar a cabo el proceso completo de asignación de salones de la ENEP Acatlán.

3.2.1 PROCESO DE ASIGNACIÓN GENERAL

Se va a llamar proceso de asignación general al proceso de asignar salones a los grupos/materia de cada una de las carreras de los semestres comprendidos entre el 1º y el 5º, de manera que cada grupo/materia sea asignado en un solo salón, siempre y cuando todas las materias requieran de un mismo tipo de salón y de la misma capacidad. Es indispensable que el grupo/materia cumpla con tener 4 o más materias para ser considerado como un grupo/materia que puede ocupar un solo salón, esto de acuerdo al turno de que se trate, se va a dividir la información por turnos, es decir, se va a considerar un turno matutino y otro vespertino, en cada turno se va a realizar un proceso de asignación general, la información al momento de ser

capturada se va a analizar de cada grupo/materia a qué hora inicia y a qué hora termina la clase y si la hora de clase del grupo/materia empieza a las 14:30 horas se va a considerar que es del turno de la tarde y si comienza a las 07:00 entonces será considerado del turno matutino. El turno será considerado como una restricción del modelo.

Diagrama del proceso de asignación General



El proceso de asignación general se lleva a cabo en 3 etapas, en la primera etapa, que vamos a llamar etapa de entrada de datos al modelo, se introduce la información por carrera de los grupos/materia que se van a impartir en el semestre, se realizan los cambios necesarios en la disponibilidad física de la ENEP Acatlán, se verifican los salones que tradicionalmente ha ocupado la carrera, este punto es particularmente importante, por el hecho de que no se puede mandar a lugares diferentes de los que tradicionalmente se han usado por carrera, finalmente se realizan los cambios necesarios en los requerimientos de los grupos/materia, de manera que generen las restricciones adecuadas para el modelo, en la segunda etapa, ya con las entradas de datos

capturadas se va a construir la matriz de costo/beneficio para el Problema de Asignación, esta matriz de costos se va a construir una por cada carrera que se detecte, la información de los grupos/materia se va a dividir en dos turnos, el matutino y el vespertino, y por cada turno se va a realizar un proceso de asignación general, en la última etapa se va a resolver el problema con el modelo de Programación Lineal, y los resultados generados por el modelo se van a guardar en bases de datos para llevar el registro de la asignación.

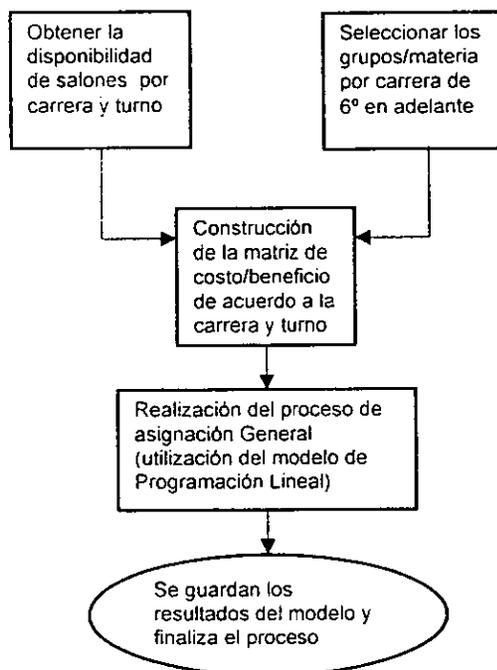
3.2.2 PROCESO DE ASIGNACIÓN PARTICULAR

Se le llama proceso de asignación particular, al proceso de asignar salones a los grupos/materia que sean de 6° semestre en adelante y que cumplan con tener 4 o más materias por grupo, para que éstos sean considerados en el modelo de asignación, en este proceso la información de los grupos/materia por carrera también se va a dividir en turno matutino y vespertino, después de haber realizado el proceso de asignación general, se va a efectuar la asignación particular, en este proceso, se tiene que realizar una búsqueda de los grupos/materia por carrera que faltan de asignarse, es decir los grupos/materia de 6° semestre en adelante y que cumplan con tener 4 o más grupos, dado que en el proceso anterior se fueron llenando los salones, la disponibilidad por carrera y turno es cada vez menor, se va a necesitar realizar un barrido de la disponibilidad de todos los salones que tradicionalmente ha ocupado la carrera.

El proceso de asignación está dividido en tres etapas, en la primer etapa se van a obtener las entradas al modelo, estas entradas son, la disponibilidad de salones que tiene la carrera considerando que ya se asignaron los semestres del 1° a 5° que tengan 4 o más materias y los grupos/materia a ser asignados de 6° semestre en adelante que cumplan con tener 4 o más materias por grupo. En la segunda etapa, se va a construir la matriz de costo/beneficio de acuerdo a las restricciones que se tengan en este proceso de asignación y las entradas que se hayan obtenido de disponibilidad de salones y grupos/materia a ser asignados. Finalmente en la tercer etapa se va a resolver el problema de asignación con el modelo de Programación Lineal.

después de que el modelo arroja los resultados, estos son guardados en las bases que se van a construir para este propósito.

Diagrama del proceso de asignación Particular



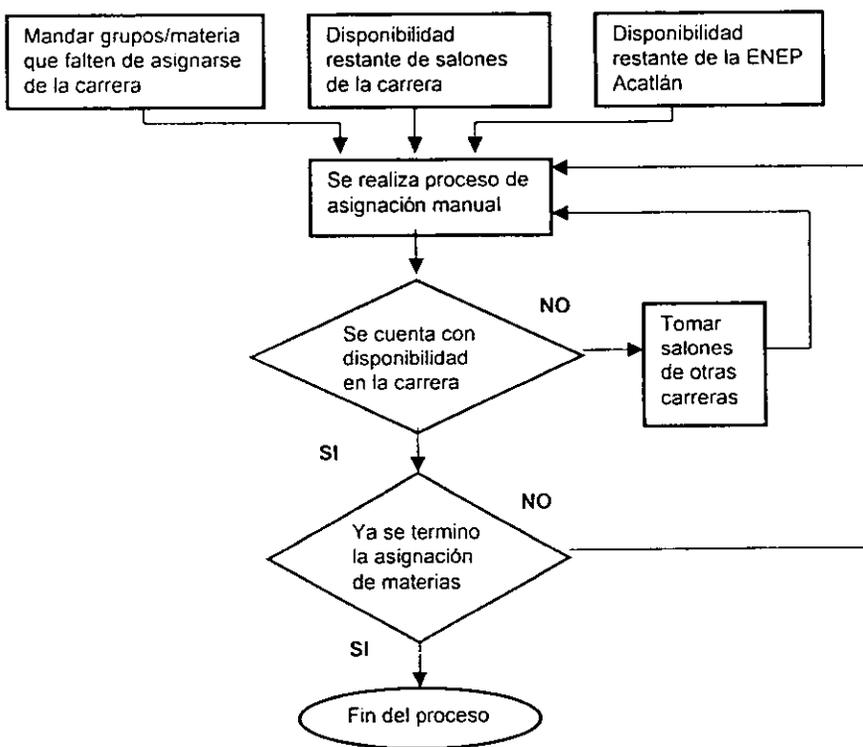
3.2.3 PROCESO DE ASIGNACIÓN MANUAL

Después de haber realizado los procesos de asignación general y particular, que se estima que asignen en promedio del total de grupos/materia un 75 por ciento, se va a efectuar el proceso de asignación manual. En esta parte de la asignación se van a realizar las asignaciones de uno por uno, de manera que el encargado de efectuar la asignación tendrá que escoger el grupo/materia y el salón que le va a asignar.

Con el proceso de asignación manual se estima que se van a asignar el 25 por ciento del total de grupos/materia que se van a impartir en el semestre, de manera que si en cada semestre

se calcula que se abren alrededor de 2700 grupos/materia, entonces con este proceso se tendrán que asignar alrededor de 600 grupos/materia. En este proceso de asignación no intervendrá ningún modelo matemático, el usuario va a realizar la asignación directamente, se tendrá que escoger de los grupos/materia que faltan, el que desea asignar y la disponibilidad va a ser la que reste de los salones que tiene asignada la carrera, también se contempla que en este proceso el usuario tenga acceso a realizar asignaciones en cualquier salón que tenga disponibilidad dentro de la ENEP Acatlán.

Diagrama del proceso de asignación manual



El proceso de asignación manual, debe permitir realizar los cambios necesarios que se requieran en la asignación, este proceso debe ser lo suficientemente flexible para completar el 100% del total de salones a ser asignados. Una vez que ya fue analizada la forma en que se va a

resolver el problema de asignación de salones de la ENEP Acatlán de manera que sean asignados el 100% de los grupos/materia que se van a impartir en el semestre, a continuación se van a definir los elementos y etapas que intervendrán en el modelo matemático.

3.3 DEFINICIÓN DE ELEMENTOS Y ETAPAS

Antes de realizar el modelado del problema de asignación, es necesario definir los elementos que van a entrar en la solución del problema. La programación lineal se puede aplicar a problemas de la vida real muy distintos. Estos problemas presentan un aspecto común que es el de seleccionar una decisión entre varias, de manera que se pueda maximizar o minimizar una función objetivo dada. Las decisiones están limitadas por la disponibilidad de recursos y la necesidad de satisfacer unos requerimientos de calidad, de mercado y/o de producción.

En el problema de asignación de salones a los grupos/materia que se van a impartir en un semestre en la ENEP Acatlán, se tiene como objetivo, asignar de manera óptima a cada grupo/materia de cada carrera un salón, de manera que el total de la demanda de los grupos/materia sea cubierta por la disponibilidad física de la ENEP Acatlán, considerando que cada grupo/materia tiene un horario en el cual se debe de contemplar los días y horas a las que se va a tomar la clase.

Elementos del problema de asignación

Problema real	Problema general
Descripción del elemento	Notación en el modelo
Total de salones disponibles por carrera en el semestre	n destinos
Total de grupos/materia a ser asignados por carrera	m orígenes
Asignación de un grupo/materia en particular	i grupo/materia
Salón disponible para asignar	j salón
Costo de asignar el grupo/materia i al salón j	c_{ij} Costo

Descripción de los elementos de las restricciones

Descripción del elemento	Notación en el modelo
Tipo de salón disponible	s_j Tipo de salón
Tipo de salón requerido	r_i Tipo requerido
Turno del grupo/materia	t_1 y t_2 Turno matutino y Vespertino
Horario de disponibilidad del salón por turno	w_1 y w_2 Turno matutino y vespertino

Descripción de los elementos de la construcción de la matriz de costo/beneficio

Descripción del elemento	Notación en el modelo
Capacidad física del salón	a_j Capacidad
Tamaño que pudiera tener el grupo/materia a ser asignado	b_i Tamaño esperado
Distancia del salón con respecto a un punto central de ubicación de la carrera	d_j Distancia

El proceso de asignación se va a dividir por fases y etapas, donde cada etapa será la construcción de un modelo con diferentes valores, cada una de las carreras va a constituir una etapa diferente. debido a que resultaría demasiado grande considerar todas las carreras en una sola matriz de costo/beneficio (sería una matriz de alrededor de 200 X 200 en la fase de asignación general y de alrededor de 180 X 180 en la fase de asignación particular), se van a ir construyendo los modelos con los datos obtenidos del sistema de información, las matrices de costo/beneficio van a ser divididas por carrera. Considerando el total de grupos/materia y el número de salones disponibles resultaría un modelo con miles de variables poco manejable, de manera que la descomposición del problema en fases y etapas es necesaria para obtener una serie de modelos manipulables y que tengan rapidez en la solución.

3.4 CREACION DEL MODELO

El objetivo en la asignación de salones de la ENEP Acatlán es, asignar a cada grupo/materia de cada carrera un salón ó salones durante todo el semestre. Son alrededor de 2700 grupos/materia, cada grupo/materia tiene en promedio 5 horas de clase a la semana y multiplicando por los grupos/materia resulta un total de 13500 horas de clase y existen 187 salones de los cuales se debe considerar, los días y el número de horas en que se puede tomar clases al día, cada hora se va a dividir en el número de minutos, esto para resolver el problema de los diferentes patrones de horario y poder estandarizar los horarios de clases, pero considerando solamente los días disponibles para tomar clases a la semana y horas por día, se tiene un total de $187 \times 6 \times 15 = 16830$ horas de disponibilidad de salones. Con los datos anteriores podemos calcular aproximadamente un total de 13500×16830 posibles alternativas de solución del problema de asignación de salones.

Son muchas las posibles soluciones al problema de asignación, de manera que para obtener la asignación más óptima del problema, se va a dividir el proceso de asignación en 3 fases y de cada fase una serie de etapas, serán tantas etapas como carreras a ser asignadas, en cada fase y etapa se van a considerar 2 turnos diferentes, el matutino y el vespertino.

El modelo de Programación Lineal que se va a emplear en la solución de este problema es el modelo del problema de asignación, debido a la estructura de este problema, tenemos que se necesita asignar una cantidad de recursos limitados a una serie de demandas de recursos, es decir por un lado tenemos la disponibilidad y por el otro lado la demanda de recursos, se trata de una asignación de uno a uno, de manera que de cada oferta exista una demanda de uno, el problema consiste en saber la combinación exacta en la asignación de manera que se maximice la función objetivo del modelo. El problema de asignación de salones, como ya se analizó al principio del capítulo, tiene una estructura general de tal manera que existe una demanda de salones por grupo/materia de uno a uno. Puesto que el proceso de asignación total se va a dividir

en fases, etapas y turnos, cada fase va a estar dividida dependiendo del semestre y el número de materias que se tengan por grupo, las etapas van a depender de la carrera que se vaya a asignar y el turno depende de la hora de inicio de clases del grupo/materia. El proceso total de asignación va a estar compuesto por 3 fases, 18 etapas y 2 turnos, solo en las 2 primeras fases se va a realizar una asignación automática (Utilizando el modelo de Programación Lineal de asignación), y en cada etapa de la fase se construirá un modelo matemático, se va a utilizar el modelo de asignación de Programación Lineal, este modelo tiene la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{sujeta a} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n \\ & x_{ij} \geq 0, \quad \text{para toda } i \text{ y } j. \\ & (x_{ij} \text{ binarias para toda } i \text{ y } j). \end{aligned}$$

Este modelo se soluciona a partir de la construcción de una matriz de costo/beneficio en la cual se representarán los costos o beneficios de asignar el origen i al destino j . La elaboración de la matriz de costo/beneficio es muy importante para la solución de este problema, se necesita representar los elementos más importantes del problema, para obtener una modelación adecuada, y lograr que la función objetivo se optimice correctamente, otro aspecto importante en la construcción de la matriz de costo/beneficio, es tomar en cuenta el objetivo del modelo, que en este caso es la asignación óptima de salones a los grupos/materia de cada carrera.

La matriz de costo/beneficio del problema de asignación de salones, se construirá considerando los elementos necesarios del problema real que efectivamente optimicen el problema de asignación. Los datos para la construcción del modelo se obtendrán de otro sistema

que tiene la información de los grupos/materia (Sistema de Personal Académico SISPA). Además de tomar en cuenta la ubicación tradicional de las carreras, los elementos que se considerarán en la construcción de la matriz de costo/beneficio son:

- a) a_j = Capacidad física del salón.
- b) b_i = Cupo supuesto del grupo/materia a ser asignado.
- c) d_j = Distancia del salón con respecto a un punto central.

$$\text{Matriz de costos : } c_{ij} = 100 - \text{Int} (\text{Abs} (a_j - b_i) / 2) - d_j$$

El significado de la función de costo/beneficio es el siguiente:

- 1) $(a_j - b_i)$ Este termino representa la diferencia entre la capacidad física del salón y el cupo que pudiera tener el grupo/materia, considerando que no es óptimo asignar un salón grande a un grupo pequeño ni un salón pequeño a un grupo grande.
- 2) $\text{Abs} (a_j - b_i) / 2$ Se toma el valor absoluto de la diferencia del cupo del salón y tamaño del grupo, y se divide entre 2 para reducir la diferencia.
- 3) $\text{Int} (\text{Abs} (a_j - b_i) / 2)$ El resultado de la operación anterior se convierte en su parte entera, para permitir una mayor facilidad y rapidez al momento de realizar las operaciones del algoritmo y reducir los errores de redondeo.
- 4) $- \text{Int} (\text{Abs} (a_j - b_i) / 2) - d_j$ Se convierte en negativo el resultado anterior y se agrega la distancia del salón con respecto a un punto de ubicación central de los salones que le corresponden a la carrera.
- 5) **100** Valor arbitrario que se fija en 100, a partir del cual se van a realizar las restas de los datos anteriores, ya que se va a construir una matriz de beneficio, la cual

se va a maximizar, se fijó en 100 por 2 motivos principalmente, el primero por que de esta manera los números de la matriz de costo/beneficio, no van a ser muy grandes y se pueden manipular más rápido, y el segundo que con este número es suficiente para ir restando la diferencia de capacidades y distancias, ya que el número máximo de salones que tiene una carrera es 48 y esta puede ser la distancia máxima.

Las restricciones del modelo son:

- ↔ Restricción que asegure que solo se ocupen los salones por carrera que tradicionalmente a ocupado.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} = n$$

- ↔ Restricción de tipos de salones, la suma de los diferentes tipos de salones solicitados debe ser igual a la suma de los diferentes tipos de salones disponibles.

$$\sum_{i=1}^n r_i = \sum_{j=1}^m s_j$$

- ↔ Restricción de asignar a un salón 15 horas de clase al día como máximo sumando los 2 turnos.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n h_j x_{ij} \leq 15$$

- ↔ Restricción de consideración de 2 horarios de disponibilidad, por cada horario la suma de las horas asignadas por salón no debe ser mayor de 7 1/2 horas.

$$\sum_{j=1}^m h_j = 7 \frac{1}{2}$$

- ↪ Restricción de número de materias por grupo debe ser $l \geq 4$ para el grupo i para ser considerados en el modelo.

$$\sum_{i=1}^m l_i \geq 4 \text{ para el grupo } i$$

Para llenar la matriz de costos, además de tomar en cuenta las restricciones anteriores se deben tomar en cuenta otro tipo de consideraciones:

- ↪ Se van a clasificar los horarios de los grupo/materia para que estos estén dentro de un turno de manera que solo se consideren en el modelo los del turno seleccionado.

$t_j \subset w_i$ donde :

Si el horario del grupo/materia esta dentro de un intervalo dado entonces:

$$7:00 \leq t_j \leq 14:30 \Rightarrow t_j \subset w_1$$

$$14:31 \leq t_j \leq 22:00 \Rightarrow t_j \subset w_2$$

- ↪ Se va a descomponer el patrón de horario en minutos.

Ya se mencionó al principio del capítulo, que los patrones de horario de los grupo/materia de las carreras de la escuela son muy variados, de manera que no se puede estandarizar los patrones de horario, por que existen más de mil, y los patrones de horario tiene que ver con la forma en que se va a registrar la saturación de los salones, la manera en que se solucionará el problema de asignación va a ser, convirtiendo el intervalo de clases en un intervalo numérico, descomponiendo la hora de inicio y la hora de termino de la clase en 2 partes que después se juntarán para cada hora. Por ejemplo si se tiene el siguiente horario:

LW de 11:00 - 14:00 este horario se convertirá en

LW de 1100 - 1400

Es decir solo se quitarán los dos puntos que separan las horas de los minutos, formando un solo número entero positivo, y junto con la hora de inicio y hora fin de clase se formará un intervalo cerrado.

- Consideración del semestre dependiendo de la fase de asignación en que se encuentre el problema de asignación.

Considerando que g_i va a ser el semestre del grupo/materia i , dependiendo de la fase los grupos/materia van a ser divididos en dos bloques.

Para la fase 1 $g_i \leq 5$ (grupos/materia de 1° a 5° semestre).

Para la fase 2 $g_i > 6$ (grupos/materia de 6° semestre en adelante).

Supongamos para el caso de realizar la asignación de la fase 1 y 2 para la carrera de Actuaría (solo una etapa). Sería lo siguiente:

Para el caso de la carrera de Actuaría se tiene la siguiente información y el modelo que se genera:

La disponibilidad de salones para esta carrera es la siguiente:

SALONES	TIPO	CAPACIDAD	CAPACIDAD PROMEDIO
102	PALETA	50 - 60	55
103	PALETA	50 - 60	55
104	PALETA	50 - 60	55
205	PALETA	30 - 40	35
206	PALETA	30 - 40	35
207	PALETA	30 - 40	35

Los grupos/materias que necesitan ser asignados son los siguientes:

Turno	Fase 1	Fase 2	Fase 3
	Grupos con 4 o más materias de 1° a 5° semestre	Grupos con 4 o más materias de 6° a 10° semestre	Todos los Grupos/materia restantes
Matutino	2201	2601	
	2202	2801	
	2401		
	2402		
Vespertino	2251	2651	2452
	2252	2851	
	2451	2852	

Con los datos anteriores de la carrera de Actuaría se realizaría como siguiente paso la creación de la matriz de costos ya sea que se trate de la Fase 1 o la Fase 2, se tomarán los datos respectivos de las bases de datos. Para la Fase 1 del turno matutino, el modelo de asignación será el siguiente:

Total de Grupos de 1° a 5° semestre con 4 o más materias = 4 \implies m = 4

Total de Salones que tradicionalmente ocupa Actuaría = 6 \implies n = 6

El modelo matemático de asignación sería:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 c_{ij} x_{ij}$$

sujeta a

$$\sum_{j=1}^6 x_{ij} = 1, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, 4$$

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = 1, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, 6$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \text{para toda } i \text{ y } j.$$

(x_{ij} binarias para toda i y j).

↪ Restricción de ocupación de salones por carrera que tradicionalmente ha ocupado Actuaría.

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^4 x_{ij} = 6$$

↪ Restricción de tipos de salones (todos los salones deben ser de paleta).

$$\sum_{i=1}^6 r_i = \sum_{j=1}^4 s_j$$

↪ Restricción de asignar a un salón 15 horas de clase al día como máximo.

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^6 h_j x_{ij} \leq 15$$

↪ Restricción de consideración de 2 horarios de disponibilidad.

$$\sum_{j=1}^4 h_j = 7 \frac{1}{2}$$

↪ Restricción de número de materias por grupo (debe ser $l \geq 4$ para el grupo i) para ser considerados en el modelo.

$$\sum_{i=1}^4 l_i \geq 4 \text{ para el grupo } i$$

Se tienen que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

↪ Para que el horario del grupo/materia este dentro del turno matutino de la Fase 1.

$$t_j \subset w_i \text{ donde : } 7:00 \leq t_j \leq 14:30 \Rightarrow t_j \subset w_1$$

↪ Descomposición del patrón de horario en minutos.

Convertir a un intervalo numérico la hora de inicio y la hora de termino de clases. si se tiene el siguiente horario:

$$LW \text{ de } 11:00 - 14:00 \implies LW \text{ de } [1100,1400]$$

↪ Consideración del semestre de acuerdo a la Fase 1 de asignación, donde g_i = semestre del grupo/materia i .

Para la fase 1 $g_i \leq 5$ (grupos/materia de 1º a 5º semestre).

La matriz de costo/beneficio para el caso de la carrera de Actuaría con las restricciones y consideraciones anteriores y los siguientes datos de grupos/materia y salones:

a _j		b _i	
SALÓN	CAPACIDAD PROMEDIO	GRUPO	CAPACIDAD REQUERIDA
102	55	2201	60
103	55	2202	62
104	55	2401	45
205	35	2402	49
206	35		
207	35		

Con la función de costos:

$$Matriz\ de\ costos : c_{ij} = 100 - \text{Int} (\text{Abs} (a_j - b_i) / 2) - d_j$$

El elemento d_j significa la distancia con respecto a un punto central de la carrera de manera que si después del salón que se considera como el punto de central de ubicación de la carrera, se asigna un grupo/materia, el termino d_j tiene un decremento de una unidad, y si cambia de edificio se decrementa en 5 unidades, de tal forma que para la carrera de Actuaría la matriz generada es:

		S A L O N E S						
		102	103	104	205	206	207	
G R U P O S	2201	97	96	95	80	79	78	
	2202	97	96	94	79	78	77	
	2401	94	93	92	82	81	80	
	2402	96	95	94	85	84	83	
	ficticio	9901	1	1	1	1	1	1
		9902	1	1	1	1	1	1

Puesto que es un problema de asignación, para que pueda ser solucionado, la demanda total debe ser igual a la disponibilidad total, y se deben crear los salones ficticios ó los grupos/materia ficticios. en este caso se crearon 2 grupos/materia ficticios a los cuales se les da un costo/beneficio de uno, esta sería la construcción de una solo etapa (carrera), de la fase 1, y del turno matutino, a continuación se va a explicar la propuesta completa de asignación de salones utilizando el modelo visto

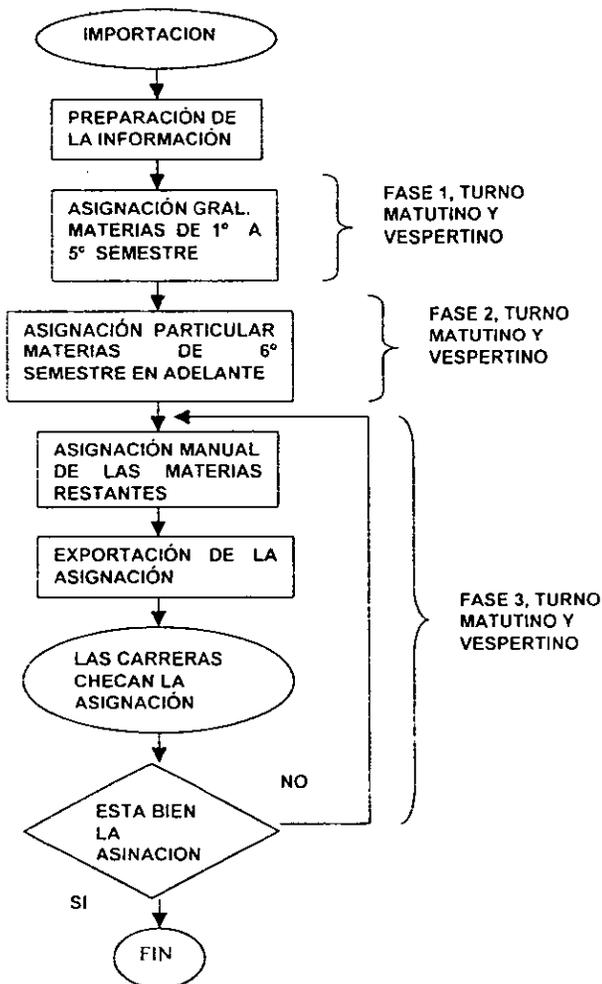
3.5 PROPUESTA DE ASIGNACIÓN

El proceso total de la asignación como ya se mencionó anteriormente va a estar dividido por turnos fases y etapas. A continuación se va a explicar la propuesta de asignación de salones, la forma en que puede ser llevada la asignación es:

- 1.- El primer paso, para realizar la asignación con la ayuda del modelo de Programación Lineal y las herramientas de cómputo con las que se cuenta en la ENEP Acatlán es, realizar la importación de la información de los grupos/materia que se van a impartir por carrera, previamente las carreras deberán capturar la información correspondiente en el Sistema de Personal Académico (SISPA), ya que este sistema cuenta con las validaciones necesarias para capturar la información.
- 2.- El segundo paso, es verificar que la información que se importó esté correctamente en el sistema de asignación, y se preparan los grupos/materia con requerimientos especiales, es decir se verifica la información de los grupos/materia como el tipo de salón que necesita y de qué capacidad, también se verifican los salones y a qué carrera se a asignado tradicionalmente, en esta parte todas las entradas de datos al sistema deben ser verificadas y corregidas.
- 3.- El siguiente paso es, efectuar el primer proceso de asignación, la asignación general, este proceso de asignación se va a llevar a cabo con el modelo matemático de Programación Lineal, el sistema automáticamente va a generar un modelo del problema de asignación por cada carrera que se tenga, en esta fase se van a asignar de cada carrera los grupos/materia de 1° a 5° semestre que tengan 4 o más materias por grupo. Este proceso se va a realizar una vez para el turno matutino y otra para el turno vespertino.
- 4.- El cuarto paso va a consistir en la asignación particular, esta asignación también se va a realizar mediante el modelo de asignación de Programación Lineal, en esta fase únicamente van a ser considerados los grupos/materia que sean de 6° semestre en delante de todas las carreras y de grupos que tengan 4 o más materias, también esta fase se tiene que ejecutar 2 veces, una vez para el turno matutino y otra vez más para el turno vespertino, el sistema automáticamente va a generar los modelos por fase.
- 5.- El quinto paso consiste en realizar el proceso de asignación manualmente, puesto que en los 2 pasos de asignación anteriores, la asignación se va a realizar automáticamente mediante un modelo de Programación Lineal, aplicando las restricciones necesarias para cada etapa o carrera, estas restricciones, también van a ir eliminando grupos/materia que no pueden ser asignados con el modelo de asignación de Programación Lineal, también esta fase se utiliza para realizar los cambios necesarios en las asignaciones realizadas. Se calcula que aproximadamente en las 2

fases anteriores. se va a asignar el 70 % del total de grupos/materia y el 30 % restante, va a ser asignado por la fase de asignación manual, es decir escogiendo el salón para el grupo/materia específico. el diagrama de flujo de la propuesta de asignación se muestra a continuación.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROPUESTA DE ASIGNACIÓN



6.- El sexto paso consiste en verificar la asignación que fue realizada y efectuar los cambios necesarios. una vez verificada la asignación, se procede a efectuar la exportación de los resultados al sistema SISPA.

7.- En el sistema SISPA, las carreras van a ver que salones le correspondieron para cada uno de sus grupos/materia. y si existe alguna inconformidad o problema con la asignación hecha, la carrera lo tiene que reportar a Secretaría General para que le asignen otro salón, este proceso se hace hasta que la carrera esta conforme con su asignación, de esta manera la asignación se completa en un 100 %.

En el siguiente capítulo se va a explicar el sistema de cómputo en donde se programó el modelo de Programación Lineal para las fases 1 y 2, y también para la fase 3 de asignación manual de manera que se pueda llevar a cabo el 100% del proceso de asignación de salones, se describe el sistema completo y la forma de manejarlo, de manera que muestra la forma en que se puede efectuar la asignación, mediante las herramientas de cómputo con que cuenta la ENEP Acatlán y se ve la manera en que se automatizó la propuesta de asignación presentada al final de este capítulo.

CAPITULO IV

AUTOMATIZACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL MODELO

Una vez que ya se entendió el problema, se encontró el modelo matemático apropiado y se conoce la manera en que se va a proceder a la automatización, el siguiente paso es llevar al terreno práctico la propuesta del modelo de asignación, es decir implantarlo mediante un sistema de cómputo para que sea utilizable el modelo en diferentes procesos de asignación, se presenta a continuación el desarrollo del modelo automatizado.

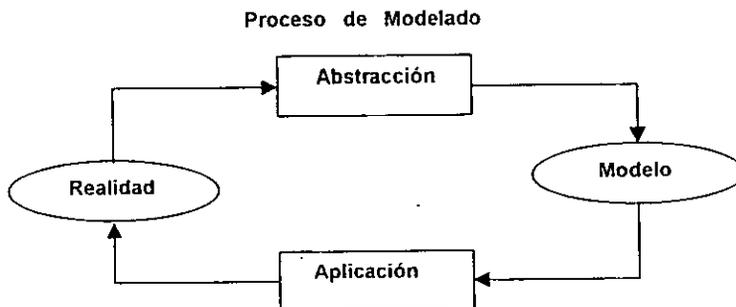
4.1 OBJETIVO DEL MODELO AUTOMATIZADO

El desarrollo del modelo matemático para la asignación de salones a los grupos/materia de la ENEP Acatlán, sólo como un planteamiento teórico, no puede ser de mucha ayuda en el momento de realizar la asignación de salones a cada una de las carreras, se necesita implantar el modelo, mediante un sistema de cómputo, esto se logra por medio del desarrollo de un sistema de información que contemple dentro de sus procesos el modelo de asignación. Cualquier modelo de Investigación de Operaciones, tiene mayor utilidad, si el modelo es programado en la computadora, es decir si se desarrolla un software de los modelos, de esta manera, las herramientas de cómputo sean las que realicen los millares de cálculos que normalmente se requieren en la solución de problemas, en este caso en la solución del problema de asignación de salones, de manera que el modelo se pueda utilizar repetidas veces y el usuario lo único que hace es alimentar el modelo con información y manipular el sistema hasta completar el 100 por ciento del proceso de asignación.

El objetivo del sistema de información que se va a desarrollar es el mismo que uno de los objetivos planteados para la elaboración de este trabajo, el cual es: Implantar un modelo de

asignación apropiado mediante el diseño y desarrollo de un sistema de cómputo, el cual pueda llevar por completo el proceso de la asignación de salones a los grupos/materia que se impartirán en el semestre, aprovechando además las herramientas de cómputo que existen en la ENEP Acatlán y utilizar la red de área local para la transmisión de datos, haciendo el proceso de asignación más rápido y fácil de manejar.

El proceso del modelado de un problema de la vida real, se compone de un ciclo que debe empezar y terminar en un mismo punto, es decir, de forma general lo podemos ver como se muestra en el diagrama siguiente.



Se parte de la realidad, donde se efectúa el estudio del problema, de éste se realiza un proceso de abstracción en el cual se obtienen los elementos más importantes del problema, y apartir de este análisis se procedió a verificar cuál es el modelo que se requiere para la solución del problema, una vez encontrado el modelo, y se obtenidos los elementos del problema, se procede a realizar la aplicación, en la cual se va a automatizar el modelo, se va a verificar que los resultados sean los óptimos, y estos resultados, nuevamente deberán ser integrados al problema de la vida real, utilizando las soluciones proporcionadas por la aplicación.

4.2 ANALISIS DEL SOFTWARE UTILIZADO.

Antes de comenzar con el diseño del sistema, es importante determinar con qué lenguaje de programación se va a desarrollar el sistema, ya que de esto depende que tan facil sea para el

usuario su manipulación y que tan rápido se pueda ejecutar el modelo automatizado. el análisis que se presenta a continuación es muy general y sólo se consideran 3 lenguajes y las características más importantes para la elección del lenguaje con que se desarrollará el software.

Los lenguajes que se van a considerar son: Visual Basic, Clipper 5.2 y Visual Objects, a continuación se muestran las características más importantes de cada uno de ellos:

Características del software disponible

Características	Visual Basic	Clipper 5.2	Visual Objects
Velocidad	Regular	Buena	Muy Buena
Sistema Operativo requerido	Windows	MS/DOS	Windows
Manejo de Bases de datos	Buena	Muy Buena	Muy Buena
Características visuales	Muy buena	Regular	Muy Buena

Con base a los datos del cuadro anterior, podemos ver que las características de los 3 lenguajes son aparentemente buenas para ser utilizados en la programación del software de asignación, pero tenemos que darle más peso a la velocidad del lenguaje debido a la cantidad de operaciones que se tienen que efectuar, en este punto el lenguaje Visual Objects es mucho más rápido que los otros 2, en cuanto al sistema operativo requerido, el lenguaje Visual Objects, requiere de Windows, y esto permite una mejor presentación para el usuario final, en el manejo de las bases de datos, es también bueno. Debido a las ventajas que tiene principalmente en velocidad y características visuales, se decidió utilizar el lenguaje Visual Objects para programar el sistema de computo.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA

Para poder empezar con el diseño del sistema, tenemos que cumplir con las partes que conforman el ciclo de vida de un sistema, se tienen que llevar a cabo una serie de procesos para cumplir con las necesidades del problema a resolver. Realmente en los capítulos anteriores de

este trabajo ya se han empezado a desarrollar las partes que comprenden el ciclo de vida de un sistema, específicamente a los procesos de:

Definición del Problema.- Observar el sistema y entender su comportamiento. (Existe el problema de asignar salones a los grupos/materia en la ENEP Acatlán cada semestre).

Objetivo del sistema.- Definir lo que se espera que el sistema pueda realice una vez concluido. (Realizar el proceso de asignación de salones a los grupos/materia que se imparten por carrera cada semestre en la ENEP Acatlán de una manera rápida y óptima).

Diseño del sistema.- El siguiente proceso en el ciclo de vida de un sistema es el Diseño del sistema, en esta parte debemos de establecer cuáles son los requerimientos de información o entradas al sistema, que formarán parte de las entradas al modelo de Programación Lineal, también debemos especificar cuáles serán las salidas del sistema.

Entradas

- a) De cada carrera los Grupos/Materia a impartirse por semestre.
- b) Horario completo (Días y Horas) de cada Grupos/Materia.
- c) Tipo de salón requerido para cada Grupos/Materia.
- d) Tamaño o cupo esperado para cada Grupo/Materia.

Salidas

- a) Asignación de salones a cada Grupo/Materia.
- b) Consultas y Reportes de la asignación realizada.
- c) Exportación de la información. Al sistema SISPA.

El sistema se va a llamar **SAS** (Sistema de Asignación de Salones), los módulos que componen el sistema son los siguientes:

- ♦ **ENTRADAS** : En este modulo se podrá realizar la verificación de los grupos que se impartirán en el semestre en curso de cada carrera, es decir se efectuarán las altas, bajas y cambios de los grupos/materia por carrera que no se hayan contemplado al momento de importar los datos del sistema SISPA, también se realizará la edición de los salones que se tengan disponibles en la ENEP Acatlán, por último se verificarán cuáles son las materias que requieren salones por carrera.
- ♦ **ASIGNACIÓN** : En este modulo se realiza la asignación de salones, la cual se llevará a cabo en tres procesos, el primero será una asignación general, en la cual se asignaran primero los grupos/materia de 1o. a 5o. semestre de cada carrera a los salones que les correspondan, después sigue una asignación Particular, es decir de cada carrera se asignaran los grupos del 6° semestre en adelante, y por último es la fase de asignación manual, en la cual se tendrán

que escoger una a una las materia que faltan de asignarse por carrera, y completar el 100 por ciento de la asignación, se realizarán tanto los cambios como las bajas de asignación.

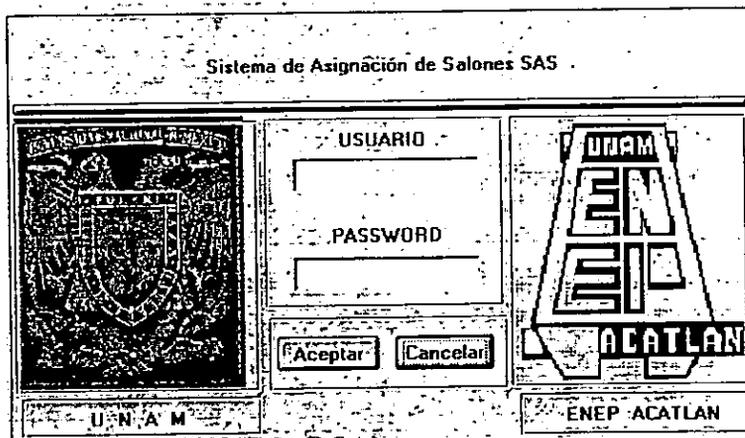
- ♦ **CONSULTAS Y REPORTE:** Aquí se van a realizar las consultas de cuáles fueron las asignaciones que se realizaron por carrera, también consultar la disponibilidad de salones por carrera o por salón, es decir los intervalos de tiempo, que cada salón tiene libre para ser asignados. También se podrá realizar el reporte de asignación por carrera.
- ♦ **ADMINISTRACIÓN :** Este menú tiene la opción de indexar las bases del sistema, esto es, reordenar la información que contiene cada una de las bases para el buen funcionamiento del software, también nos proporciona la opción de edición de usuarios del sistema que son altas, bajas, modificaciones de atributos y Password de usuarios, por último en este menú se va a realizar la Importación y exportación de información.

4. 4 PROCESO AUTOMATIZADO DE ASIGNACIÓN

De manera muy breve podemos resumir el proceso completo de asignación automatizado en los siguientes pasos:

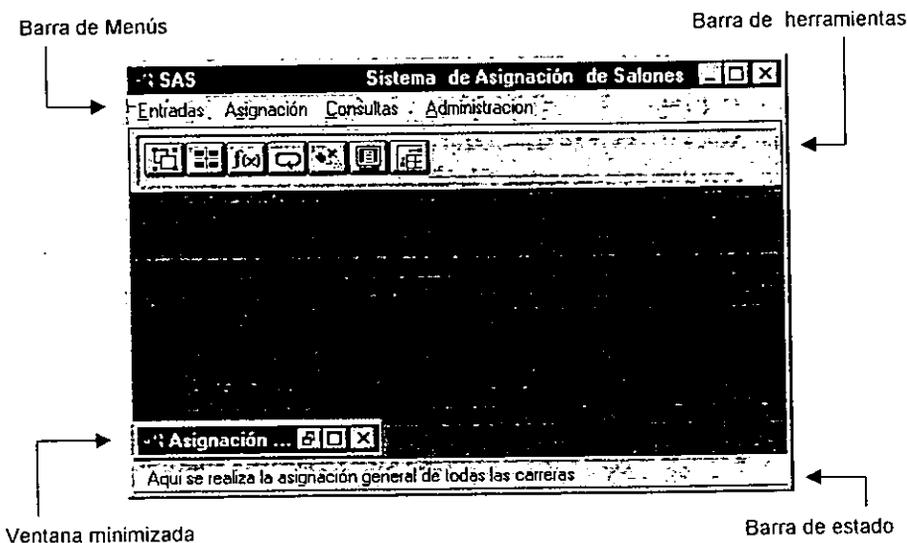
- 1) Importación de la Información (Importar de SISPA).
- 2) Verificación de los grupos/materia, Salones y Materias de salón especial (Entradas).
- 3) Realizar las 3 Fase de la Asignación (Asignación, General, Particular y Manual).
- 4) Consultar y emitir reportes de la asignación y disponibilidad por carrera.
- 5) Exportar la información al sistema SISPA.

A continuación se va a describir cómo se procede para cada uno de los pasos anteriores dentro del sistema. Una vez que han sido instaladas en la PC las bases necesarias para el



funcionamiento del sistema, para tener acceso al mismo, se debe teclear el nombre del usuario y el Password, posteriormente dar un click en Aceptar. La seguridad es muy importante en los sistemas de cómputo, para restringir la entrada de usuarios no autorizados. Si los datos solicitados son correctos, aparece la pantalla principal, en la cual vemos las opciones mencionadas anteriormente.

Pantalla principal



De la pantalla anterior vamos a describir la barra de herramientas, esta permite hacer las operaciones más usadas con el icono correspondiente, el objetivo de cada icono es el siguiente.



Con este icono se puede capturar la disponibilidad de los grupos



Aquí se pueden capturar los salones disponibles de la ENEP Acatlán



Aquí se realiza la asignación general de todas las carreras



Aquí se realiza la asignación particular de cada carrera



En esta parte se hace una asignación manual de los salones



Realiza las consultas y los reportes de las asignaciones



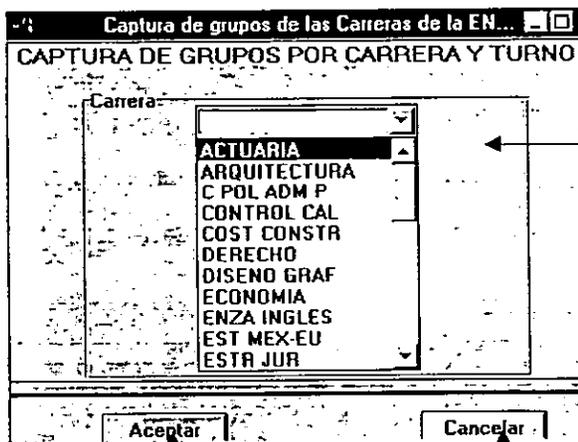
Realiza las consultas y reportes de la disponibilidad

4.5 MODULO DE ENTRADAS

En este menú se podrá realizar la captura de los grupos que se impartirán en el semestre en curso, es decir se realizarán las altas, bajas y cambios de los grupos que se tengan en cada carrera, siempre y cuando ya se haya realizado la importación de datos del sistema SISPA, a través de la red de área local, también se realizará la edición de los salones que se tengan disponibles para cada carrera, y por último se capturarán las materias de salón especial.

4.5.1 GRUPOS

Al elegir el Menú ENTRADAS, si elige la opción GRUPOS aparece la siguiente pantalla, donde nos muestra las carreras que existen en la ENEP Acatlán. Para elegir la carrera debe dar un click en la flecha y moverse con las barras de desplazamiento vertical, hasta encontrar la carrera deseada. Ya que eligió la carrera deberá dar un click en el botón Aceptar. Si se equivocó de carrera deberá dar un click en el botón Cancelar, o si desea salir de este submenú presione el botón de cerrar, es el icono que tiene una  que se encuentra en la esquina superior derecha.



Para seleccionar la carrera debe dar un click en la flecha, y moverse con las flechas de navegación.

Para terminar haga un Click en Aceptar

Si desea cancelar presione este botón

Por ejemplo si elijo la carrera de Actuaría aparece la siguiente pantalla

Nos indica que proceso estamos realizando

Captura de grupos									
Grupo:	Clave Mat:	Materia:	Salon:	Dias:	Horario:	Horario:		Agrega	
2201	2200	CALCULO DIF. E INTEGRAL II	102	LW	09:00	11:00			
2201	2200	CALCULO DIF. E INTEGRAL II	102	MJ	11:00	13:00			
2201	2201	GEOMETRIA ANALITICA	102	LWV	07:00	09:00		Modifica	
2201	2202	ALGEBRA LINEAL I	102	LWV	11:00	13:00			
2201	2203	ESTRUCTURA PROCESAMIENTO	102	MJV	09:00	11:00			
2201	2204	MATEMATICAS FINANCIERAS I	102	MJS	07:00	09:00		Elimina	
2202	2200	CALCULO DIF. E INTEGRAL II	103	LMWJ	07:00	09:00			
2202	2201	GEOMETRIA ANALITICA	103	LMW	09:00	11:00			
2202	2202	ALGEBRA LINEAL I	103	LWJ	11:00	13:00			
2202	2203	ESTRUCTURA PROCESAMIENTO	103	S	08:00	11:00		Actualiza	
2202	2203	ESTRUCTURA PROCESAMIENTO	103	V	07:00	10:00			
2202	2204	MATEMATICAS FINANCIERAS I	103	J	09:00	11:00		Cancela	

En esta pantalla se nos muestra la clave de la carrera, las materias de la carrera elegida, las claves de las materias, los grupos correspondientes a las materias, los salones que en ese momento tienen asignados, los días que se imparte la clase, la hora a la que se da la clase, cupo, horas que se deben impartir a la semana, turno y el semestre al que corresponde la materia.

Para poder ver las columnas ocultas se sugiere utilizar las barras de desplazamiento horizontal, y para ver los renglones utilizar la barra de desplazamiento vertical. En esta pantalla se observan 5 botones que son para efectuar las operaciones de:

Agregar: Se utiliza cuando se desea agregar un grupo/materia más a la carrera.

Modificar: Cuando se necesita cambiar algún dato del grupo/materia.

Eliminar: Se utiliza para eliminar grupos/materia que estén repetidos o que no se van a usar.

Actualizar: Se usa cuando se desea actualizar en las bases de datos la información modificada.

Cancelar: Se utiliza para salir de esta ventana de captura.

4.5.2 SALONES

Al elegir en el menú **ENTRADAS**, en el submenú **Salones** nos aparecerá la siguiente pantalla, en la cual nos muestra, los salones, el tipo de salón, el cupo de dicho salón, la carrera a la que tradicionalmente se ha asignado el salón. Para ver todos los salones utilice la barra de desplazamiento vertical. En esta pantalla se pueden dar de alta los salones, eliminarlos o hacer los cambios necesarios, también cuenta con la opción de actualizar. Cuando desee cerrar esta

ventana deberá dar un click sobre el botón  que se encuentra en la esquina superior derecha, o si desea salir sin guardar ningún cambio puede dar un click en el botón Cancelar.

Salón	Tipo	Cupo S.	Copu R.	Carrera	Clave Sca
102	P	50-60	70	ACTUARIA	02
103	P	50-60	81	Actuaria	02
104	P	50-60	72	Actuaria	02
111	P	50-60	76	ING CIVIL	13
112	P	50-60	56	ING CIVIL	13
113	P	50-60	60	M.A.C.	17
114	P	50-60	65	M.A.C.	17
115	P	50-60	65	M.A.C.	17
116	P	50-60	54	M.A.C.	17
121	R	50-60	26	Diseño Gráfico	26
122	R	50-60	26	Ingeniería Civil	13
123	R	50-60	27	Diseño Gráfico	26

A continuación se describen los botones que tiene esta ventana de salones:

Nuevo: Este botón se utiliza cuando se ha creado un nuevo salón y se desea dar de alta en la disponibilidad de la escuela.

Cambios: Cuando es necesario cambiar algún dato de los salones se utiliza esta opción.

Eliminar: Cuando un salón ya no corresponde a alguna carrera se elimina con este botón.

Actualizar: Se utiliza para refrescar la información en las bases de datos.

Cancelar: Se usa cuando ya no se desea estar en esta pantalla o salir si guardar cambios.

Con un click en la flecha nos muestra una lista con los tipos de salón que existen

Con un click en la flecha nos muestra las carreras de la Escuela

Los datos en la ventana de altas o cambios son los mismos, como se muestra en la ventana anterior, la descripción de estos datos es:

Salón: Es el número que le corresponde al salón dependiendo del edificio.

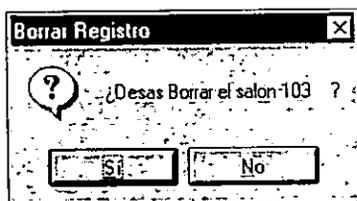
Capacidad supuesta: Es un intervalo que se calcula dependiendo del tipo y tamaño del salón.

Capacidad real: Es el cupo esperado ó el que tuvo el semestre anterior el salón.

Carrera que lo puede ocupar: Es la carrera que lo va a ocupar tradicionalmente.

Tipo de salón: Aquí se escoge el tipo de salón de que se trata, puede ser de Dibujo (D), Paleta (P), Restirador (R), Seminario (S) u Otro (O).

Si selecciona un grupo y desea eliminarlo, deberá dar un click en el botón Eliminar, a continuación aparecerá un mensaje como el siguiente:



4.5.3 MATERIAS QUE REQUIEREN SALON ESPECIAL

Existen materias de algunas carreras que requieren un tipo de salón especial, generalmente salones de talleres, estos salones son asignados por talleres y laboratorios, se deben de excluir de la asignación hecha por este sistema y en esta parte se clasifican los tipos de salones especiales requeridos.

Materias que requieren Salon Especial				
Carrera:		Busqueda		
ave Sc	Grupo	ave Ma	Materia	Tipo sa
02	2851	2800	ACTUARIA	P
02	2851	2803	ARQUITECTURA	P
02	2852	2004	C POL ADM P	P
02	2852	2605	CONTROL CAL	P
02	2852	2707	COST CONSTR	P
02	2852	2800	AUDITORIA ACTUARIAL	P
02	2852	2805	ADMINISTRACION GENERAL	P
02	2852	2800	ORGANIZACION PROGRAM. ADMVA	P
02	2852	2800	SEM. INVESTIGACION ACTUARIAL	P
02	2852	2805	CALCULO ACT. MODELOS DINAMICOS	P

Tipo de Salón: [] [Asignar] [Consulta]

El procedimiento para identificar materias que requieren salones especiales, es el siguiente:

- 1) Se debe elegir la carrera a la que pertenece la materia.
- 2) Se hace click en el botón de búsqueda para ver todas las diferentes materias de la carrera y sus tipos de salones requeridos.
- 3) Una vez que aparecen las materias de la carrera se selecciona a la que se le cambiará el tipo de salón requerido.
- 4) Se escoge el tipo de salón que tendrá la materia.
- 5) Por último se hace click en el botón de asignar y la materia se marcará con el tipo de salón que se escogió en el paso anterior.

El tipo de salón Otro que se abreviará por la letra O, no será asignado por el sistema, sólo se marcará para que el sistema lo excluya de la asignación.

En la siguiente ventana se muestra la consulta de materias que requieren salón especial.

Clave Sca	Clave Mat	Carrera	Materia	Tipos
26	2200	DISEÑO GRA	DIBUJO II	D
26	2201	DISEÑO GRA	TALLER DE DISEÑO II	R
26	2202	DISEÑO GRA	FOTOGRAFIA I	O
26	2203	DISEÑO GRA	GEOMETRIA II	R
26	2206	DISEÑO GRA	PSICOLOGIA DEL DISEÑO	R
26	2207	DISEÑO GRA	MATERIALES TECS. PRESENTACION	O
26	2400	DISEÑO GRA	TALLER DE DISEÑO IV	R

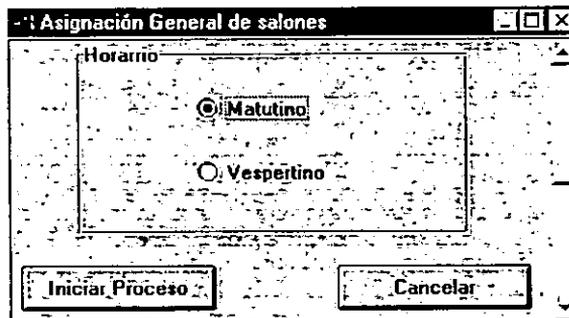
4.6 MODULO DE ASIGNACIÓN

En este menú se realiza la asignación de salones, se efectuará en tres procesos; el primero será una asignación general, asignando los grupos del 1o. al 5o. semestre de cada una de las carreras a los salones que les correspondan, en esta fase se construyen automáticamente los modelos de Programación Lineal de asignación (uno por cada carrera). Después sigue la asignación que llamaremos Particular, es decir de cada una de las carreras se asignan los grupos de 6º semestre en adelante que cumplan con tener 4 o más materias, en esta segunda fase también se construirá automáticamente el modelo de P.L. por cada carrera. Por último es la fase de asignación manual, donde se realizan los cambios y bajas como las asignaciones de los grupos que falten aún por asignarse, pero éste es un proceso de tal forma que el usuario deberá escoger qué grupo/materia va a asignar y a cuál salón que esté disponible será asignado, con este proceso se completará el 100 por ciento de la asignación.

4.6.1 ASIGNACIÓN GENERAL

En este proceso se asignará automáticamente salón a aquellos grupos de 1° a 5° semestre que tengan por lo menos 4 materias, se separa la asignación automática en 2 bloques debido a que es importante que los alumnos de 1° a 5°, estén en un sólo salón, este proceso se realizará aproximadamente en 1 minuto por cada turno.

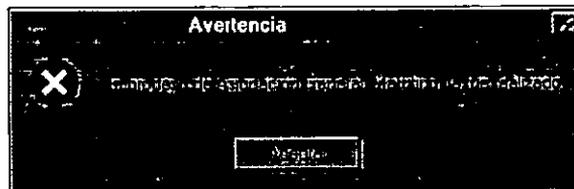
Al dar un click en la opción de General aparecerá la siguiente pantalla, donde se escogerá el turno a asignar, se da un click en el deseado, a continuación deberá dar un click en el botón Iniciar Proceso (se debe ejecutar el turno Matutino y el Vespertino, no importa el orden).



El avance de la asignación aparecerá en la parte inferior de la ventana, si desea interrumpir el proceso deberá dar un click en el botón Cancelar. Cuando termine la asignación aparecerá un mensaje de fin de proceso como el siguiente.



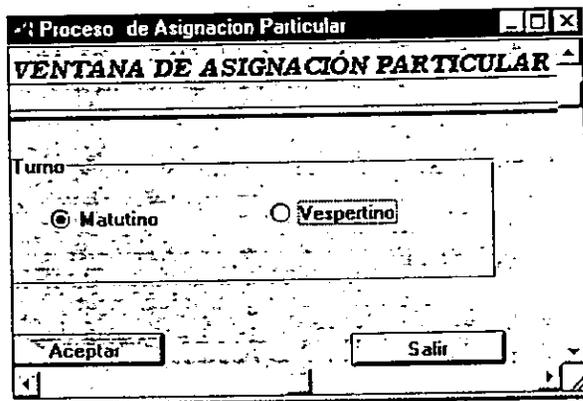
Si la asignación ya se hubiera realizado con anterioridad aparecerá un cuadro de mensaje:



**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

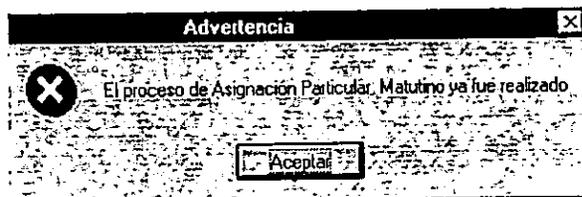
4.6.2 ASIGNACIÓN PARTICULAR

Para continuar con la asignación de los semestres de 6° en adelante, donde también sólo se asignará salones a los grupos que tengan por lo menos 4 materias, procederá a realizar la asignación particular de la siguiente manera. Deberá elegir dicho submenú, aparecerá la siguiente pantalla.



En esta pantalla se debe elegir el turno, puede ser el Matutino o Vespertino, el orden no importa pero se debe elegir uno y después el otro, al igual que en la fase anterior, aquí también se utiliza automáticamente para la asignación de salones un modelo de Programación Lineal, uno por cada carrera, el sistema primero obtendrá la disponibilidad que quedó de la fase anterior y después detecta cuáles son los grupos/materia que cumplen con las restricciones y se inicia la asignación, este proceso se tarda aproximadamente 3 minutos.

Cuando el proceso termine, aparecerá una ventana indicando que el proceso llegó a su fin, a continuación se procede a realizar lo mismo para el turno que falte. Si la asignación ya se realizó, aparecerá un cuadro de mensaje donde le avisará que la asignación ya fue realizada.



4.6.3 ASIGNACIÓN MANUAL

En esta última parte del proceso de asignación se completará el 100 por ciento de la proceso total. En las 2 fases anteriores se omitieron muchos grupos que no cumplieron con tener 4 o más materias, alrededor del 30 por ciento (aproximadamente 600 materia) de todas las materias, tendrán que ser asignadas por medio de este proceso de asignación manual, es decir el usuario del sistema deberá asignar un salón a cada grupo/materia uno por uno.

Al escoger la asignación manual, parecerá la siguiente ventana

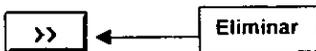
Salones Disponibles		Salones ENEP		Tipo de Salones
102	P	1001	P	P=Pupitre
103	P	1002	P	R=Restirador
104	P	1003	P	S=Seminario
205	P	1004	P	D=Dibujo
206	P	1005	P	O=Otro
		1006	P	
		1007	P	

En esta ventana se muestran por carrera los salones que hay en la ENEP Acatlán, los salones que están disponibles para la carrera elegida, y de qué tipo de salón son. Para realizar la asignación manual primero deberá elegir la carrera, y el turno (recordando que se debe elegir un turno y después el otro no importa el orden), dando un click sobre las opciones deseadas. A continuación deberá dar un click en el botón de llenado de salones:

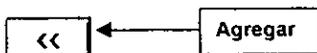


Al hacer esto se realizará un proceso, cuya función es mostrar en las listas los Salones Disponibles (Izquierda) para la carrera elegida y los salones restantes de la ENEP (derecha).

Los salones que aparecen en la lista izquierda, son los salones donde se buscará la disponibilidad para asignar los grupos/materia que faltan. Si se quiere quitar un salón, hay que hacer click en el botón de eliminar.



Para hacer lo contrario es decir un salón que se encuentre en la lista de los salones de la ENEP Acatlán pase a formar parte de la lista de los salones disponibles deberá seleccionar el salón deseado y dar un click en el botón Agregar



Para continuar con la asignación deberá dar un click en el botón Aceptar, después aparecerá la siguiente pantalla:

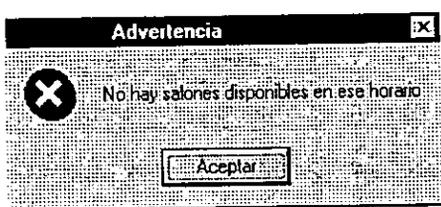
GRUPOS / MATERIA POR ASIGNAR							DISPONIBILIDAD	
Clave Mat.	Materia:	Días	Horaini	Horafin	Semestre	Tipo		
2200	CALCULO DIF. E IN	LW	09:00	11:00	02	P		
2200	CALCULO DIF. E IN	MJ	11:00	13:00	02	P		
2201	GEOMETRIA ANALI	LWV	07:00	09:00	02	P		
2202	ALGEBRA LINEAL I	LWV	11:00	13:00	02	P		
2203	ESTRUCTURA PRO	MJV	09:00	11:00	02	P		
2204	MATEMATICAS FIN	MJS	07:00	09:00	02	P		
2200	CALCULO DIF. E IN	LMWJ	07:00	09:00	02	P		
2201	GEOMETRIA ANALI	LMW	09:00	11:00	02	P		
2202	ALGEBRA LINEAL I	LWJ	11:00	13:00	02	P		
2203	ESTRUCTURA PRO	S	08:00	11:00	02	P		

103	P
104	P
205	P
206	P

R=Restrador S=Seminario D=Dibujo O=Otro

En la cual nos muestra los grupos y materias que faltan por asignar, con todas sus características. Se deberá elegir en la lista la materia que desea asignar, a continuación deberá dar un click en el botón Salones >, para que se llene la lista de Disponibilidad. En esa lista aparecerán todos los salones que cumplen con tener disponible el horario de la materia seleccionada.

De la lista de salones disponible se hace click sobre el salón deseado, el siguiente paso es hacer click sobre el botón de **Asignar**, de esta manera en las bases del sistema se registrará la asignación y se actualizará la disponibilidad del salón seleccionado. De la ventana de salones desaparece el salón asignado, y la caja de salones disponibles queda en blanco para efectuar otra asignación. Si después de elegir la materia y dar un click en el botón **Salones>** se despliega el siguiente mensaje:



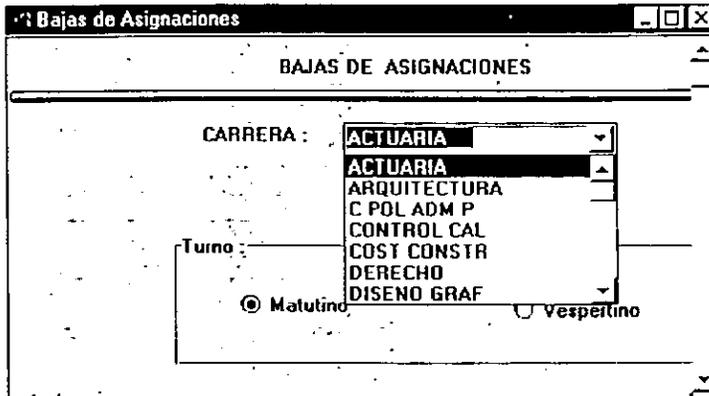
Esto significa que no hay disponibilidad en los salones de la carrera y por lo tanto se procede a tomar uno de otra carrera, para ello primero se hace click en el botón de **Especial>**, el cual nos muestra los salones disponibles en el horario de la materia, buscando en toda la ENEP. Después se procede como en el caso del botón de **Salones>**. También hay un botón para consultar la disponibilidad que le resta a la carrera y la información que despliega la ventana es la siguiente:

Disponibilidad de la Carrera						Tipo de Salon	
Salon	Tiposa	Dia	Horain2	Horafm2			
102	P	J	1300	2200	P = Pupitre		
102	P	L	1300	2200	R = Restirado		
102	P	M	1300	2200	S = Seminario		
102	P	S	700	2200	D = Dibujo		
102	P	V	1300	2200	O = Otro		
102	P	W	1300	2200			
103	P	J	700	2200	Dias		
103	P	L	700	2200	L = Lunes		
103	P	M	700	2200	M = Martes		
103	P	S	700	2200	W = Miercole		
103	P	V	700	2200	J = Jueves		
103	P	W	700	2200	V = Viernes		
103	P	J	700	2200	S = Sabado		
104	P	J	700	2200	Salir		

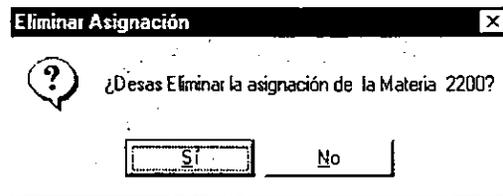
En ella se muestra el salón, de qué tipo es y qué disponibilidad tiene.

4.6.4 BAJAS DE ASIGNACIÓN

En esta opción se podrá dar de baja la asignación de salones de forma manual. Al entrar a esta opción aparece la siguiente ventana donde se escoge la carrera y el turno, después el sistema busca los grupos que ya tienen salón asignado de esa carrera, de éstos se toma el que se



quiere dar de baja, presionando en el botón de Baja, aparece el siguiente mensaje para confirmar la operación de baja de asignación:



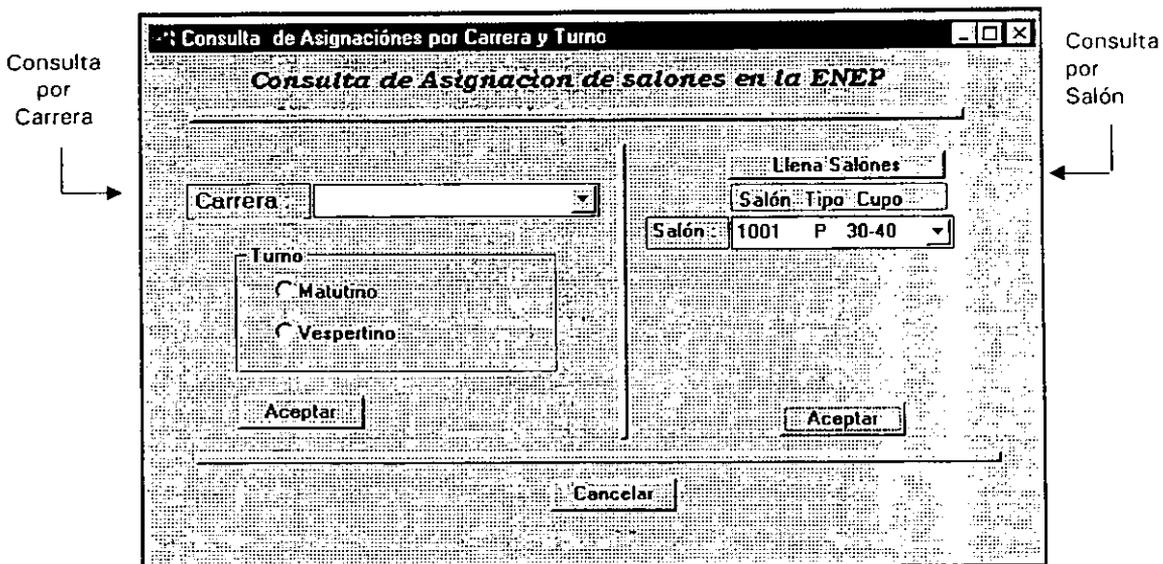
Si desea realizar la baja, se presiona en el botón SI, con lo que la materia quedará sin salón asignado y aparecerá en la lista de materias por asignar, si desea cancelar la Baja de asignación se presiona en el botón No.

4.7 MODULO DE CONSULTAS

Aquí se podrán realizar las consultas de cuáles fueron las asignaciones que se realizaron por cada carrera, también se puede consultar qué se asignó por salón, existe también la consulta de disponibilidad por salón y por carrera, hay una búsqueda especial, donde podemos buscar el horario que se quiera y ver de toda la ENEP Acatlán qué salones tienen disponibilidad. Este modulo de consultas sirve para verificar la asignación realizada en cualquier momento del proceso, las consultas necesarias para la verificación de la asignación son:

4.7.1 CONSULTA DE ASIGNACIÓN POR CARRERA O POR SALÓN

La consulta por asignación se divide en 2 partes, se puede consultar por carrera o por salón. Para la consulta por carrera sólo debe de elegir la carrera (puede utilizar el cuadro de lista



desplegable, presionando en la flecha) el turno, después debe presionar en el botón Aceptar. La ventana que aparecerá contendrá información sobre la materia, el salón y el horario de clases, la ventana es la siguiente:

Asignación por Carrera

Asignación de la Carrera : ACTUARIA

Grupo:	Clave Ma	Materia:	Salon:	Dias:	Horaini:	Horafin:	Hor
2601	2600	FINANZAS I	102	MJ	07:00	09:00	04.0
2601	2601	DEMOGRAFIA	102	MJV	09:00	11:00	06.0
2601	2602	ESTADISTICA II	102	LW	09:00	11:00	06.0
2601	2602	ESTADISTICA II	102	V	11:00	13:00	06.0
2601	2603	ECONOMIA MATEMATICA I	102	MJ	11:00	13:00	04.0

Para revisar toda la información se deben utilizar las barras de desplazamiento. Cuando desee dar por terminada la consulta presionar en el botón Salir:

4.7.2 CONSULTA DE ASIGNACIÓN POR SALÓN

Para ver la consulta de asignación de salones primero presione el botón Llena Salones, después haga click en la flecha para desplegar los salones donde se imparten clases en la ENEP Acatlán. De la lista se elige el salón que se desea consultar, por ejemplo del salón 112 aparecerá la siguiente ventana con la información de la ocupación del salón:

Consulta de Ocupación por Salón

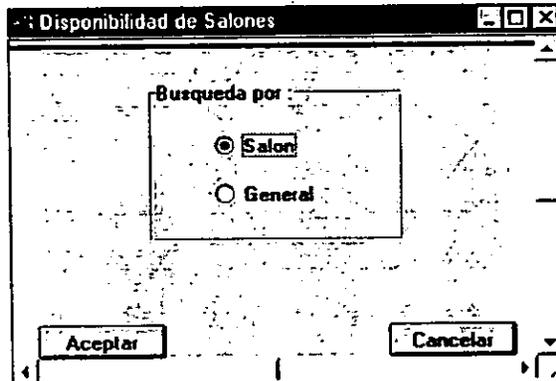
Ocupación del Salón : 112

Clave	Carrera:	Grupo:	C_Mat	Materia:	Dia:	Horaini:	Horafin:
13	ING CIVIL	2601	1600	ANALISIS D ESTRUCTURAS I	J	700	915
13	ING CIVIL	01-2	2214	QUIMICA	J	1300	1500
13	ING CIVIL	2351	1301	COMPUTACION II	J	1600	1730
13	ING CIVIL	2851	1004	CIMENTACIONES	J	1730	1945
13	ING CIVIL	2351	1303	CINEMATICA Y DINAMICA	J	1945	2200
13	ING CIVIL	2601	1602	COMPORTAMIENTO D LOS SUELOS	L	700	915
13	ING CIVIL	01-2	1501	RESISTENCIA D MATERLES II	L	1000	1200
13	ING CIVIL	01-2	1502	HIDRAULICA I	L	1000	1200
13	ING CIVIL	01-2	1505	GEOLOGIA	L	1000	1200
13	ING CIVIL	2351	1302	ESTRUCTURAS ISOSTATICAS	L	1600	1815
13	ING CIVIL	2351	1304	ELECTRICIDAD APLICADA	L	1815	2030

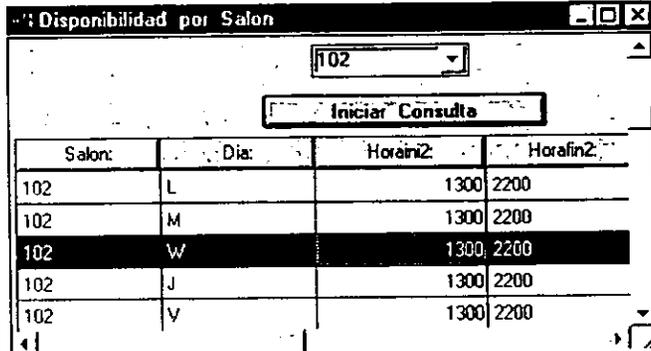
Salir

4.7.3 CONSULTAS DE DISPONIBILIDAD

En la pantalla siguiente se pueden realizar las consultas de disponibilidad.



Después de haber efectuado algún proceso de asignación es recomendable ver la disponibilidad. Si se desea consultar la opción de Salón, se presiona el botón de salón y luego se hace click en Aceptar y aparecerá la siguiente ventana con la información de disponibilidad del salón:



Todas las consultas de disponibilidad presentan la misma información, con un formato de consulta similar al anterior, lo único que varía es el rango de salones que se desea consultar, los diferentes tipos de consultas son:

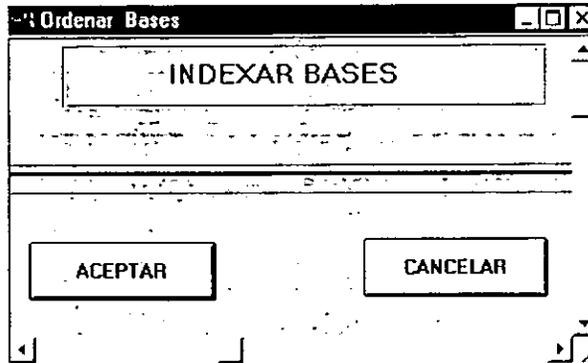
- a) Disponibilidad por salón.
- b) Disponibilidad General.
- c) Búsqueda de disponibilidad Especial.

4.8 MODULO DE ADMINISTRACIÓN

Este menú es muy importante para el funcionamiento del modelo automatizado, contiene la opción de indexar las bases del sistema, esto es reordenar la información que contiene cada una de las bases para su correcto funcionamiento, nos proporciona la opción de realizar la edición de usuarios del sistema, y también contiene las opciones de importar y exportar información al sistema SISPA, estas operaciones se deben realizar antes de efectuar los procesos de asignación.

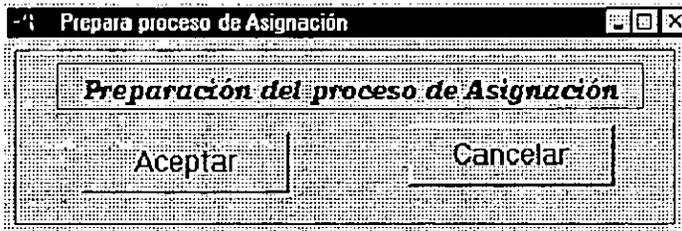
4.8.1 INDEXAR BASES

En este submenú será posible indexar las bases de datos necesarias para el sistema, al elegir esta opción aparecerá la siguiente ventana y en ella se oprime el botón de aceptar:



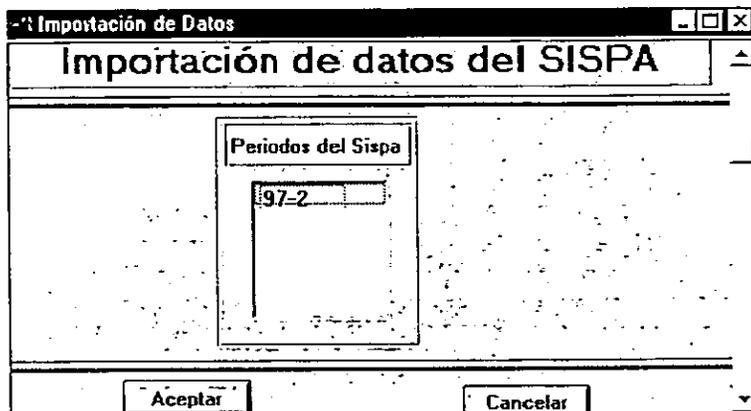
4.8.2 PREPARAR ASIGNACIÓN

En esta opción se preparan las bases de datos para efectuar el proceso de asignación y poder guardar los resultados de las 3 fases en las bases de datos que componen el sistema



4.8.3 IMPORTAR DATOS

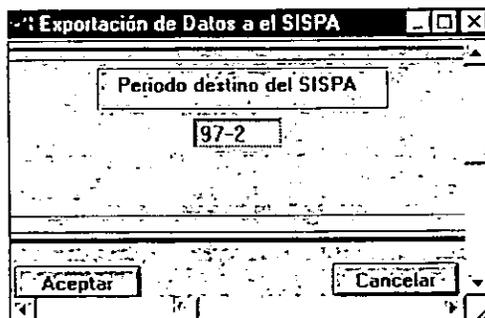
En esta opción se realiza la importación de los datos del SISPA solo se debe indicar el periodo del semestre para el que se efectuará la asignación y presionar el botón Aceptar, la importación es un proceso que se realiza antes de efectuar las fases de asignación, puesto que la información es capturada y validada en el sistema SISPA (Sistema de Personal Académico), y para que no se mande escrita en papel, se puede importar directamente a través de la red de área



local.

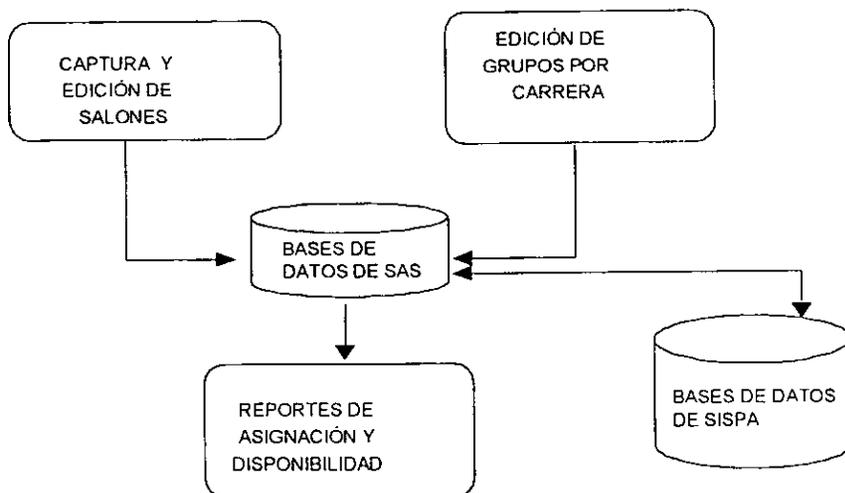
4.8.4 EXPORTAR DATOS

Esta opción nos va a permitir exportar los datos al sistema SISPA de una manera sencilla solo debo escribir el periodo y a continuación presionar el botón Aceptar, este proceso se hace únicamente cuando ya se completo el 100 por ciento



4.9 FLUJOS DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA

La información necesaria para el funcionamiento del sistema se obtiene mediante el módulo de entradas del sistema, y mediante la opción de importación de información de SISPA en el módulo de administración. La información fluye a través de la red de área local de la ENEP Acatlán, y puede ser obtenida desde cualquier terminal que se encuentre conectada a esta red, siempre y cuando tenga derechos de uso de los sistemas de información. Los responsables de la información que se captura en el sistema SISPA y que se exporta de ese sistema al sistema de asignación de salones SAS son los programas de cada carrera.



4.10 VALIDACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL MODELO

La aplicación de modelos de Investigación de Operaciones a los problemas de la vida real, traen consigo ventajas que no se pueden conseguir si el problema es resuelto intuitivamente, los resultados deben ser validados y satisfacer a las personas que están directamente involucradas o afectadas por los resultados proporcionados por el modelo, se debe examinar el comportamiento del modelo y por lo tanto verificar su eficiencia al utilizarlo en la toma de decisiones. En este capítulo ya se mencionó la forma en que van a obtener las soluciones a partir del modelo, es decir

ya se explicó la forma de operar el sistema automatizado de asignación (SAS), este proceso cae dentro de la etapa de obtención de resultados y continuando con las etapas de Investigación de Operaciones en la solución del problema de asignación de salones, las etapas restantes son: validación, control e implantación de resultados, estas etapas son muy parecidas, tiene que ver con los resultados que proporciona el sistema, los resultados se obtendrán de una forma iterativa de acuerdo al algoritmo de solución del modelo de asignación, los resultados deben ser validados esto es probar el modelo y las soluciones que se obtienen, en este caso tenemos que el sistema proporciona soluciones de asignación de salones de manera que optimice con base a: la distancia, el tamaño del salón y el tamaño del grupo que se pretende asignar, tenemos por ejemplo el caso de la carrera de Actuaría, la cual tiene los salones y grupos siguientes:

SALONES	TIPO	CAPACIDAD	CAPACIDAD PROMEDIO
102	PALETA	50 - 60	55
103	PALETA	50 - 60	55
104	PALETA	50 - 60	55
205	PALETA	30 - 40	35
206	PALETA	30 - 40	35
207	PALETA	30 - 40	35

Turno	Fase 1 (modelo) Grupos con 4 o más materias de 1° a 5° semestre		Fase 2 (modelo) Grupos con 4 o más materias de 6° a 10° semestre		Fase 3 (manual) Todos los Grupos/materia restantes	
	Grupo	Tamaño	Grupo	Tamaño	Grupo	Tamaño
Matutino	2201	60	2601	60		
	2202	60	2801	45		
	2401	60				
	2402	60				
Vespertino	2251	60	2651	50	2452	60
	2252	50	2851	30		
	2451	60	2852	30		

En el cuadro anterior se clasifican los grupos que se van a impartir en el semestre de la carrera de Actuaría, se dividió en 3 columnas, una por cada fase, la columna de **Tamaño** se refiere a la inscripción esperada del grupo, esta información es capturada por cada carrera en el Sistema de Personal Académico, es importada en el paso 1 del proceso de asignación. Después de efectuar las fases 1 y 2 de los turnos matutino y vespertino con el sistema SAS se obtiene los siguientes resultados, específicamente para la carrera de Actuaría:

Turno matutino		Turno vespertino	
<u>Grupo</u>	<u>Salón Asignado</u>	<u>Grupo</u>	<u>Salón Asignado</u>
2201	102	2251	102
2202	103	2252	103
2401	104	2451	104
2402	205	2452	207
2601	205,206	2651	205
2801	206,207	2851	205,206
		2852	206,207

A partir de los resultados obtenidos podemos realizar la **validación del modelo**, es decir probar que tan válido es éste, observando si los resultados que genera predicen o no, con cierta aproximación, el sistema real. La validez de los modelos generalmente se prueba, si el modelo genera resultados que ya hayan ocurrido en el sistema real, siempre y cuando se pruebe con datos pasados. La validación de este modelo no se realizó en forma aislada con respecto a los pasos anteriores, ya que se fueron efectuando ajustes durante su construcción como consecuencia de la retroalimentación de las etapas anteriores, los resultados obtenidos por el modelo automatizado, son probados por quienes realizan la asignación y se verifica que los grupos/materia asignados no se traslapen; es decir, que dos o más materias no sean asignados en el mismo salón el mismo día y a la misma hora, también se debe verificar que estén dentro de los salones que le correspondan a la carrera.

El **establecimiento de controles de los resultados**, se logra a través del sistema automatizado, puesto que esto permite que el modelo sea utilizado varias veces, pero este sistema debe estar muy bien documentado, que contenga manual de procedimientos para su instalación y para su operación, y aunque el personal cambie, el sistema automatizado siga siendo utilizado y entendido, si las condiciones del sistema de la vida real para el cual se creó el modelo cambian, esto puede provocar que se invalide el modelo, una parte del sistema debe ser hecha para detectar cambios y hacer las modificaciones necesarias. En el caso de la asignación de salones, para llevar a cabo el control de los resultados se implantaron 2 módulos, el primero es el módulo de entradas, donde se pueden modificar algunos datos importantes para el modelo como son datos

de los salones y los grupos/materia, el segundo módulo es el de consultas, donde directamente el usuario, que es la persona que toma las decisiones en la asignación, checa la asignación realizada y puede efectuar los cambios directamente, es él quien lleva el proceso del control de los resultados. Además de la consulta existen los reportes de asignación, el usuario de manera directa entiende los resultados proporcionados por el modelo de manera que no es necesario realizar una interpretación para que éstos sean entendidos por quienes toman las decisiones.

Finalmente la **implantación de los resultados** del sistema puede ser lograda si se demuestra que éste realmente mejora las condiciones actuales, tiene que ser rentable y producir un ahorro efectivo en el proceso de toma de decisiones ya empleado. En este caso se demostró que el proceso de asignación anterior se tarda alrededor de 2 meses, y con el sistema automatizado, que utiliza el modelo, se pueden llevar de una a tres semanas como máximo, pero con menor desgaste y aprovechando las herramientas de cómputo de la escuela, los resultados se implantarán directamente mediante el módulo de exportación al sistema SISPA, que es donde finalmente la asignación de salones debe ser capturada, el proceso de asignación se podrá realizar desde un mes antes de iniciar las clases.

Se debe considerar algo muy importante en la implantación de los resultados del modelo, esto es, "el factor humano", es decir que si los afectados por los resultados que se pretenden implantar, no los aceptan por diferentes razones, que no tienen que ver con la validez del modelo, entonces el modelo tiene que ser modificado o rechazado, y esto le corresponde al grupo que toma las decisiones. Por eso es importante que todas las personas de la organización, desde los niveles más altos (directivos quienes toman las decisiones finales), hasta los niveles más bajos (las personas que tienen que adaptarse a los resultados obtenidos), se involucren en la construcción e implantación del modelo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo visto en el presente trabajo, la aplicación de la Investigación de Operaciones a problemas complejos de la vida real permite obtener resultados óptimos, a partir de los cuales se puede apoyar la toma de decisiones. La aplicación de los modelos matemáticos a casos reales es un proceso que requiere un buen análisis del problema y aplicación de los pasos utilizados en la Investigación de Operaciones, además es necesaria la participación de las personas que se verán involucrados por los resultados del modelo. De manera que estén concientes que se va a desarrollar el modelo satisfaciendo sus necesidades.

En nuestro país existe una gran cantidad de problemas que requieren la aplicación de modelos de Investigación de Operaciones, y desgraciadamente existen muchos directivos, de los cuales depende la solución de esos problemas, que no están dispuestos a aplicar estos modelos, ya sea por desconocimiento o por falta de confianza en ellos. Es necesario demostrar que los modelos matemáticos van a mejorar el sistema, por ello es importante en la realización del modelo, la interpretación correcta de los factores que intervienen en el problema, de esta manera se podrán ver los beneficios del modelo al momento de realizar la optimización del problema.

En el caso de la Enep Acatlán donde se requiere realizar la asignación de salones entre otras muchas decisiones importantes, es necesario saber cuál va a ser la asignación de salones para los grupos/materia de cada carrera que se impartirán en el semestre, este proceso de toma de decisiones que tradicionalmente se ha venido realizando ha mano, y debido a la gran cantidad de restricciones y combinaciones posibles, resulta ser un trabajo extremadamente pesado, y además se pueden incurrir en errores en la asignación. Durante el análisis del problema de asignación de salones, nos dimos cuenta que en este problema entran en juego muchos factores, los cuales no eran comunes en todos los casos de asignación, además existían particularidades que no pudieron ser llevadas al modelo, de tal manera que del total de materias para ser asignadas sólo fue posible realizar con el modelo matemático alrededor del 70 por ciento de la asignación, el modelo puede realiza automáticamente la asignación, de manera que el usuario sólo tiene que

efectuar el 30 por ciento restante dentro del modulo de asignación manual del sistema de información. El modelo se realizó considerando todos los factores que intervienen en el proceso de la asignación, se procuró que éste cumpliera con las necesidades de quienes toman las decisiones en el proceso de asignación.

La utilización de la computadora en la solución de problemas aplicando las técnicas de Investigación de Operaciones, es cada vez más posible, puesto que las computadoras cada día mejoran sus capacidades de cómputo y sus precios se reducen. Con el uso de la computadora en la solución de problemas repetitivos de la vida real que pueden ser solucionados aplicando los modelos de Programación Lineal, se mejora de manera notable la rapidez y eficiencia de los procesos. En el caso de la asignación de salones, el modelo matemático fue implantado mediante un sistema de información en el cual el modelo de Programación Lineal es una parte de este sistema, ya que además éste contiene otros módulos para el manejo de la información. De manera que podemos decir que el objetivo del presente trabajo se cumplió plenamente, puesto que fue posible realizar el modelo de Programación Lineal para la asignación de salones, y éste se implantó mediante un sistema de información que mejoró el tiempo y la facilidad de manejo del proceso que fue lo que se planteó en los objetivos del presente trabajo.

La aplicación final de los resultados proporcionados por el modelo es una de las etapas más difíciles en la solución de problemas con Investigación de Operaciones, esto depende del "factor humano". Si las personas que resultan afectas directamente por los resultados del modelo no los aceptan, no va a ser posible que se implante el modelo, le corresponde a las personas que toman las decisiones finales, el aceptar, modificar o rechazar el modelo.

Finalmente podemos decir que la combinación de las materias de matemáticas aplicadas y las de técnicas computacionales en un plan de estudios, dan como resultado un profesionista con los elementos necesarios para abordar problemas que requieran la aplicación de la Investigación de Operaciones, de manera que proporcionen soluciones óptimas que permitan mejorar o apoyar la

Conclusiones

toma de decisiones, y por ende el mejoramiento de la organización. Con una preparación en matemáticas y computación se tiene un panorama completo de lo que se tiene que hacer en la solución de problemas, desde el análisis hasta la elaboración e implantación del modelo utilizando, las herramientas de cómputo que se tengan disponibles. En lo particular me siento muy satisfecho por haber desarrollado e implantado un proyecto de esta naturaleza y espero seguir haciéndolo en los lugares donde me desempeñe.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ACKOFF, L., Russell y SASIENI, Maurice, W.
Fundamentos de Investigación de Operaciones.
Editorial Limusa (Noriega Editores), México 1991, 495 p.
- 2) COMPUTER, Associates.
CA-Visual Objects: Getting Started.
Editado por Computer Associates, E.U.A. 1994, 182 p.
- 3) COMPUTER, Associates.
CA-Visual Objects: IDE User Guide.
Editado por Computer Associates, E.U.A. 1994, 357 p.
- 4) COMPUTER, Associates.
CA-Visual Objects: Programmer's Guide, Volumen II.
Editado por Computer Associates, E.U.A. 1994, 234 p.
- 5) COMPUTER, Associates.
CA-Visual Objects: Programmer's Guide, Volumen III.
Editado por Computer Associates, E.U.A. 1994, 234 p.
- 6) GARCÍA, Cabañes, Javier y FERNANDEZ, Martínez, Luis.
Técnicas de investigación operativa.
Editorial Parainfo, Madrid 1990, 397 p.
- 7) Hacia Visual Objects.
Hacia Visual Objects: Actas de encuentros 1994 de usuarios Clipper.
Editorial Addison Westley Iberoamericana, E.U.A. 1994, 294 p.
- 8) HILLIER, S. Frederick y Lieberman, J. Gerald.
Introducción a la Investigación de Operaciones
Editorial Mack Graw Hill. México 1994, 955 p.
- 9) MITCHELL, George.
The Practice Of Operational Research.
Editorial John Wiley & Sons, England 1993, 290 p.
- 10) PRAWDA, Juan.
Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. I (modelos determinísticos).
Editorial Limusa. México 1981, 933 p.
- 11) RIVETT, Patrick.
Principles Of Model Building.
Editorial John Wiley & Sons, Great Britain 1972, 142 p.
- 12) RODRÍGUEZ, Betancourt Ramón.
Métodos Económico-Matemáticos Aplicados al Transporte.
Editorial Pueblo, Cuba 1984.

- 13) SPENCE, Rick.
CA-Visual Objects: Guía para el programador.
Editorial RA-MA, México 1997, 671 p.

- 14) TAHA, Hamdy A.
Investigación de Operaciones.
Editorial Alfaomega, México 1995, 960 p.

- 15) WALKER, D. W.
Sistemas de Información Para La Administración.
Editorial Alfaomega Marcombo, Barcelona España 1996, 347 p.

- 16) WHITAKER, David.
Investigación Operativa con el Computador.
Editorial Parainfo, Madrid 1988, 260 p.