UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN

OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ASIGNACION DE LA PLANTA DOCENTE 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

MARIO ALBERTO ZAMARRIPA CALDERON

ASESOR: FIS. JORGE LUIS SUAREZ MADARIAGA

ACATLAN, ESTADO DE MEXICO **1996**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS

COMPLETA

Agradecimientos y dedicatorias:

Al tiempo por esperarme.

A mis papás Arcelia y Eliezer quienes me han brindado todo con sacrificio y entrega, que me han guiado en el camino de la vida y que se merecen lo mejor.

A mis hermanos Cher, Toño, Lalo y Chelita que me han ayudado en todo.

A la niña quien me ha apoyado siempre, Delia Lilia.

A la UNAM por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A todos mis maestros, compañeros y amigos que me han formado.

A Jorge Luis por su apoyo incondicional para elaborar este trabajo.

A la persona que con su trabajo y dedicación me ha inspirado admiración, respeto y un ejemplo a seguir, al Mtro. Víctor José Palencia Gómez.

A los miembros del DSI y CC de quienes reconozco su esfuerzo y entrega y les deseo lo mejor.

A todo aquel que busque con trabajo la optimización de las condiciones de vida en México.

ÍNDICE

PRÓLOGO

La persona que presenta este proyecto de investigación es pasante de la carrera de Matemáticas Aplicadas y Computación, terminó con un promedio de 9.64 en la carrera y fue consejero técnico alumno de la ENEP Acatlán en el periodo 1992-94. Realizó su servicio social en el Departamento de Sistemas de Información de la ENEP en donde trabaja hasta la fecha. Ha desarrollado varios proyectos de sistematización en la Escuela, entre otros el Sistema de Administración Escolar del Centro de Idiomas Extranjeros (CIESIS), y el Sistema Automatizado de Control de Personal Académico (SISPA).

El tema de la tesis surgió del conocimiento de los problemas que genera el proceso de asignación de la planta docente en la ENEP Acatlán a través del H. Consejo Técnico de la Escuela. La optimización de tal proceso mediante el desarrollo de un modelo matemático representa una de las posibles aplicaciones de los conocimiantos adquiridos durante la carrera.

Uno de los objetivos que se persigue en esta investigación es la de demostrar que el desarrollo de un modelo matemático adecuado, junto con la aplicación de herramientas de la Investigación de Operaciones en los procesos de optimización son por demás redituables en tiempo y costo en los procesos de decisión complejos.

Los fines que se pretenden alcanzar mediante la presentación de este proyecto son los siguientes. Primeramente fomentar la utilización de modelos matemáticos en la solución de problemas de todo tipo a través de la presente experiencia y los resultados que se obtienen. Otro de los fines a perseguir es sin duda el de la elaboración de un trabajo de investigación que dé experiencia profesional en el campo de la investigación de operaciones.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos los cuales van desde el planteamiento del problema hasta el análisis de los resultados obtenidos a partir de éste.

En el primer capítulo se da la perspectiva del problema, su entorno, el planteamiento, la definición y los objetivos que plantea la investigación. En el segundo capítulo se presentan los fundamentos teóricos de las herramientas matemáticas que utiliza la investigación para ubicarlas dentro del marco científico al que pertenecen en la investigación de operaciones. En el tercer capítulo se expone el desarrollo del modelo matemático para la solución del problema planteado; desde el diseño, la formulación, justificación hasta el desarrollo sistematizado de éste para obtener las soluciones requeridas. En el cuarto capítulo se presentan las pruebas y la implantación del modelo así como la solución para obtener el control de los resultados que arroje el modelo.

CAPITULO 1.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Éxito

" El éxito es el camino, no el lugar a donde se llega"

1.1 .- ENTORNO DEL PROBLEMA

La Universidad Nacional Autónoma de México, la máxima casa de estudios, es el centro de formación de miles de profesionistas de nuestro país, así como el centro de investigación científica. Dentro de la administración de esta institución, se tiene un vasto número de decisiones, las cuales van desde las más elementales hasta las más complejas. Estas decisiones repercuten en el funcionamiento de la institución, por lo que deben de realizarse conscientes de las derivaciones o consecuencias que puedan tener. Entre las múltiples decisiones que se toman en la Universidad, se tiene la de definir los horarios y los profesores que imparten las asignaturas de los diversos planes de estudios que ofrece esta institución. En particular esta toma de decisión tiene una repercusión importante debido a que, de acuerdo a las capacidades de los profesores, se tendrá la formación de los profesionistas que acuden a las aulas universitarias, y de acuerdo a lo anterior se tendrá la infraestructura intelectual para poder crecer como país.

Actualmente en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán que forma parte de la Universidad Nacional Autónoma de México, la asignación de la planta docente correspondiente a los grupos/materia que se imparten en la dependencia se lleva a cabo mediante procesos manuales por parte de los jefes de sección, quienes consumen un gran número de horas para realizar el trabajo. Además el proceso de asignación, a través de los años ha sido objeto de cuestionamientos por parte de los representantes de la planta docente ante el H. Consejo Técnico de ésta escuela. A continuación se presentan algunos de los cuestionamientos, propuestas, comentarios y acuerdos que se han realizado en el pleno del Consejo Técnico respecto a la asignación de la planta docente.

Cuestionamientos:

- Que no existía forma de corroborar si los profesores de carrera cumplían o no con la carga docente establecida por el artículo 61 del Estatuto del Personal Académico.
- Existe un seguimiento insuficiente del desempeño de los profesores, provocándose con ello lesiones a los intereses de los profesores.
- Si son declarados NO APTOS para la docencia en algún Concurso de Oposición no se les debe asignar grupos en esa materia.
- Se debe seguir el criterio de oferta establecido por el Consejo Técnico de la ENEP Acatlán para la asignación de las horas:

  1. Profesores Definitivos. Tanto de carrera como de asignatura.
  2. Profesores de Carrera No Definitivos.
  3. Profesores de Asignatura Interinos, según su orden de antigüedad.
  4. Ayudantes de profesor.

- Antes de llegar a las opciones 3 y 4 de las políticas de asignación, buscar alternativas en el resto de las Divisiones.
- Que en algunos casos las políticas de preferencia en la asignación de grupo no eran tan claras como las planteadas y no se tomaban en cuenta las prioridades de categoría, nivel y antigüedad.
- No se deben asignar a profesores horas traslapadas.[1]

[1] Sesión del 18 de febrero de 1994 del H. Consejo Técnico

- Existen muchos profesores definitivos en algunas materias impartiendo otras diferentes, en las que no son definitivos o de carrera.
- No deben tener derecho a ser asignados a materias, los profesores que después de un año de impartir la materia no presentan su concurso de oposición, si es que se abrió el concurso y salvo que el Consejo Técnico lo considere pertinente.[2]

Propuestas:

- Se debe tener un arreglo entre Divisiones y Jefaturas de Programa para la asignación de horas de clase a maestros titulares; para aquellos profesores que imparten en varias Divisiones.
- Las Divisiones que tengan plazas vacantes deben publicar la existencia de éstas para que los profesores pertenecientes a otras divisiones tengan el conocimiento y puedan ocupar estas plazas.
- Sería recomendable que existiesen evaluaciones para cubrir las plazas vacantes por profesores de asignatura con el fin de cuidar un mejor nivel académico.
- Se debe tener una información sobre cuantas horas solicitó y cuantas horas le fueron asignadas.
- Se debe presentar informes para tener un seguimiento de las actividades académicas de cada profesor.[3]
- En la política de preferencia de asignación de profesores se debe considerar tanto la antigüedad, como grados académicos y especialidades.[4]

Comentarios:

- Los profesores de carrera deben ser asignados para impartir en sus asignaturas y carreras correspondientes a su área, para así mantener un nivel académico respaldado por los concursos de oposición que se presentaron.[5]

[2] Sesión del 5 de mayo de 1994 del H. Consejo Técnico.
[3] Sesión del 18 de febrero de 1994 del H.Consejo Técnico.
[4] Sesión del 17 de marzo de 1994 del H.Consejo Técnico.
[5] Sesión del 2 de diciembre de 1993 del H.Consejo Técnico.

- Se debe respetar el derecho de antigüedad para obtener una continuidad en la planta docente. Los derechos por contrato colectivo, por concurso de oposición, etc.
- Se debe considerar la currícula de los profesores candidatos a una asignatura para obtener la mejor opción en cada grupo-materia. Ello, con el fin de mantener o elevar el nivel académico.
- Si los profesores tienen más de un año impartiendo alguna materia, por Legislación deberán presentarse a los concursos de oposición para ingreso que se convoquen en la materia que impartan. Los que no cumpan esta obligación o no sean seleccionados, no tendrán derecho a que se les asigne grupo, salvo que la comisión dictaminadora los declare aptos para la docencia y recomiende la prórroga de su nombramiento.
- Limitarse a las 18 hrs. frente a grupo, con excepción, de los profesores que venían impartiendo mas horas antes de esta notificación del Estatuto.
- Existe una necesidad de mecanismo de flujo de comunicación entre Divisiones Académicas y Jefaturas de Programas de Licenciatura.
- En el criterio de Oferta o Política de Preferencia existe el problema de como dar una compatibilidad entre:

    - Compromisos de horarios para maestros de asignatura.
    - Facilitarle a los profesores de carrera que cubran los horarios en que no podrían cumplir los maestros de asignatura.[6]

- Existen imposibilidades de contratación por los problemas de horarios dado que, por ejemplo, hay profesores de asignatura que sólo tienen disposición de horario de 7 a 9 de la mañana; esto se da en carreras en las que es difícil conseguir profesores en ciertas materias. [7]

Acuerdos:

[6] Sesión del 18 de febrero de 1994 del H.Consejo Técnico.
[7] Sesión del 5 de mayo de 1994 del H.Consejo Técnico.

- Que se elaborará un mecanismo funcional de asignación de grupo que proporcionará información más clara al Consejo sobre las inconformidades de los profesores en este aspecto.
- Que se creará un banco único de datos que mantuviera actualizada la situación de cada profesor y permitiera el seguimiento oportuno.[8]

1.2 .- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se observa un proceso de asignación de la planta docente a los grupos/materia de las licenciaturas que se imparten en la ENEP Acatlán un tanto lento, laborioso y en ocasiones deficiente, por lo que se contempla la conveniencia de crear mecanismos (modelo matemático sistematizado) que permita la agilización, objetividad, minimización de costos, mejoramiento del nivel académico y, en general, la optimización del proceso, considerando de manera global, las disponibilidades de horarios de los grupos/materia y de los profesores, de los grados académicos y categorías de éstos, etc.

1.3 .- PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿ Cuál es el proceso de asignación óptimo de la planta docente a los grupos/materia de las licenciaturas, idiomas y posgrado que se imparten en la ENEP Acatlán ?

¿ Existe un modelo matemático apropiado para la optimización del proceso de asignación de los profesores a los grupos/materia de las licenciaturas, idiomas y posgrado que se imparten en la ENEP Acatlán?

[8] Sesión del 18 de febrero de 1994 del H.Consejo Técnico.

1.4 .- HIPÓTESIS

El proceso de asignación óptimo de la planta docente a los grupos/materia de las licenciaturas, idiomas y posgrado que se imparten en la ENEP Acatlán es la sistematización de un modelo matemático que contemple las variables que se presentan en dicho proceso junto con las restricciones de esta asignación.

El modelo matemático apropiado para la optimización del proceso de asignación de los profesores a los grupos/materia de las licenciaturas que se imparten en la ENEP Acatlán , es el modelo de asignación de programación lineal considerando las disponibilidades de horarios, tanto de grupos/materia y de profesores, como las restricciones de las variables del proceso, como pueden ser las categorías y niveles de los docentes.

1.5 .- OBJETIVOS

a) Demostrar que el proceso de asignación óptimo de la planta docente a los grupos/materia de las licenciaturas, idiomas y posgrado que se imparten en este campus universitario, es el desarrollo de un sistema computacional de un modelo matemático que contemple las variables que se presentan en el proceso junto con las restricciones de esta asignación.

b) Demostrar que el modelo matemático apropiado para la optimización del proceso mencionado, es el modelo del problema de asignación de programación lineal, considerando las disponibilidades de horarios, tanto de grupos/materia y de profesores como restricciones de las variables del proceso.

1.6 .- ARGUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

IMPORTANCIA

Se puede considerar de importancia para el mejor funcionamiento y desarrollo de la universidad llevar a cabo la presente investigación con la aplicación de las herramientas matemáticas en la toma de decisiones. Aunado a que no existen investigaciones similares registradas en el Acervo de Recursos de Instituciones de Educación Superior (ARIES) de REDUNAM/ INTERNET.

Será de utilidad conocer el resultado de esta aplicación, ya que se puede demostrar que, con una adecuada modelación de problemas de decisión grandes, se pueden resolver de una manera más eficiente que los actuales procesos de decisión y que son redituables en tiempo y costo.

JUSTIFICACIÓN

Se tiene un proceso complejo de decisión, por el gran número de variables y restricciones que se deben de considerar en el modelo, además de la complejidad de interrelaciones que se da con las diferentes condiciones de los profesores candidatos. Con el desarrollo de este proyecto se puede demostrar que es posible construir un modelo manipulable para la optimización del proceso de asignación de la planta docente.

El proceso actual de asignación de la planta docente lleva a los miembros de las jefaturas de las carreras a involucrarse en largas sesiones de trabajo donde se manipulan los horarios de grupos para realizar los ajustes necesarios en la asignación de los profesores a los grupos/materias.

El desarrollo de modelos matemáticos y la sistematización en la optimización de éstos, mostraría que aún con la dificultad en tiempo y costo que esto representa, es redituable, debido a los beneficios que traería a partir del momento de la puesta en marcha del nuevo procedimiento.

Se obtiene una gran cantidad de ventajas al optimizar el proceso de asignación de profesores mediante una sistematización computarizada del modelo matemático construido. Del conjunto de ventajas se presentan las siguientes:

- Se elimina el desplazamiento de profesores por un mecanismo 100 % subjetivo. (Lo que provoca inconformidades entre la planta académica)
- El sistema proporcionaría la asignación de los mejores profesores en cada materia respetando sus disponibilidades de horario; utilizando la computadora como herramienta, con ello, se evitaría la asignación manual y subjetiva que provoca largas sesiones de trabajo y posibles equivocaciones.
- Una de las consecuencias de una asignación de materias maximizando los beneficios de disponibilidad de horario, categoría y nivel del profesor, sería tener un procedimiento de asignación de profesores donde se considere todo el horario de trabajo de los profesores de carrera, y con ello una posible disminución en la cantidad de profesores interinos, lo que provocaría una reducción en el gasto de recursos del banco de horas de la dependencia.
- Al tener asignados a los mejores profesores en los grupos/materia de la dependencia traería como consecuencia un aumento en el nivel académico de los estudiantes del campus universitario.

LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las principales limitaciones que enfrenta la presente investigación es la de utilizar lenguajes de programación adecuados al equipo que existe en las Divisiones Académicas y las Jefaturas de Programa de las licenciaturas.

Otra de las limitaciones que se observan en este trabajo es el desarrollo del sistema para la implantación del modelo y sistema, únicamente a la asignación de la planta docente de las carreras Actuaría y Matemáticas Aplicadas y Computación. Lo anterior debido a que se comprobará y analizarán los resultados obtenidos para estas dos carreras para que posteriormente se implemente en el resto de las carreras, Idiomas y posgrado que se imparten en la ENEP.

1.7 .- INSTITUCIONES

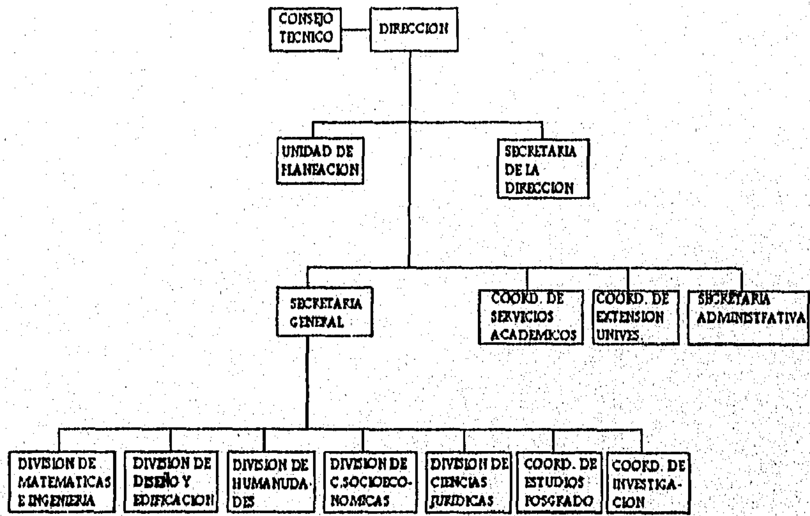
La Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Acatlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, lleva a cabo diferentes programas como son: Estudios Profesionales, Estudios de Posgrado, Investigación y Extensión Universitaria. Dentro del ámbito de los Estudios Profesionales se imparten 16 carreras a aproximadamente 16,000 estudiantes , con el apoyo de una población cercana a los 1500 profesores y se imparten en cada semestre un promedio de 2500 grupos/materia.

La ENEP esta dividida en cinco Divisiones Académicas que incluyen a todas las carreras que se imparten. El proceso de asignación es realizado por miembros de las Jefaturas de Programas de las diferentes carreras que se imparten.

Antes del inicio de cada semestre, en la escuela se lleva a cabo el proceso de asignación de los profesores candidatos a impartir los grupos/materias que se contemplen. En la actualidad el proceso se lleva a cabo manualmente, verificando cada una de las disponibilidades de horario de los profesores que se contemplan para impartir las materias en cuestión, y que correspondan a los horarios de los grupos.

Para mostrar los fundamentos teóricos, el funcionamiento de las herramientas matemáticas que utiliza el trabajo y, para ubicarlas dentro del marco científico al que pertenecen en la investigación de operaciones, se presenta en el siguiente capítulo el modelo utilizado, su teoría y el contexto al que pertenece.

Organigrama de la ENEP Acatlán UNAM.



CAPITULO 2.

CONCEPTOS PRELIMINARES

Perseverancia

"La diferencia entre una persona triunfadora a una persona común y corriente es la falta de deseo"

2.1 .- NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Para ubicar los fundamentos teóricos de las herramientas matemáticas que utiliza la investigación dentro del marco científico al que pertenecen en la investigación de operaciones, se presenta a continuación el desarrollo que tuvo la investigación de operaciones, la metodología que se aplica así como los problemas prototipo que resuelve.

Desarrollo de la Investigación de Operaciones (I O)

A pesar de que el origen de la I O puede considerarse anterior a la Primera Revolución Industrial, fue precisamente durante este movimiento cuando empezaron a desarrollarse los problemas que iba a resolver la I O.

Con el advenimiento del impulso a la industria, dio como consecuencia la división de trabajo en varias funciones. De esta manera, la segmentación funcional y geográfica de la administración tal como se conoce en la actualidad, fue consecuencia natural del crecimiento industrial originado por la Primera Revolución Industrial. A medida que surgían diferentes formas de administración, tuvieron que desarrollarse nuevas ramas de las ciencias aplicadas para proporcionarles servicios.

Un aspecto importante de este desarrollo estriba en algo que nunca sucedió: la ciencia no se aplicó a la incipiente función ejecutiva de la administración. Cada vez que una función administrativa se divida en un conjunto de subfunciones diferentes, se crea una nueva tarea que es la de integrarlas de tal manera que sirvan eficientemente a los interases de un todo. La tarea de integración es la función ejecutiva de la administración.

En principio, es difícil estar en desacuerdo con algunos objetivos de varios órganos de un todo, pero, debido a que son inconsistentes, es aún más difícil de perseguirlos en la practica. Por lo tanto, perseguir los mismos causa conflictos entre las unidades que dependen del ejecutivo.

Ahora bien, es responsabilidad del ejecutivo determinar una política que en una u otra forma, sea la que mejor convenga a los intereses de toda la compañía y no a los de una de las funciones subordinadas. La tarea de integración requiere que se considere todo el sistema en conjunto y esta es la esencia del trabajo del ejecutivo.

La función del ejecutivo, en la industria, se desarrolló gradualmente conforme lo hicieron las organizaciones. El ejecutivo no estuvo sujeto a los fuertes estímulos de la nueva tecnología. El ejecutivo se arraigó con sus problemas y la solución de éstos aparentemente no requería otra cosa que un buen criterio con base a la experiencia correspondiente. Debido a ello, el ejecutivo no sintió la necesidad de examinar sus problemas de una manera más estrictamente científica. Sin embargo, su tarea requería cada vez más tiempo y así fue como buscó la ayuda de quienes estaban más desocupados y tenían experiencia en los problemas que se presentaban. Esta necesidad fue la que hizo surgir a los asesores en administración, aunque, al principio, su actividad no se basaba en el uso de la ciencia o de la investigación científica. Debido a que lo llamamos I O es, de hecho, el uso de la investigación científica para ayudar al ejecutivo. La falta de crecimiento de la I O pudo haber continuado indefinidamente, de no haber sido por los progresos logrados en las organizaciones militares al principio de la Segunda Guerra Mundial.

Después de una década de desarrollo vigoroso en las organizaciones militares, la I O continuó creciendo en ellas y se extendió con mucha rapidez en organizaciones industriales, académicas y gubernamentales.

Significado y origen de la I O

La I O se puede considerar como:

1) La aplicación del método científico

2) por equipos interdisciplinarios

3) a problemas que comprenden el control de sistemas organizados hombre-máquina, para dar soluciones que sirvan mejor a los propósitos de la organización como un todo.

Las características esenciales de la I O son su orientación de sistemas, el uso de equipos interdisciplinarios y la aplicación del método científico a problemas de control.

Método de la I O

En la mayoría de los casos debe usarse un método de investigación que no implique experimentación sobre el sistema total (en el sentido estricto, que ocasione manejo físico del asunto que se estudia).

Un investigador de operaciones construye representaciones del sistema y su operación (modelos) y sobre ellas realiza su investigación. El analista de I O generalmente debe hacer lo mismo.

Los modelos en la I O se representan con ecuaciones, que aunque pueden resultar complicados desde el punto de vista matemático, tienen una estructura fundamental muy sencilla:

$$U = f(x_i, y_j)$$

donde U es la utilidad o valor de la ejecución del sistema.

x_i son las variables (o constantes) no controlables, pero que afectan a U.

f es la relación entre U y x_i y y_j.

y_j son las variables controlables.

Además, frecuentemente se requieren una o más ecuaciones o "inecuaciones" o desigualdades, para expresar el hecho de que algunas de las variables controlables o todas, solamente pueden manejarse dentro de ciertos límites.

En un proyecto de I O se tienen cinco etapas

1. Planteamiento del problema
2. Construcción del modelo
3. Deducción de una solución
4. Prueba del modelo y evaluación de la solución
5. Ejecución y control de la solución

Aunque dichas etapas de un proyecto de I O usualmente se inician en el orden enumerado, por lo general no terminan en ese mismo orden. De hecho, cada fase procede normalmente hasta que se termina el proyecto e interacciona en forma continua con las otras.

Problemas Prototipo

Desde sus comienzos, la I O se ha aplicado a gran variedad de problemas. Sin embargo la mayoría de éstos, han sido de naturaleza táctica mas que estratégica. La diferencia entre problemas tácticos y estratégicos no es sencilla, pero se diferencian principalmente en las magnitudes de las siguientes características: rango, alcance y su orientación a fines.

En cierto sentido no existen dos problemas tácticos exactamente iguales. En otro, los problemas tácticos tienden a agruparse en unos cuantos tipos bien definidos. El sentido en el cual no son exactamente iguales es el que se refiere a su contenido. Aquel en el que tienden a agruparse es el relativo a su forma. Cualquier problema tiene forma y contenido. Son como las dos caras de una moneda; podemos verlas y discutirlas por separado, pero no separarlas. La forma se refiere al modo en que se relacionan entre sí las propiedades de un problema (variables y constantes). El contenido se refiere a la naturaleza (significado) de esas propiedades.

Mediante el proceso de abstracción separamos la forma y el contenido de un problema. El lenguaje en el que expresamos la forma desligada de su contenido es el de las matemáticas. Por esta razón un modelo matemático de decisión es una representación de un problema.

La abstracción de la forma de un problema, a partir de su contenido, requiere el conocimiento de dicho contenido. Los directores de las operaciones y las personas relacionadas con ellas, tienden a conocer mejor su contenido que los investigadores. En general los investigadores no pueden aportar el tiempo ni el esfuerzo que se requieren para familiarizarse con el contenido de un problema como lo están aquéllos que trabajan en él. Por lo tanto, los analistas en I O deben aprovechar el conocimiento implícito que tienen de los problemas los administradores y otras personas. Por esta razón, la I O tiene mejores logros cuando existe una asociación y la colaboración activa por parte de los administradores y el personal de operación.

Una importante consecuencia de la aplicación de la I O a una amplia variedad de problemas tácticos, es que un pequeño grupo de tipos de problemas se ha identificado con los cálculos necesarios para la mayoría de ellos. Debido a le frecuente recurrencia de esos problemas, se han desarrollado técnicas para modelarlos y obtener soluciones de los mismos. Estos problemas prototipo son los siguientes:

1. Asignación
2. Inventario
3. Reemplazo

4. Líneas de espera
5. Secuenciación y coordinación
6. Trayectorias
7. Competencia
8. Búsqueda.

Cuanto mas amplio sea el alcance de los problemas que aborde la I O y el rango de soluciones que se implanten, mayor será la necesidad de generar, recopilar y tratar la información requerida para poner en ejecución y mantener este esfuerzo.

La mayoría de los problemas de tipo ejecutivo no se pueden abarcar efectivamente en un modelo de cualquier clase. Aunque se pueden construir modelos que incorporen a algunos de ellos, y en general no se puede derivar soluciones de los mismos. Los modelos prototipo son los más grandes que por lo regular pueden resolverse como unidad. Pero ya que los problemas reales incluyen a varios prototipos, con frecuencia se tiene que descomponer el problema en partes solubles y usar los resultados obtenidos de una parte como entrada para la segunda y así sucesivamente. Por tanto, se tiene que usar los resultados de la última parte para evaluar a una o todas las soluciones parciales previamente obtenidas. En efecto, al tratar con modelos múltiples, a veces se busca una solución procediendo secuencialmente de uno a otro modelo y repitiendo el ciclo hasta que se obtiene una solución satisfactoria al problema real.

Normalmente los modelos prototipos no se ajustan a los problemas reales y por tanto, tienen que hacerse a la medida. Pero si la exposición de estas teorías se considera como un ejercicio en la construcción de modelos y deducción de soluciones, proporcionará una base para construir modelos adecuados para problemas particulares[9] .

---

[9] Hillier - Liberman, Introducción A La Investigación De Operaciones, Editorial Mc-Graw Hill México

2.2 .- MÉTODO HÚNGARO PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE SELECCIÓN

El método húngaro fue expuesto por primera vez por el matemático húngaro Egervar en 1931. Este método se mantuvo poco conocido hasta que en 1953 el matemático norteamericano Kuhn lo tradujo al idioma ingles.

Kuhn transformó la idea de Egervar y presentó el método bajo el nombre de método húngaro para resolver el problema de selección como un caso particular del problema de transporte. Más tarde este método fue perfeccionado para aplicarlo a los problemas de transporte.

El método húngaro es particularmente efectivo para resolver el problema de selección, ya que es aplicable a problemas típicos de transporte donde la degeneración esta presente y, además, sirve de base para los programas en computadora.

El problema de selección es un caso particular del problema de transporte y consiste en seleccionar un elemento de cada fila y cada columna de una matriz $C = \left[c_{ij}\right]_{m,n}$ de manera que la sume total sea máxima.

El planteamiento matemático en términos de la programación lineal es el siguiente:

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

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; i \in 1,\ldots,m$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1; j \in 1,\ldots,n$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i,j$$

Por lo general muchos problemas de asignación se pueden llevar a la forma anterior y resolverlos utilizando el método húngaro.

Naturalmente, la cantidad de variantes posibles para resolver el problema de selección con matrices de orden n, es igual a n!, además de las operaciones de suma y comparación. De manera 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 $C = \left[c_{ij}\right]_n$ se localiza el mayor c_{ij} que contiene por columna, es decir:

$$c'_{ij} = Max\, c_{ij}; j \in 1...n$$

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) Comenzando 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.

Análogamente 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 selección 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 separados 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

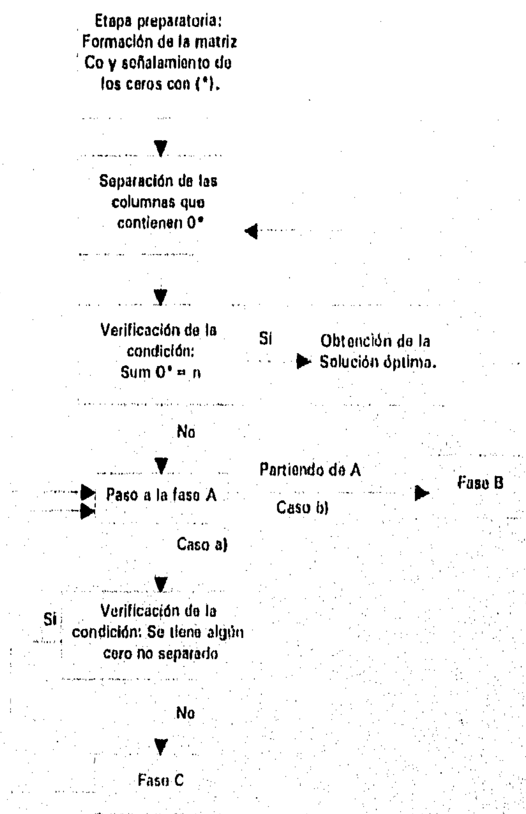
Esta fase consiste en la construcción de la cadena, la cual se realiza como sigue:
Partiendo de los ceros con signo (′) se sube por la columna hasta encontrar algún cero con el signo (*) y de ahí por fila hasta los ceros con (′). Así, la cadena se forma con el movimiento desde ceros con prima (0 ′) hacia 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.

El diagrama de bloques se presenta a continuación:



Fundamentación del algoritmo

La fundamentación matemática del algoritmo se realizará con base fundamentalmente en la programación heurística.

En la etapa preparatoria se tiene la construcción de las matrices $C_0 = \left[c_{ij}\right]_{n,n}$ a partir de C y $X_0 = \left[x_{ij}^{(0)}\right]_{n,n}$ que representa la solución inicial.

El objetivo de calcular las matrices C_0 y X_0 es tratar de hallar una primera solución por el método del mínimo de la matriz. (Obsérvese que al asignar cantidades a cada elemento cero de la matriz C_0, se trata precisamente de colocar el máximo a cada uno de los elementos donde cij es mínimo y a la vez cumplir las restricciones del problema)

La primera solución hallada puede tener dos características:

- *Posible básica.* En este caso se ha llegado al óptimo, pues cantidades xij se reparten en la matriz C_0 en aquellas celdas con el mínimo de costo.
- *No posible.* En este caso no todas las cantidades xij han podido ser asignadas y, por tanto, es necesario un procedimiento adicional que se traduce en las iteraciones del método.

Verificación del criterio de optimalidad

$\Delta_0 = 0$ indica que el plan es óptimo, ya que se ha podido cumplir les restricciones $\sum_j x_{ij} = a_i$ y $\sum_i x_{ij} = b_j$ sobre la base de una solución hallada colocando los $x_{ij}^{(0)}$ en los c_{ij} mínimos.

Si $\Delta_0)0$, no se obtiene esta situación y entonces se debe proceder a las iteraciones.

Antes de entrar en las iteraciones se da a conocer las columnas en que se cumple: $b_j - \sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{(0)} = 0.$

Esta separación con el signo + indica que en esa columna no se puede asignar ninguna cantidad x_{ij} ya que la demanda ha sido satisfecha, aunque en ella exista un cero, el cual se considera separado.

Aquí se pueden presentar dos casos:

a) Cambio de la matriz C_0.

b) Existencia de un cero no separado.

En el caso a) se pasa a la fase C y se cambia la matriz C_k por la C_{k+1}.

Se debe recordar que $h = Min\, c_{ij}^{k}$ de aquellos elementos no separados y que la matriz C_{k+1} se obtiene de la fórmula siguiente:

$$C_{k+1} = \left[c_{ij}^{k+1}\right]_{t} = \begin{cases} c_{ij}^{k} - h, si\, c_{ij}^{k} \\ c_{ij}^{k} - h, si\, c_{ij}^{k} \text{ pertenece a la intersección de filas y columnas separadas} \\ c_{ij}^{k} - h, si \end{cases}$$

De manera que todos los ceros señalados con asteriscos o primas en la matriz C_k, distribuidos en filas y columnas separadas, no se puedan encontrar en la intersección de filas o columnas separadas. Por eso, de acuerdo con la fórmula anterior, todos los ceros señalados en la matriz C_k conservan esta señalización en la matriz C_{k+1}.

Todos los elementos c_{ij}^{k+1} se conservan no negativos, por cuanto h se resta de todos los elementos c_{ij}^{k+1} no separados y h es el mínimo de ellos. Esto garantiza que al menos uno de los elementos c_{ij}^{k+1} no separados se convierta en cero aumentando así el número de ceros no separados, hasta que tenga lugar la fase B.

El hecho de que se aumente en h los elementos c_{ij}^{k} que corresponden a la intersección de filas y columnas separadas, indica que la posibilidad de que algún $x_{ij}^{(0)}$ se asigne a esta celda debe disminuir en la misma posibilidad en que se obtiene un cero no separado.

En el caso b) se marca el cero con una prima y se verifica si $\varepsilon_i = 0$ o $\varepsilon_i \rangle 0$.

Si $\varepsilon_i = 0$ se separa la fila con una cruz, lo cual indica que no se puede asignar ninguna cantidad x_{ij} a menos que se realicen las compensaciones convenientes por filas y columnas con $x_{ij}^{(0)} \rangle 0$. Por tanto, si en la fila existe algún $x_{ij}^{(0)} \rangle 0$, entonces se elimina la separación de la columna y se coloca en el cero un asterisco, lo cual indica que en el cero con prima se debe sumar y en el cero con asterisco se debe restar.

Si $\varepsilon_i \rangle 0$, esto indica que en esta fila se pueden asignar cantidades x_{ij}, pues no ha sido satisfecha esta ecuación de ofertas. De inmediato tiene lugar la fase B.

La construcción de la cadena tiene como objetivo acercar el plan al óptimo mediante la reducción de ceros independientes en la matriz C_k. Se demostrará que la cadena no puede mantener ciclos y, por consiguiente, el proceso de construcción tiene su final.

Se recuerda que la cadena se construye a partir de los ceros con prima, los cuales ocupan lugares impares; después se sigue por columna hacia los ceros con asterisco, que ocupan lugares pares, y por fila, hacia los ceros con prima, etc. Se denotarán los elementos de la cadena por

$$Z_{i_1 j_1}, Z_{i_2 j_1}, \ldots, Z_{i_s j_{s-1}}, Z_{i_s j_s},$$

y dos ceros colindantes con prima por

$$Z_{i_t j_t} \text{ y } Z_{i_{t+1} j_{t+1}}.$$

Está claro que cuando $Z_{i_t j_t}$ se señaló con prima, la j-ésima columna de la matriz C_k no fue separada. Pero como esta columna contiene el 0*($Z_{i_{t+1} j_t}$), esto indica que la marca + sobre la columna fue eliminada.

Por otra parte, en la fila donde se encuentra el cero con asterisco tiene que existir un cero con prima, pues esta fila fue separada dando lugar precisamente al cero con asterisco y a la eliminación del signo de separación de la columna correspondiente.

Así, sucesivamente, el proceso debe terminar en un cero con prima por fila, pues es evidente que la cadena no puede terminar en un cero con asterisco porque de inmediato deberá encontrarse un cero con prima[10] .

2.3 .- DEFINICIONES OPERACIONALES

ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR. Es un esquema de organización de computadoras enlazadas en red en el que una de ellas actúa como servidor de archivos, bases de datos y software, y las restantes como clientes en las que se pueden utilizar archivos, bases de datos y software del servidor en forma compartida con las restantes.

---

[10] Rodríguez Betancourt Ramón, Métodos económico-matemáticos aplicados al transporte, Editorial Pueblo y Educación, Cuba 1984, pp 24-40

APD. Sistema de automatizado de asignación de la planta docente a los grupos-materia de un periodo determinado. Es el sistema que se desarrolló para cubrir el objetivo del presente trabajo.

GRUPO-MATERIA. Es el concepto de la impartición de una asignatura en un grupo determinado. Entiéndase como dos grupos-materia a los siguientes: Grupo 1101, Materia 1100 y Grupo 1101 Materia 1101.

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES. Es la aplicación de la metodología científica a través de modelos, primero para representar en un sistema, el problema real que se pretende resolver y segundo los mecanismos para resolverlo. Los modelos que utiliza la Investigación de Operaciones son matemáticos y se deben plantear en forma de ecuaciones.

Se puede definir también como la aplicación por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización.

MODELO DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL. Caso especial del modelo del problema de transporte de programación lineal, donde se tienen ciertas condiciones teóricas para encontrar soluciones con una convergencia mayor.

MODELO MATEMÁTICO. Es la representación mediante ecuaciones de algún fenómeno ya sea físico o social.

MODELO MATEMÁTICO DE DECISIÓN. Modelo matemático que permite calcular los valores exactos o aproximados de las componentes controlables del sistema en los que éste se comporta mejor, de acuerdo con ciertos criterios establecidos

PROGRAMACIÓN LINEAL. Rama de la Investigación de Operaciones que soluciona los problemas mediante funciones lineales de las incógnitas; la función objetivo es lineal en las incógnitas y las restricciones son igualdades o desigualdades lineales en las mismas.

PROGRAMACIÓN DINÁMICA. Técnica matemática principalmente para mejorar la eficiencia de cómputo en ciertos problemas de optimización. La idea básica de la técnica es descomponer el problema en subproblemas (más pequeños) los cuales son computacionalmente más manejables.

PROCESO DE ASIGNACIÓN DE LA PLANTA DOCENTE DE LA ENEP ACATLÁN. Proceso mediante el cual se realiza la selección de los profesores y el acomodo de éstos en los horarios de los grupo/materias que se imparten en la escuela.

OPTIMIZACIÓN. Análisis que se enfoca a problemas complejos de decisión, que incluye la selección de valores para cierto número de variables interrelacionadas, centrando la atención en un solo objetivo diseñado para cuantificar el rendimiento y medir la calidad de la decisión. Este único objetivo se maximiza (o minimiza, dependiendo de la formulación) según las restricciones que pueden limitar la selección de los valores de las variables de decisión.

RESTRICCIONES. Conjunto de limitaciones en los valores de las variables controlables de un modelo matemático.

SISPA. Sistema automatizado de control de información sobre personal académico, grupos-materia que imparte, manejo de currícula y generación de propuestas de contratación.

SISTEMA. Conjunto interrelacionado de componentes con un fin determinado.

SISTEMA COMPUTACIONAL. Programa de computadora que tiene un fin determinado.

VARIABLES. Concepto que puede tomar diferentes valores cuantitativos.

Después de presentar las herramientas teóricas del modelo utilizado en este proyecto, a continuación se tratará la forma en el que se diseñó, formuló y desarrolló el sistema computarizado del modelo matemático para el problema planteado.

CAPITULO 3.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL MODELO

Esfuerzo
"Unos sueñan con valiosos logros mientras
otros se mantienen despiertos y lo hacen"

3.1 .- INTERPRETACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN COMO UN SISTEMA

El proceso de asignación de la planta docente se puede considerar como un problema de decisión debido a que se tienen varias alternativas de solución, teniendo como variables controlables a los diferentes profesores candidatos y horarios a asignar en cada grupo/materia. La selección de alguna de las alternativas que se tienen, repercute de manera diferente en los objetivos de la institución debido a los diferentes niveles académicos, categorías, antigüedades y definitividades de los profesores.

Tomando al proceso de asignación de la planta docente como un sistema, se puede decir que es el conjunto de elementos interrelacionados entre si que tienen un fin común determinado, el de formar profesionistas que destaquen por su preparación académica. Teniendo como elementos a los profesores candidatos, las disponibilidades de éstos, sus categorías, las materias que pueden impartir, los grupos/materias que se impartirán en el semestre, los diferentes horarios para los anteriores, las disposiciones del Estatuto del Personal Académico (EPA), etc. Con el objetivo o fin de impartir los diferentes grupos/materias en las licenciaturas de la ENEP Acatlán con el mejor nivel académico posible respaldado por los concursos de oposición presentados por los profesores, respetando las disponibilidades y preferencias de horario y evitando traslapes en horarios de clase.

3.2 .- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Objetivo.

El problema tiene como objetivo lograr una asignación a los grupos/materia de los mejores profesores candidatos, considerando sus categorías, niveles académicos, antigüedades, las disposiciones del EPA y disponibilidades de horario. Por lo que se desea determinar qué profesores y en qué horarios serán asignados para impartir las clases del periodo respectivo.

Valores Conocidos.

Se tienen como valores conocidos los siguientes: los grupos/materia que se impartirán, los profesores candidatos para cada materia, sus disponibilidades de horario, sus niveles académicos, sus diferentes categorías, antigüedades, el mínimo y máximo número de horas teóricas por impartir de cada categoría, etc.

Valores que dan origen al término independiente del problema.

Del conjunto de profesores candidatos a ser asignados se elige uno, y de los posibles horarios para impartir se selecciona alguno, esto para cada grupo/materia. El anterior proceso se puede representar mediante una variable que indique si es asignado el profesor en algún grupo/materia en cierto horario. Esta variable tendrá asociado un determinado costo/beneficio que tendrá implicación en la función objetivo, la cual se buscará maximizar o minimizar, según sea el caso.

Valores que dan lugar a los coeficientes de la función objetivo.

El valor del costo/beneficio asociado a cada variable independiente dentro de la función objetivo, estará regido por los beneficios que tendrá la institución al asignar a un profesor en determinado grupo/materia y horario. Este valor estará dado por la categoría del profesor, su definitividad, su nivel académico, su antigüedad y su disponibilidad de horario.

Coeficientes por determinar y las limitaciones.

Los coeficientes por determinar son los valores de costo/beneficio que se tendrán al asignar a cada profesor candidato según su categoría, grado académico, antigüedad y disponibilidad de horario en algún grupo/materia.

En el problema de asignación de la planta docente, debido a la gran cantidad de interrelaciones que se generan, al tener aproximadamente 2500 grupos/materias, más de 1500 profesores candidatos junto con sus diferentes horarios, provocan una gran cantidad de variables y restricciones. Con estas condiciones se podrían construir modelos poco manejables, por lo que es recomendable, utilizar métodos y técnicas matemáticas que generen un modelo manipulable y que dé la rapidez en la convergencia hacia la solución. Entre estos métodos y técnicas utilizadas en el presente trabajo, se puede citar la programación dinámica, en cuestión de simplificar el problema dividiéndolo en etapas y ajustando a cada etapa en un problema clásico de asignación, para así poder utilizar el método húngaro en su solución. Lo anterior debido a su sencillez y eficiencia en tiempo de convergencia, considerando que se trata de un problema de programación lineal entera, y que los algoritmos para la solución de problemas de programación entera tienen la desventaja de ser lentos en el tiempo-máquina de convergencia a la solución[11] . Además de que es recomendable, en la modelación matemática, aplicar el principio de la parsimonia, que es el que sugiere buscar la modelación más sencilla sin perder los elementos esenciales o factores determinantes del funcionamiento del sistema.

3.3 .- CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

CONSIDERACIONES EN LA REALIZACIÓN DEL MODELO

En la búsqueda del modelo para la asignación óptima de la planta docente de la ENEP Acatlán se tuvo la construcción de modelos clásicos de programación lineal entera la cual resultaba, dadas las cantidades de consideraciones en disponibilidad de horario y el número de profesores, en un modelo muy grande, poco manejable, con miles de variables y restricciones en el problema. Esto aunado a que los algoritmos para la solución de problemas de programación entera tienen una convergencia muy lenta en tiempo-máquina se llegó a la conclusión de buscar modelos alternativos que redituaran en tiempo de solución y simplicidad del modelo para la solución del problema.

Para dar una idea más completa de los intentos para el modelaje de este problema se presentará a continuación uno de los modelos que se realizaron para la solución del problema planteado junto con las conclusionas que arrojó este modelo.

Modelo para el proyecto de sistematización de la asignación de materias a profesores.
Elementos del problema real:
- Grupos-Materias por ser asignados. Lista de los grupos-materias que se asignarán en el periodo correspondiente.
- Profesores candidatos. Todos los profesores candidatos a ser asignados junto con su disponibilidad de horario, nivel de estudios, categorías y las materias que desee impartir, así como las disposiciones del EPA según su categoría.

Conversión de los elementos del problema a elementos del modelo matemático.

[11] Daellenbach Hengs G, George John A., Mcnickle Donald C. Introducción a Técnicas de Investigación de Operaciones, Editorial CECSA

El problema se puede considerar como un problema de transporte de programación lineal, con semejanzas al problema de asignación, con las siguientes consideraciones:

- Los orígenes serán los profesores y los destinos cada uno de los grupos-materias por ser asignadas.
- El flujo de cada transporte tomará únicamente los valores de cero o de uno que, significará que el grupo-materia respectivo al destino es o no asignada al profesor correspondiente al origen.
- La oferta se considerará como el número de horas que deba cubrir cada profesor.
- La demanda será el número de horas que se debe impartir de cierta materia.
- El costo de cada flujo se calculará a partir de la disponibilidad de horario, del nivel de estudios y de la categoría respectiva a cada profesor candidato.

Lo que resulta la siguiente lista de variables a considerar en el modelo matemático con su respectivo significado.

Materia	j	$j \in 1,\ldots,n$
Profesor	i	$i \in 1,\ldots,m$
Oferta	a_i	Lo que puede ser asignado al profesor i.
Demanda	b_j	Número de horas que se impartirán de la materia j.
Flujo	x_{ijkl}	Valor que determina si es asignado o no la materia j al profesor i el día k a la hora l.
Costo	c_{ijkl}	Valor del costo-beneficio que se tendrá al asignar el profesor i la materia j el día k a la hora l. Esto se establecerá de acuerdo con su categoría, nivel de estudios, antigüedad y disponibilidad de horario.

Así el costo-beneficio de la asignación de los profesores a las materias correspondientes al periodo activo pueda ser representado de la siguiente manera:

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ijkl} x_{ijkl}$$

donde p = Número de días disponibles

q = Número de horas disponibles en un día

Con las siguientes restricciones:

1.- La correspondiente a que el número de horas asignadas de una materia sea igual al número de horas que sean requeridas.

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} = b_j \qquad j = 1,\ldots,n$$

2.- La que permite que el número de horas asignadas a un profesor no debe ser mayor a un máximo al respecto.

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \sum_{j=1}^{n} x_{ijkl} \leq a_i \qquad i = 1,\ldots,m$$

3.- Para que la asignación de un profesor j en una hora k, de un día l sea únicamente uno. Esto es para evitar el traslape de horas de clase de los profesores.

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} \leq 1 \qquad j = 1,\ldots,n; k = 1,\ldots,q; l = 1,\ldots,p$$

4.- Para que el número de horas asignadas de todos los profesores, de las materias de la x a la y correspondiente a un tipo de grupo no sea mayor a uno. Esto es para evitar el traslape de los horarios de las materias en un grupo

$$\sum_{j=x}^{y} x_{ijkl} \leq 1 \qquad i = 1,\ldots,m; k = 1,\ldots,q; l = 1,\ldots,p$$

5.- Para que el número de horas asignadas de la materia j en un día determinado sea menor a un máximo de horas por día de la materias. Esto para que el modelo no asigne más de un determinado número de horas en un día por materia, debido a que sería antipedagógico asignar un número muy grande de horas de una materia en un día, tómese por ejemplo 5 horas al día en una materia.

$$\sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} \leq r_l \qquad l=1,\ldots,p; j=1,\ldots,n$$

Por lo que el modelo matemático para la asignación de los mejores profesores respetando su disponibilidad de horario quedaría como sigue:

Función Objetivo:

$$MinZ = \sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ijkl}x_{ijkl}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} = b_j \qquad j=1,\ldots,n$$

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{k=1}^{q}\sum_{j=1}^{n} x_{ijkl} \leq a_i \qquad i=1,\ldots,m$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} \leq 1 \qquad j=1,\ldots,n; k=1,\ldots,q; l=1,\ldots,p$$

$$\sum_{j=x}^{y} x_{ijkl} \leq 1 \qquad i=1,\ldots,m; k=1,\ldots,q; l=1,\ldots,p$$

$$\sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{m} x_{ijkl} \leq r_l \qquad l=1,\ldots,p; j=1,\ldots,n$$

$$x_{ijkl} \geq 0 \qquad i = 1,\ldots,m; j = 1,\ldots,n; k = 1,\ldots,q; l = 1,\ldots,p$$

Con el fin de dar la visión de la problemática generada con la aplicación del modelo anterior, se da un ejemplo de la aplicación de este modelo en la solución del problema.

Sea el problema de asignar 10 materias/grupo a 6 profesores con las siguientes consideraciones:

Sean los siguientes grupos/materia por ser asignados:

Materia	Grupo	Horas/Semanales
Int. MAC	1101	4
Int. MAC	1102	4
Teoría de Sistemas	1101	4
Teoría de Sistemas	1102	4
Computación Básica	1101	4
Computación Básica	1102	4
Estructuras Algebraicas	1101	5
Estructuras Algebraicas	1102	5
Cálculo I	1101	5
Cálculo I	1102	5

Y sean las siguientes disponibilidades de horario y de materias

Profesor	L	M	W	J	V	Materias
1	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	I. MAC
2	7-9		7-9		7-9	Teoría de Sistemas
3	7-11		7-11			Computación Básica
4	9-15	9-15	9-15	9-15		E.Algebráicas y Calculo I
5	9-13	9-13	9-13	9-13		E.Algebráicas y Calculo I
6	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	Calculo I y Computación Básica

Aplicando el modelo nos queda :

Función Objetivo:

$$MinZ = \sum_{l=1}^{6} \sum_{k=1}^{8}\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{5} c_{ijkl}x_{ijkl}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{l=1}^{6} \sum_{k=1}^{8}\sum_{i=1}^{6} x_{ijkl} = b_j \qquad j = 1,\ldots,5$$

$$\sum_{l=1}^{6} \sum_{k=1}^{8}\sum_{j=1}^{5} x_{ijkl} \leq a_i \qquad i = 1,\ldots,6$$

$$\sum_{i=1}^{5} x_{ijkl} \leq 1 \qquad j = 1,\ldots,6; k = 1,\ldots,8; l = 1,\ldots,6$$

$$\sum_{j=1}^{5} x_{ijkl} \leq 1 \qquad i = 1,\ldots,5; k = 1,\ldots,8; l = 1,\ldots,6$$

$$\sum_{k=1}^{8}\sum_{i=1}^{6} x_{ijkl} \leq 2 \qquad l = 1,\ldots,6; j = 1,\ldots,5$$

$$x_{ijkl} \geq 0 \qquad i = 1,\ldots,6; j = 1,\ldots,5; k = 1,\ldots,8; l = 1,\ldots,6$$

Lo que nos resulta, un modelo con 1440 variables y 2009 restricciones en un problema de asignación muy pequeño, de 6 profesores a 10 grupos/materia en 6 días de 8 horas disponibles.

Pensando en que el modelo debe asignar las horas de unos 2500 grupos/materia con una planta docente de 1500 profesores el número de variables y restricciones crecería exponencialmente hacia un tamaño del modelo no manipulable.

Problemas identificados con la aplicación del anterior modelo:

- Es un problema de programación entera, debido a que las variables de decisión únicamente toma los valores de 0 ó 1, si es o no asignado el profesor j a la materia k el día l. Esto implica una serie de inconvenientes que se tienen con este tipo de modelos, como lo es, que los algoritmos de estos problemas tienen una convergencia lenta hacia la solución óptima.
- La gran cantidad de variables como de restricciones que se manejan, hacen al modelo poco manejable, debido a la gran cantidad de recursos que son necesarios para su solución, como lo son grandes capacidades de memoria en los equipos de cómputo, rapidez en las operaciones de punto flotante, etc. Aquí se puede citar que una versión moderna del dicho más famoso de Confucio, y que representa la idea que se debe tener al utilizar investigación de operaciones en la solución de problemas, podría ser: "Una buena teoría vale más que mil ejecuciones de la computadora". No hay duda de que una teoría sencilla proporciona ideas de gran valor, además de la estimación deseada[12].

La teoría de la investigación de operaciones y la diversidad de herramientas matemáticas hicieron posible la reducción del modelo matemático para la solución de este problema. Primero utilizando el principio de la programación dinámica, que es la de resolver los problemas utilizando las relaciones de recurrencia, dividiendo el problema original en varias etapas, para que en cada una de ellas se encuentre el óptimo, y utilizando la información del óptimo anterior para encontrar el óptimo correspondiente para las etapas subsecuentes[13]; posteriormente, ajustando el problema de cada etapa a uno de asignación clásico de programación lineal para aprovechar las ventajas que da y finalmente simplificando algunas restricciones con ciertas consideraciones de patrones de horario.

Los modelos alternativos viables hicieron de este problema ajustarse a uno con ciertas características para una solución eficiente y rápida, dadas las múltiples consideraciones en horario, categorías y alternativas de solución, tomando en cuenta las similitudes o patrones que se pudieran formular y la generación de múltiples pequeños problemas de asignación. Esto es, se dividió el problema en etapas donde existe uno de asignación y se consideraron los patrones de horario existentes para la utilización del modelo de asignación clásico y el método

[12] Leunberger David E. Programación Lineal y no Lineal, , Editorial Addison-Wesley Iberoamericana México 1989

[13] Moskowitz Herbert, Wright Gordon P. Investigación de Operaciones, Editorial Prentice Hall México 1991

húngaro en su solución para obtener la rapidez y eficacia en la optimización del proceso de asignación de la planta docente en la ENEP Acatlán.

Se realizó la investigación del proceso manual para el conocimiento de las políticas de preferencia y la forma de solucionar el problema. Al respecto se tomó en cuenta esta información para la propuesta de costos/beneficios de asignaciones en los diversos patrones de horarios de las diversas categorías de profesores que existan con el fin de que ningún profesor de una categoría rebase en costo al que tenga una categoría mayor, así como el que no tenga una definitividad al que la tenga, además de que se considere su antigüedad, sus estudios realizados, las observaciones que tengan registradas, ésta última no implantada en el sistema.

Así en el proceso de asignación de la planta docente de la ENEP Acatlán, se utilizará la programación dinámica como herramienta para descomponer el problema en subproblemas más pequeños con el fin de tener un problema computacionalmente más manejable y cada subproblema se ajustará a un problema de asignación para que se utilice el método húngaro para su solución como sigue:

Objetivo .- El objetivo del presente modelo es el de garantizar la mejor impartición de clases con la asignación de los profesores que tengan los más altos niveles de estudio y categorías posibles, así como optimizar costos y beneficios en el proceso de asignación de la planta docente.

Se desea determinar qué profesores impartirán los grupos/materia de la ENEP Acatlán y en qué horarios quedarán asignados los profesores.

Elementos .- Grupos/Materia a asignar. Lista de los grupos/materia que se asignarán en el proceso.

Profesores. Lista de profesores candidatos a ser asignados en los grupos/materia anteriores.

Categorías. Lista de categorías que correspondan a los profesores candidatos.

Disponibilidades. Conjunto de disponibilidades en horarios de los profesores candidatos a los grupos/materia que se impartirán.

Costos. Lista de valores numéricos que representan los beneficios que se obtienen al asignar algún profesor de alguna categoría y con cierta preferencia en algunos horarios.

Restricciones. Disposiciones del Estatuto del Personal Académico.

- En ningún caso podrá encomendarse a un profesor enseñanza oral por más de 30 horas a la semana en el nivel de bachillerato o de 18 horas a la semana en los niveles profesional y de posgrado. En los casos anteriores, podrán autorizarse horas adicionales de enseñanza práctica efectiva frente a su grupo, sin que la suma total exceda de 40 horas semanales. Cuando se trate exclusivamente de enseñanza práctica el máximo será también de 40 horas a la semana.
- El personal académico de carrera, de medio tiempo y de tiempo completo tiene la obligación de desempeñar labores docentes y de investigación, según la distribución de tiempo que haga el consejo técnico correspondiente, conforme a los siguientes límites para impartir clases o desarrollar labores de tutoría.
- A nivel profesional y de posgrado:

1. Los investigadores, un mínimo de tres horas o las que correspondan a una asignatura y un máximo de seis horas semanales, o bien las que se asignen a labores de tutoría.
2. Los profesores titulares un mínimo de seis horas o las que correspondan a dos asignaturas y un máximo de doce horas pro semana, y las que se asignen a labores de tutoría.
3. Los profesores asociados un mínimo de nueve horas o las que correspondan a tres asignaturas y un máximo de diez y ocho horas semanales, y las que se asignen a labores de tutoría[14] .

MODELO MATEMÁTICO

El problema de asignación de la planta docente consiste en encontrar qué profesores y en qué horarios serán asignados los grupos-materia que se impartirán en la ENEP. Un método directo para resolver este problema es enlistar las diferentes combinaciones de alternativas, considerando 2500 grupos-materia, 1500 profesores candidatos y aproximadamente 100 tipos de horario diferentes, lo que nos daría una cantidad muy grande de alternativas, no manejable, de combinaciones además de que se tendría que calcular el costo beneficio para cada una de las combinaciones para así poder establecer la combinación óptima. Por lo que las dificultades de cálculo asociadas al procedimiento anterior son:

[14] Compilación de Legislación Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México 1992. pp. 184, 199.

1. Cada combinación significa una política de decisión para el problema completo, y por lo tanto, el procedimiento requiere enumerar todas las combinaciones posibles; o sea, enumerar (M1xM2x...xMn) combinaciones (siendo Mi un plan alternativo).
2. La combinación óptima puede estar disponible desde el principio en los cálculos, pero la optimalidad no puede verificarse hasta que se consideren todas las combinaciones.
3. Las combinaciones infactibles (aquéllas que infringen las restricciones) no se eliminan por adelantado.

Por lo anterior y conociendo que la programación dinámica es una técnica matemática principalmente para mejorar la eficiencia de cómputo en ciertos problemas de optimización, con la idea básica de descomponer el problema en subproblemas (más pequeños) los cuales son computacionalmente más manejables, se utilizó esta herramienta en el modelo propuesto. La programación dinámica está diseñada para evitar las dificultades anteriores de la manera siguiente:
1. El problema se descompone en subproblemas (llamados etapas) que serán cada uno de los conjuntos de grupos-materia de una misma carrera con el mismo grupo, y cada subproblema se optimizará sobre sus alternativas de manera que nunca sea necesario enumerar todas las combinaciones anticipadamente.
2. Debido a que la optimización se aplica a cada subproblema o etapa, todas las combinaciones no óptimas se descartan sistemáticamente.
3. Los subproblemas están ligados en una forma especial de manera que nunca es posible optimizar sobre combinaciones infactibles. Lo anterior debido a que se tomará el óptimo de cada etapa y se actualizará el conjunto de restricciones que se tiene en el proceso de asignación de la planta docente para cada etapa[15].

Así utilizando la filosofía de la programación dinámica del uso de funciones recurrentes para simplificar la complejidad inicial del modelo matemático del problema se tiene la siguiente descripción de los pasos realizados.

El subproblema de cada etapa se considera como uno de optimización de asignación, donde las actividades o trabajos son los diferentes patrones de horarios en las que se pueden

[15] Taha Hamdy A. Investigación de Operaciones , Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México 1981

impartir las materias, y los candidatos a realizar estas actividades son precisamente los profesores seleccionados en la etapa 2 para las materias de este grupo específico.
Debido a que un problema de asignación debe ser balanceado se crean para cada etapa el número necesario de profesores ficticios.

Las variables que se manejan en este modelo son las siguientes:

Horario	j	$j \in 1,\dots,n$
Profesor	i	$i \in 1,\dots,m$
Costo	C_{ijkl}	Valor determinado por el costo-beneficio que se tendrá al asignar el profesor i en el horario j.
Flujo	X_{ijkl}	Valor si se asigna o no el profesor i en el horario j en la materia previamente seleccionada en la etapa 2.

Entonces el modelo de cada etapa para la optimización en los costos-beneficios de la asignación de los profesores se expresa como un modelo de asignación de la siguiente manera:

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

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; i \in 1,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; i \in 1,\dots,m$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

Una vez realizada la solución del modelo matemático, verificar la factibilidad de la solución, debido a que es posible que en el óptimo de esta etapa se tengan profesores ficticios.

Con el fin de dar el panorama de la solución del problema utilizando el modelo se mencionan los pasos a seguir en el proceso de asignación de la planta docente.

1.- Captura de grupos/materia que se impartirán en el semestre correspondiente, además de la captura de las disponibilidades de horario y materias de los profesores candidatos de acuerdo a su contrato. Esta se realizará mediante el sistema de cómputo SISPA, en el cual no es necesaria realmente la captura, sino la validación, pues se restablecen los grupos impartidos en el semestre par o impar inmediato anterior.

2.- Utilizar el sistema APD, que es el que se desarrolló para solucionar el problema de la presente investigación, con el fin de realizar las asignaciones correspondiente al semestre activo. En el sistema primero se realiza la elección de los mejores profesores candidatos que cubren la demanda de los grupos/materias que se impartirán en el semestre correspondiente. De acuerdo con el criterio de selección que marca la Legislación Universitaria.

3.- División del problema global en etapas, pequeños problemas de asignación por grupo. Para cada etapa se elige a los mejores profesores disponibles para el horario disponible del grupo en cuestión, para posteriormente encontrar los horarios óptimos solucionando este problema de asignación mediante el método húngaro para el beneficio de los profesores. Esto es, de los profesores seleccionados se procederá a realizar la asignación de horarios óptimos que beneficien a los profesores mediante la solución del modelo matemático para cada etapa del problema.

4. Asignación manual que se desee realizar posteriormente. Esta se llevará a cabo cuando los responsables del proceso así lo crean pertinente y cuando el sistema no haya encontrado profesores disponibles en los horarios no ocupados por los grupos previamente asignados.

Costos

Uno de los puntos más importantes en el uso de la investigación de operaciones es tener una buena representación del problema, buscar conservar los elementos esenciales de esa realidad de manera que a través del modelo se puedan obtener consecuencias correctas de la realidad de la cual se parte. Considerando que dentro del modelo matemático del problema de asignación los costos asociados para cada profesor en cada grupo-materia son los valores que inclinan la decisión hacia un profesor sobre otro, la determinación de éstos costos son vitales en la solución final que dará el modelo sistematizado.

Por lo anterior, esta determinación de costos o valores numéricos de beneficio deberán ser asignados de manera precisa, conociendo las repercusiones de cada determinación de costos dentro del modelo de decisión. Esta determinación de los costos en la función objetivo del modelo de asignación de la planta docente debe ser consistente con las políticas de preferencia que tiene la institución, la UNAM.

Criterio de oferta dado establecido por el H. Consejo Técnico de la ENEP Acatlán para la asignación de las horas:

1. Profesores Definitivos. Tanto de carrera como de asignatura.
2. Profesores de Carrera No Definitivos.
3. Profesores de Asignatura Interinos, según su orden de antigüedad.
4. Ayudantes de profesor.

- Antes de llegar a las opciones 3 y 4 de las políticas de asignación, buscar alternativas en el resto de las Divisiones.

Basándose en las políticas de preferencia de asignación mencionadas anteriormente, se hace la siguiente propuesta de determinación de los coeficientes de costos de la función objetivo. Se hace necesario mencionar que éstos costos pueden ser modificados en cualquier momento, de acuerdo a las consideraciones que se realicen en pro de obtener mejoras en la representación de la realidad en el modelo.

I PROFESORES DEFINITIVOS

[illegible]	[illegible]
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "C"	320
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "B"	300
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "A"	280
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "C"	260
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "B"	240
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "A"	220
PROFESORES DE ASIGNATURA CATEGORÍA "B"	200
PROFESORES DE ASIGNATURA CATEGORÍA "A"	180

II PROFESORES NO DEFINITIVOS

CATEGORÍA	COSTO BENEFICIO
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "C"	160
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "B"	140
PROFESORES DE CARRERA TITULARES CATE "A"	120
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "C"	100
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "B"	80
PROFESORES DE CARRERA ASOCIADO CATE "A"	60
PROFESORES DE ASIGNATURA CATEGORÍA "B"	40
PROFESORES DE ASIGNATURA CATEGORÍA "A"	20

III AYUDANTES DE PROFESORES

CATEGORÍA	COSTO BENEFICIO
AYTE DE PROFESOR CATEGORÍA "B"	10

La repercusión de las disponibilidades de horario de acuerdo a la preferencia establecida por cada profesor en el sistema APD, es la siguiente en términos de los costos-beneficio de la función objetivo del modelo de asignación.

Preferencia establecida en Horario de APD	Repercusión en el Costo-Beneficio del Modelo
1/4 preferencia	**costo-beneficio de su categoría entre 4**
1/2 preferencia	**costo-beneficio de su categoría entre 2**
1 preferencia	**costo-beneficio de su categoría completo**

En función a los estudios y grados obtenidos por los profesores, se tiene la siguiente repercusión el los costos-beneficios.

[illegible]	[illegible]
Bachillerato	0.00
Estudiante Licenciatura	0.25
Carrera Técnica	0.50
Pasante	2.00
Profesor por Art. 36	4.00
Licenciatura	4.00
Especialidad	5.50
Maestría	7.00
Doctorado	9.00

La propuesta de los costos-beneficios que se realiza está basada en la consideración de que ningún profesor de categoría menor pueda alcanzar en costo-beneficio a alguno que tenga una categoría mayor.

El proceso buscará maximizar la suma de los costos-beneficios originados por la asignación de cada uno de los profesores candidatos asignados, por lo que tendrá preferencia por los profesores que tengan un costo-beneficio mayor.

Ejemplificando la política de preferencia de profesores en el proceso de asignación de la planta docente mediante el modelo matemático se presenta a continuación un caso practico.

Considere a un grupo-materia por ser asignado, teniendo un conjunto de profesores candidatos a impartirlo, la asignatura tiene clave 1100, y pertenece al plan de estudios de la carrera z, a continuación se presentan las tablas con toda la información del ejemplo de asignación.

GRUPO MATERIA	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	1101	1100	Z

PROFESOR	TABLA DE PROFESORES CANDIDATOS A LA ASIGNATURA 1100 DE LA CARRERA Z CATEGORÍA	COSTO-BENEFICIO
PROF1	AYTE. PROF. B	12
PROF2	ASIGNATURA A DEF.	184
PROF3	ASIGNATURA B INT.	44
PROF4	TITULAR B DEF. CARR.	307
PROF5	ASOCIADO C INT. CARR.	105.5

De este ejemplo, el sistema asignará al profesor con el costo-beneficio mayor, que en este caso es el profesor PROF4.

La implicación que se tendrá debido a las preferencias en horario por los profesores son las siguientes:

El costo-beneficio que tendrá cada profesor se reducirá de acuerdo a la preferencia en ese horario, lo anterior se puede visualizar en la siguiente tabla.

TABLA DE [illegible] CANDIDATOS A LA [illegible] DE LA CARRERA Z CON LAS [illegible]				
PROFESOR	CATEGORÍA	COSTO-BENEFICIO	PREFERENCIA EN HORARIO	COSTO-BENEFICIO MODIFICADO
PROF1	AYTE. PROF. B	12	1	12
PROF2	ASIGNATURA A DEF.	184	2	92
PROF3	ASIGNATURA B INT.	44	3	14.66
PROF4	TITULAR B DEF. CARR.	307	3	102.33
PROF5	ASOCIADO C INT. CARR.	105.5	2	52.75

La asignación del profesor será nuevamente el profesor PROF4. Lo que implica que un profesor de una categoría alta tendrá preferencia sobre uno que tenga una menor aun cuando el profesor de categoría alta no prefiera algún horario determinado.
Debido a lo anterior en el sistema se necesita un módulo correspondiente a la asignación de la planta docente considerando únicamente altas preferencias de horario de los profesores, para no asignar a profesores con categorías altas en horarios que no lo desean y que, posteriormente se intente con la opción *"Considerando todas las disponibilidades"* de horario, con el fin de asignar los grupos restantes y que con esto sean respetadas las preferencias de los profesores en cuestión de horario.

3.4 .- JUSTIFICACIÓN DEL MODELO DE ASIGNACIÓN

La optimización se considera como uno de los principios básicos del análisis de muchos problemas complejos de decisión. Ofrece cierto grado de elegancia filosófica difícil de rebatir y suele ofrecer un grado indispensable de simplicidad operacional. Al utilizar esta filosofía de la optimización, se enfoca un problema complejo de decisión, que incluye la selección de valores para cierto número de variables interrelacionadas, centrando la atención en un solo objetivo diseñado para cuantificar el rendimiento y medir la calidad de la decisión.

Este único objetivo se maximiza según las restricciones que pueden limitar la selección de los valores de las variables de decisión.

Como es lógico, es rara la ocasión en que se puede representar en su totalidad toda la complejidad de las interrelacionas de variables, restricciones y objetivos apropiados, cuando se trata de un problema complejo de decisión. Al igual que sucede con todas las técnicas cuantitativas de análisis, una formulación determinada de optimización deberá considerarse como una aproximación, la cual si es realizada correctamente conservará los elementos esenciales de la realidad de la cual se parte.

Una medida evidente de la complejidad de un problema de programación es su tamaño, medido en función del número de variables incógnitas o del número de restricciones. Como cabría esperar, el tamaño de los problemas que pueden resolverse con efectividad, ha ido en aumento con el avance de la tecnología de computación y con el progreso de la teoría. Sin embargo, con las posibilidades de computación actual, se pueden diferenciar tres clases de problamas: problemas a pequeña escala, que tienen casi cinco o menos de cinco incógnitas y restricciones, problemas a escala intermedia que posaen entre cinco y cien variables y problemas a gran escala con más de cien e incluso miles de variables y restricciones. Esta clasificación no es completamente rígida, sino que refleja, al menos aproximadamente, tanto el tamaño como las diferencias básicas de enfoque correspondientes a los problemas de distintos tamaños. Por regla general, los problemas a pequeña escala pueden resolverse a mano o con una computadora sencilla. Los problemas a gran escala intermedia se pueden resolver con una computadora con un lenguaje de programación matemática de uso genaral. Los problamaa a gran escala necesitan lenguajes más complejos que se sirven de una estructura especial y suelen requerir grandes computadoras[16].

Si desde un principio se sabe que un problema dado es demasiado grande y complejo para ser resuelto con eficacia a mano (de aquí que se reconozca la necesidad de una solución por computadora), entonces la teoría debe enfocarse al desarrollo de procedimientos que aprovechen las posibilidades de las computadoras.

En la actualidad, se pueden aplicar de manera efectiva técnicas de búsqueda a problemas de programación no lineal más o menos generales con unas 500 variables y a problemas de programación lineal que tengan aproximadamente 400 restricciones y 1000 variables.

Se pueden resolver problemas aún mayores, los de programación a gran escala, si tienen características estructurales especiales aprovechables por un método de solución. El

[16] Leunberger David E. Programación Lineal y No Lineal, Addison Wesley Iberoamericana México 1989

estudio de la programación a gran escala se basa en la identificación de estructuras especiales importantes y en el desarrollo de técnicas que aprovechen estas estructuras. Por tanto, se trata de una teoría que depende más del problema que los demás aspectos teóricos de los problemas de programación.

Por otra parte, la característica más importante de un computador de alta velocidad es su capacidad para efectuar eficientemente operaciones repetitivas, y para explotar esta característica básica, la mayoría de los algoritmos diseñados para resolver grandes problemas de optimización son de naturaleza iterativa.

La teoría de los algoritmos iterativos puede dividirse en tres aspectos. El primero se refiere a la creación de los algoritmos propiamente dichos. Los algoritmos no se conciben arbitrariamente, sino que se basan en un examen creativo del problema de programación, en su estructura inherente y en la eficiencia de los computadores digitales. El segundo aspecto es la comprobación de que un algoritmo dado generará, de hecho, una sucesión convergente hacia un punto solución. Este aspecto se conozca como análisis de convergencia global, y estudia la importante cuestión de si el algoritmo, iniciado lejos del punto solución, acabará convergiendo hacia éste. El tercer aspecto se refiere al análisis de la convergencia local, y trata de la proporción en que la sucesión generada de puntos converge hacia la solución. Un problema no se puede considerar resuelto sólo porque se conozca un algoritmo que convergerá a la solución, pues tal vez necesite mucho tiempo para reducir el error hasta una tolerancia aceptable. Al sugerir un algoritmo es esencial disponer de alguna estimación del tiempo necesario para llegar a la solución. Es la tasa de convergencia de la teoría lo que permite la evaluación y comparación cuantitativas de algoritmos distintos, y, al menos de forma aproximada, asigna una medida de tratabilidad a un problema.

Existen problemas de programación lineal que tienen una estructura especial, como lo son los problemas de transporte y asignación. Estos problemas son importantes porque, en primer lugar, representan amplias áreas de aplicaciones que se presentan con frecuencia. En segundo lugar, estos problemas son importantes por la riqueza de la teoría asociada, que facilita una mayor comprensión y solución de estos tipos de problemas.

El problema de transporte por ser un problema acotado con al menos una solución factible siempre tiene una solución óptima. El problema de asignación que es un caso particular del problema de transporte, tiene también la propiedad estructural de la triangularidad de todas las bases. Esta propiedad simplifica el proceso de solución de un sistema de ecuaciones cuya matriz de coeficientes corresponde a una base, produciendo así una aplicación eficiente del método simplex como los algoritmos especializados en el problema de asignación como por ejemplo el método húngaro[17] .

3.5 .- DESARROLLO SISTEMATIZADO DEL MODELO

Una vez realizada la conceptualización del problema en un modelo matemático y encontrado el método a utilizar en la búsqueda de la solución óptima del problema, se hace necesario realizar el desarrollo del sistema computarizado del algoritmo de búsqueda de la solución del problema a fin de obtener los resultados pretendidos.

En el ciclo de vida del desarrollo de sistemas se realizan una serie de pasos con el fin de satisfacer completamente las necesidades que se tienen. Siguiendo estos pasos se tiene:

Definición del problema.

En la definición del problema se realiza la observación del sistema activo, el objetivo es entender por completo su funcionamiento para así determinar cómo se puede utilizar la computadora en forma óptima para hacer esta operación más efectiva, esto es realizar un proceso que sirve para recopilar e interpretar los hechos, diagnosticar problemas y utilizar estos hechos con el fin de mejorar el sistema. En el proceso de asignación de profesores en la ENEP Acatlán se tiene : se realiza semestre a semestre en el cual participan un promedio de 2500 grupos-materia y aproximadamente 1500 profesores candidatos a impartir éstas. Para no repetir la definición del problema se puede consultar en el capítulo uno del presente trabajo. Para obtener esta información se realizaron entrevistas con los responsables del proceso con el objetivo de obtener la información confiable.

Debido a que un sistema de esta naturaleza debe interactuar con mucha información de la planta docente es necesario mencionar lo que existe en la actualidad en este ámbito en la ENEP Acatlán. Así en lo que respecta a la situación actual del ámbito de información en bases de datos se tiene:

La ENEP Acatlán cuenta con un sistema computarizado (SISPA) que permite la captura y reportes de la información de la asignación de la planta docente a los diferentes grupos-materias que se imparten en las distintas carreras. Por esta razón, es necesario que el sistema que realice la a[illegible]ión automática de la planta docente sea compatible con las estructuras

[17] Daellenbach Hans [illegible]in A., Mcnickle Donald C., Introducción a técnicas de investigación de operacionesEditorial CECSA México 1987

existentes en este aspecto, además de que el sistema pueda implantarse en la plataforma utilizada por la escuela en el manejo de información computarizada.

Por lo anterior el sistema utilizará las bases de datos utilizadas en el campus universitario, y será desarrollado en lenguaje de programación Clipper Versión 5.2 con arquitectura cliente-servidor que son manejados actualmente en la escuela.

Objetivo del sistema:

El objetivo de la sistematización es lograr el mismo de la investigación, la optimización del proceso de asignación de la planta docente de la ENEP Acatlán mediante las herramientas tanto matemáticas como computacionales.

Diseño del sistema:

Identificación de necesidades.

Identificando las necesidades de información para poder utilizar el modelo planteado en el capitulo anterior, se presentan las siguientes necesidades de información o entradas del sistema:

1. Grupos-materia a impartirse en algún periodo.
2. Profesores candidatos a impartir las asignaturas del periodo.
3. Disponibilidades tanto en materias como en horarios de impartición.
4. Categoría, estudios, antigüedad y preferencias de horario de los profesores.

Una vez identificadas las entradas al sistema también se debe realizar lo correspondiente a las salidas que ganarará el sistema, teniando:

1. Profesores que impartirán los grupos-materia del periodo.
2. Horario en que serán impartidos los grupos-materia del periodo.

Diseño del sistema.

El diseño estructural de un sistema comprende la identificación de los componentes que intervendrán en el programa especificando sus características y su interconexión[18].

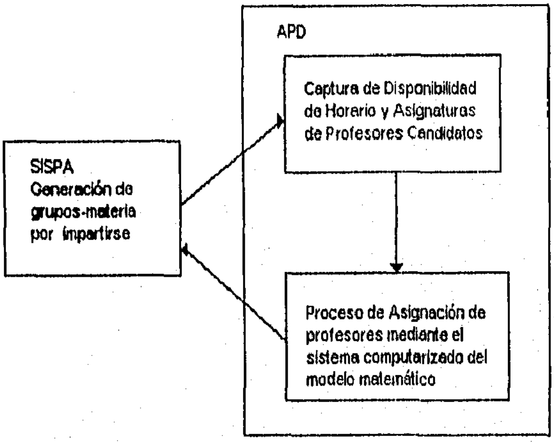
[18] Fairley Richard E. Ingeniería de Software, Mc Graw Hill México 1988

Con los objetivos planteados y las necesidades identificadas se plantean los siguientes módulos que integrarán al sistema APD (Asignación de la Planta Docente):

1. Edición de Disponibilidades.
2. Proceso de Asignación.
3. Reportes e Información.

Diagrama de módulos del sistema APD.

Para conocer el funcionamiento en forma global en lo que respecta a los flujos de información que se utilizan en el sistema se tiene el siguiente diagrama:

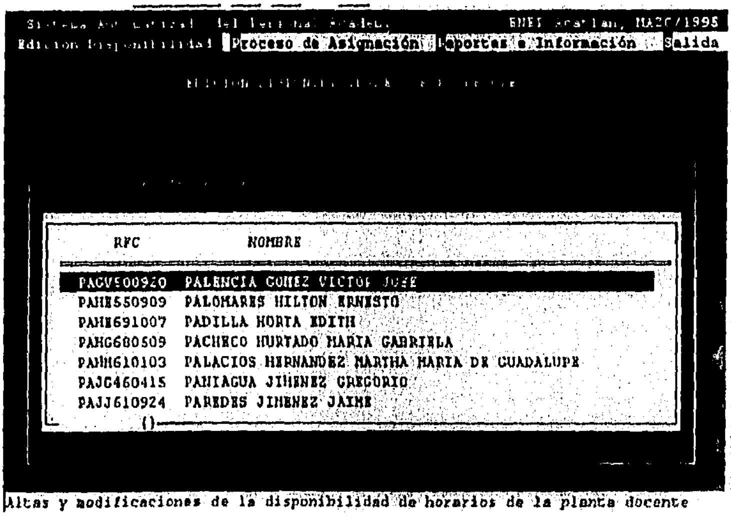


Realizando el desglose de las actividades que se deben realizar dentro de la utilización del sistema de asignación de planta docente en la ENEP se presenta a continuación el diseño del sistema para las tareas necesarias en su utilización.

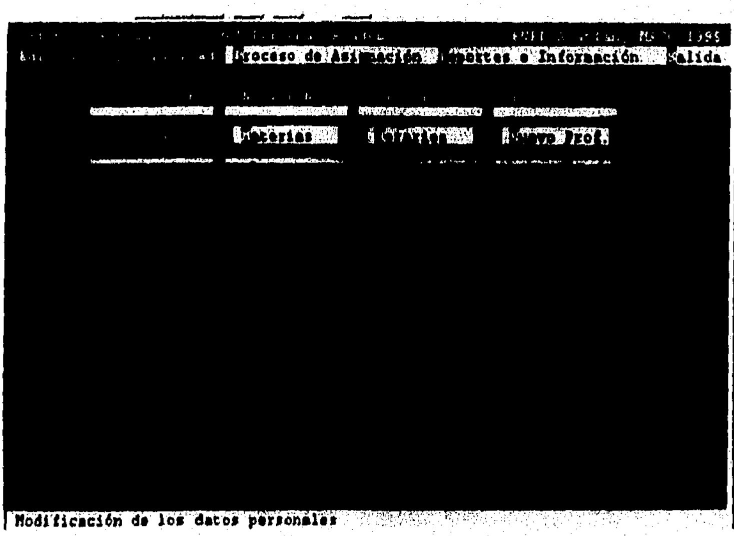
Forma de asignación.

La forma general del manejo del sistema es la siguiente: para realizar el cambio de las opciones se utilizan las teclas de control flecha arriba, abajo, derecha o izquierda; para realizar la elección de alguna opción se debe presionar la tecla Enter; y para desplegar el catálogo de opciones en alguna entrada de datos, donde no se conozcan las claves utilizadas, se debe teclear Enter con el buffer de entrada de datos vacío.

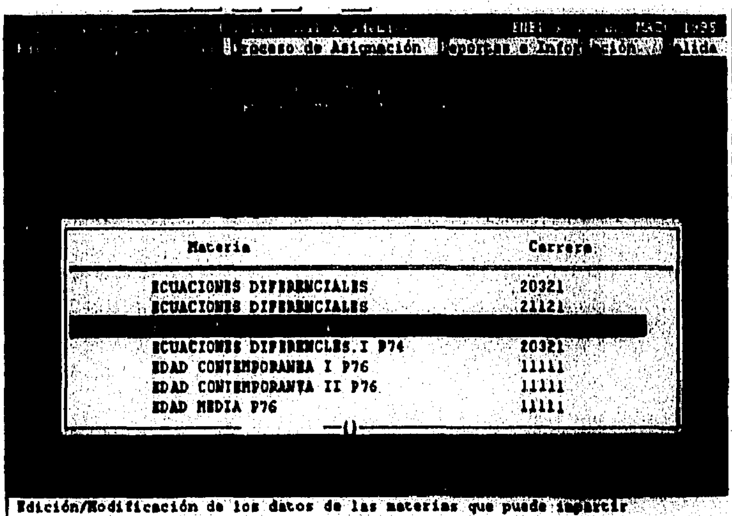
Primaramente se tendrán que editar las disponibilidades de todos los profesores en la opción correspondiente a Edición de Disponibilidad. Aquí se introducirá el RFC del profesor para registrarle sus disponibilidades tanto en horario y como en materias por impartir.



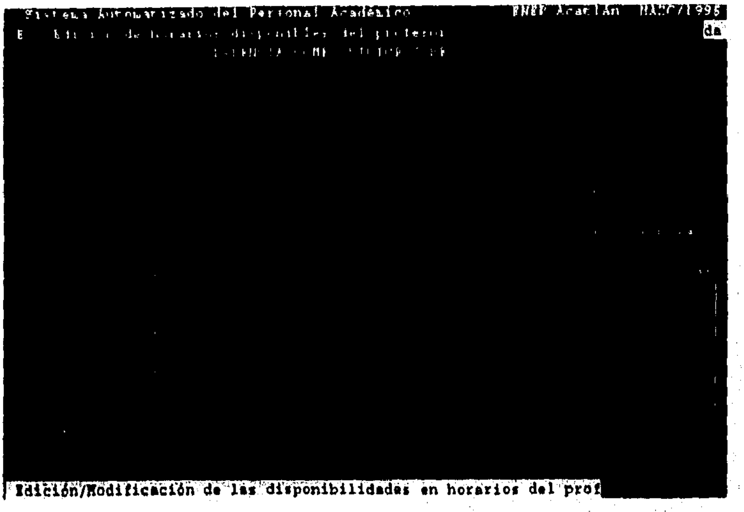
En el momento que haya elegido el profesor, el sistema presentará la siguiente pantalla en la que elegirá la opción correspondiente a la información que quiera registrar como lo son: datos personales, las materias que quiere impartir y la disponibilidad de horario que tendrá el profesor en el periodo actual.



En el momento en que se esté registrando la disponibilidad de materias por impartir de un profesor aparecerá esta pantalla en la que podrá elegir tanto la carrera como la asignatura introduciendo la tecla ENTER y los primeros caracteres del nombre.

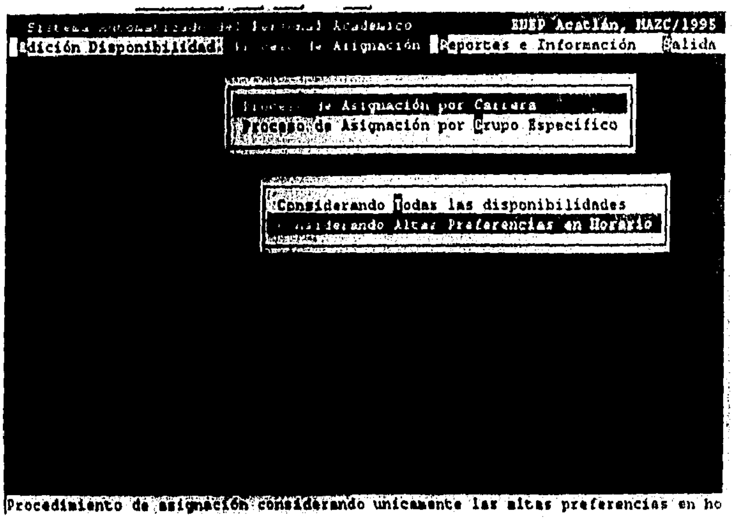


Posteriormente a la edición de la disponibilidad de materias por impartir se debe proceder a registrar la disponibilidad de horario del profesor. Esta se realiza mediante la opción correspondiente a Horarios, la cual presentará la siguiente pantalla.

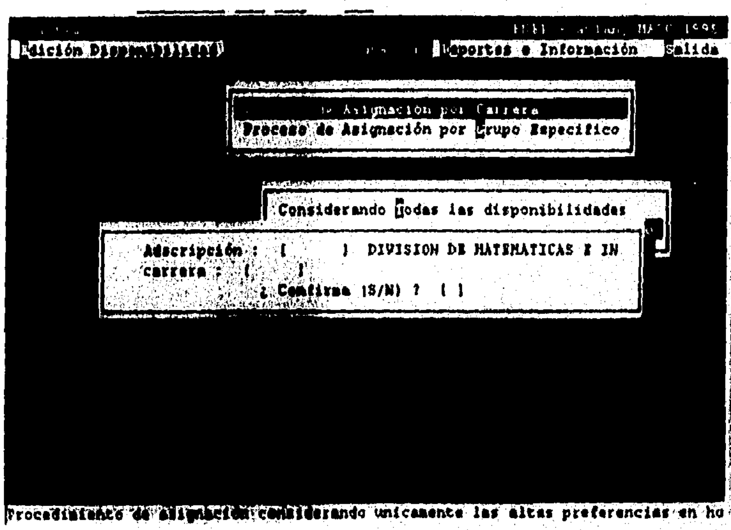


Una vez realizada la captura de las disponibilidades de horarios y materias de todos los profesores candidatos a ser asignados a los grupos\materia que se impartirán en el semestre correspondiente, se procede a utilizar la opción del proceso de asignación, el cual realiza la asignación automática de la planta docente mediante el modelo matemático y la computadora como medio. Este proceso se realiza de la siguiente manera.

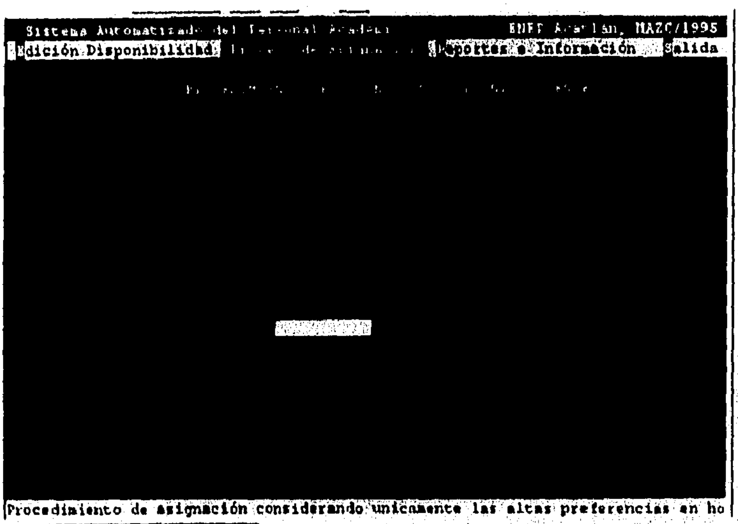
Primero se debe elegir el tipo de asignación. La cual puede ser por carrera o por algún grupo en específico, y también considerando únicamente las altas preferencias en horario o bien considerando todas las disponibilidades en horario. Lo anterior con la finalidad de que sean asignados primeramente en los horarios preferidos por la planta docente, para que posteriormente se realice la asignación considerando toda disponibilidad en horario con el objetivo de que sean asignados todos los grupos-materia que se impartirán en la escuela.



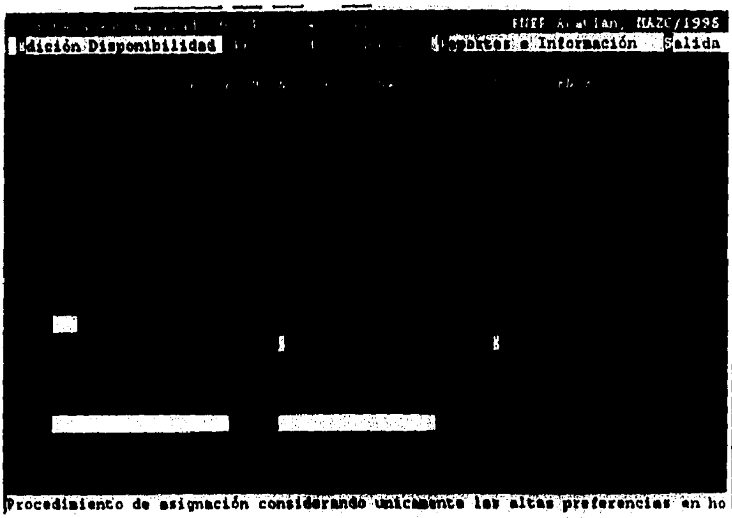
Posteriormente se elige la adscripción y carrera correspondiente



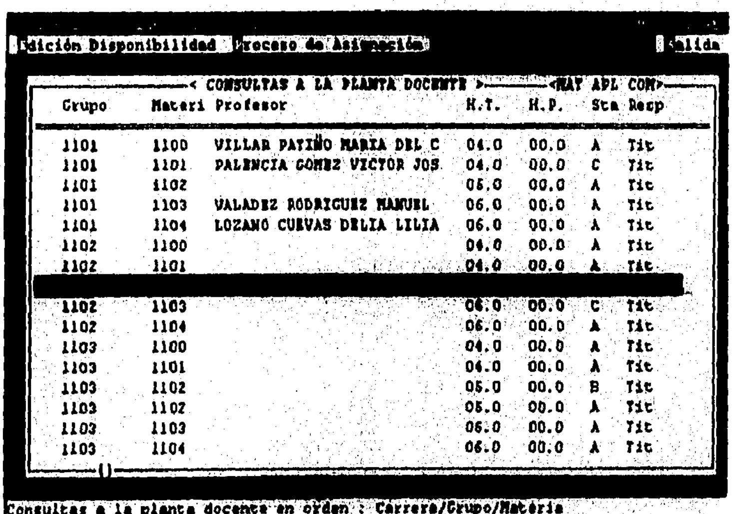
En el momento en que se registra la confirmación de los datos el sistema procederá a realizar las asignaciones correspondientes con el modelo matemático. Primero aparece una pantalla en la que se visualiza el avance del proceso de selección de los profesores candidatos de la carrera especificada.



Después el sistema utiliza el modelo matemático para realizar las asignaciones correspondientes presentando una pantalla con varios indicadores de los avances de este proceso.



Finalmente se podrá consultar la planta docente asignada mediante el sistema en su opción de reportes e información



Grupo	Materi	Profesor	H.T.	H.P.	Sta	Resp
1101	1100	VILLAR PATIÑO MARIA DEL C	04.0	00.0	A	Tit
1101	1101	PALENCIA GOMEZ VICTOR JOS	04.0	00.0	C	Tit
1101	1102		05.0	00.0	A	Tit
1101	1103	VALADEZ RODRIGUEZ MANUEL	06.0	00.0	A	Tit
1101	1104	LOZANO CUEVAS DELIA LILIA	06.0	00.0	A	Tit
1102	1100		04.0	00.0	A	Tit
1102	1101		04.0	00.0	A	Tit
[redacted]						
1102	1103		06.0	00.0	C	Tit
1102	1104		06.0	00.0	A	Tit
1103	1100		04.0	00.0	A	Tit
1103	1101		04.0	00.0	A	Tit
1103	1102		05.0	00.0	B	Tit
1103	1102		05.0	00.0	A	Tit
1103	1103		06.0	00.0	A	Tit
1103	1104		06.0	00.0	A	Tit

Consultas a la planta docente en orden : Carrera/Grupo/Materia

El anterior procedimiento podrá ser aplicado las veces que sea necesario dado que se contempla que en la práctica este proceso se repetirá un número considerable de ocasiones debido a que se tiene un constante cambio en la planta docente.

Diseño de bases de datos.

En lo que respecta al diseño de las estructuras de almacenamiento de la información requerida para el sistema se tiene:

1. Para la gran cantidad de información de personal académico se utilizarán las bases de datos manejadas para el sistema de Personal Académico SISPA.
2. Para la información que no maneja el SISPA se tienen las siguientes actualizaciones:

PATHOR	Base del patrón de horarios a utilizar.
PREF	Base del catálogo de preferencias de horario.
HORDISP	Base de las disponibilidades de los profesores en horario y preferencias de éstas.
MATDISP	Base de las asignaturas disponibles por parte de los profesores.
GPOSASIG	Base auxiliar para el control de asignación de las etapas a optimizar.
PROFCAND	Base de los profesores candidatos a ser asignados en los distintos grupos-materia de cada periodo.
AUXHDISP	Base auxiliar para las disponibilidades con altas preferencias.

Modificación en la base MATERIAS.DBF, agregando el campo correspondiente a los horarios en los que se puede impartir cada materia.

Modificación en la base GRUPOS.DBF, agregando campos del tipo de horario y la fecha en que fue asignado.

BASES SISTEMA APD
(Sistema de Asignación Planta Docente)

\SISPA\PERIODO\PATHOR.DBF

Descripción general : Contiene los patrones de horarios que se utilizarán en la asignación de los grupos/materias.
Responsable : Órganos Académicos en que se imparte el grupo.
Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
HORARIO	C	1	Clave de un patrón de horario a utilizar.
DIAS	C	6	Clave de los días en que se imparte la materia con
			el horario señalado en este registro.
HORAINI	C	5	Hora de inicio de la clase en los días señalados.
HORAFIN	C	5	Hora de termino de la clase.

\SISPA\PERIODO\PREF.DBF
Descripción general : Contiene los patrones de las preferencias que se utilizarán en la asignación de los grupos/materias.
Responsable : Órganos Académicos en que se imparte el grupo.
Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
PREF	C	1	Clave de la preferencia a utilizar.
DESCRIP	C	20	Descripción de la clave de preferencia de horario.

\SISPA\PERIODO\HORDISP.DBF
Descripción general : Contiene los horarios disponibles de cada profesor que se utilizarán en la asignación de los grupos/materias.
Responsable : Órganos Académicos en que se imparte el grupo.
Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
RFC	C	10	RFC del profesor que tiene esa disponibilidad de horario.
HOR	C	1	Clave del patrón de horario que tiene disponibilidad el profesor correspondiente al RFC.
PREF	C	1	Clave de la preferencia que tiene el profesor en ese patrón de horario disponible
FECHA	D	8	Fecha en que se registró esa disponibilidad de horario.

\SISPA\PERIODO\MATDISP.DBF
Descripción general : Contiene las materias disponibles de cada profesor que se utilizarán en la asignación de los grupos/materias.
Responsable : Órganos Académicos en que se imparte el grupo.
Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
RFC	C	10	RFC del profesor que tiene esa disponibilidad de horario.
MATERIA	C	4	Clave de la materia que desea impartir el profesor correspondiente al RFC.
CARRERA	C	2	Clave de la carrera de la materia que desea impartir el profesor correspondiente al RFC.
NGPOS	N	1	Número de grupos en los que desea impartir la materia el profesor correspondiente al RFC.
FECHA	D	8	Fecha en que se registró esa disponibilidad de horario.

\SISPA\PERIODO\GPOSASIG.DBF
Descripción general : Contiene los grupos/materias que serán asignados en la ejecución del sistema.
Responsable : Órgano encargado de sistematización.
Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
GRUPO	C	6	Grupo por ser asignado en la ejecución del sistema.
MATERIA	C	4	Clave de la materia del grupo por ser asignado en la ejecución del sistema.
CARRERA	C	2	Clave de la carrera del grupo por ser asignado en la ejecución del sistema.
RFC	C	10	RFC del profesor que es asignado a este grupo/materia.

HORARIO	C	1	Patrón de horario en que es asignado el profesor en este grupo/materia.
HORSOCUP	C	10	Cadena de caracteres que contiene los patrones de horario ocupados para este grupo.

\SISPA\PERIODO\PROFCAND.DBF

Descripción general : *Contiene los datos de los profesores candidatos a ser asignados en los grupos/materias que se asignarán en una determinada ejecución del sistema.*

Responsable : Órganos Académicos en que se imparte el grupo.

Nivel de consulta : General

Campo	Tipo	Long	Descripción
RFC	C	10	RFC del profesor candidato a ser asignado.
COSTO	N	3	Costo-Beneficio que obtiene la institución si asigna al profesor en cuestión.
MATERIA	C	4	Clave de la materia que desea impartir el profesor correspondiente al RFC.
ACTIVO	C	1	Caracter que indica si el profesor esta siendo considerado para ser asignado en algún grupo/materia durante la ejecución del sistema.

Finalmente se presentará en el siguiente capítulo las pruebas y la implantación del modelo, así como la solución para obtener el control de los resultados que arroje el modelo matemático.

CAPITULO 4.

PRUEBAS E IMPLANTACIÓN DEL MODELO

Riesgo

"Lo ambicioso de tus metas y lo alto de tu riesgo

será la grandeza de tu gloria"

4.1 DERIVACIÓN DE SOLUCIONES DEL MODELO

Aplicando la metodología de la investigación de operaciones en la solución del problema de asignación de la planta docente se permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen el sistema. Con el modelo matemático de decisión se permite calcular los valores exactos de las componentes controlables del sistema para que pueda comportarse mejor, de acuerdo a los criterios establecidos en el modelo. El acto de calcular el valor apropiado de estas componentes controlables, se conoce como derivar una solución al problema utilizando el modelo. Se presenta entonces la derivación de soluciones del modelo con las siguientes condiciones prevalecientes.

Sea el proceso de asignación de la planta docente de la carrera de Matemáticas Aplicadas y Computación con las siguientes asignaturas por ser impartidas.

[illegible]								
[illegible]	D	E	F	M	N	O	G	1101,1102,1103,1104,1151,1152, 1153,1154
[illegible]	D	E	F	M	N	O	G	1101,1102,1103,1104,1151,1152, 1153,1154
[illegible]	D	E	F	M	N	O	G	1101,1102,1103,1104,1151,1152, 1153,1154
[illegible]	A	B	C	J	K	L		1101,1102,1103,1104,1151,1152, 1153,1154
[illegible]	A	B	C	J	K	L		1101,1102,1103,1104,1151,1152, 1153,1154
[illegible]	D	E	F	M	N	O	G	1301,1302,1303,1304,1351,1352, 1353,1354

1301	D	E	F	M	N	O	G	1301,1302,1303,1304,1351,1352, 1353,1354
1302	D	E	F	M	N	O	G	1301,1302,1303,1304,1351,1352, 1353,1354
1303	A	B	C	J	K	L		1301,1302,1303,1304,1351,1352, 1353,1354
1304	A	B	C	J	K	L		1301,1302,1303,1304,1351,1352, 1353,1354
1500	D	E	F	M	N	O	G	1501,1502,1503,1504,1551,1552, 1553,1554
1501	D	E	F	M	N	O	G	1501,1502,1503,1504,1551,1552, 1553,1554
1502	D	E	F	M	N	O	G	1501,1502,1503,1504,1551,1552, 1553,1554
1503	A	B	C	J	K	L		1501,1502,1503,1504,1551,1552, 1553,1554
1504	A	B	C	J	K	L		1501,1502,1503,1504,1551,1552, 1553,1554

Siendo los profesores candidatos para impartir los grupos-materia mencionados los siguientes:

	TABLA DE DISPONIBILIDADES DE HORARIO Y ASIGNATURAS DE LOS PROFESORES					
	DISPONIBILIDAD DE ASIGNATURAS			PREFERENCIAS DE HORARIO		
PROFESOR				1ra.	2da.	3ra.
AEAF	1026			A	B	E
CADE	1101	1504	1800	B, E,G K, N		
GOEE	1302			C,F,M		
GOVC	1029	1804	1807	B,C,E,F		
JIZC	1304	1505		C,F		
LOCD	1101 1104	1302 1303 1304	1503 1504 1712	C N	A E L	B, D F, G J, M O
PAGV	1101	1708		C E	B F	
SUMJ	1503	1032		C, K M	J	B
VARM	1101	1103	1504	A, B	E	D

	TABLA DE DISPONIBILIDADES DE HORARIO Y ASIGNATURAS DE LOS PROFESORES					
	DISPONIBILIDAD DE ASIGNATURAS			PREFERENCIAS DE HORARIO		
PROFESOR				1ra.	2da.	3ra.
				C, L M	K	F
VIPC	1100	1103		D G		E
ZACM	1100	1102		C L N	A E	B

Lo que genera la siguiente asignación en la opción del sistema, de altas preferencias de horario:

Grupo-Materia	*Profesor Asignado*	*Profesores Candidatos no Asignados*
1101-1100	VIPC	ZACM
1101-1101	PAGV	LOCD, VARM.
1101-1103	VARM	VIPC
1101-1104	LOCD	
1151-1101	VARM	LOCD
1151-1102	ZACM	
1152-1101	LOCD	
1301-1302	GDEE	LOCD
1302-1304	JIZJ	LOCD
1501-1503	SUMJ	LOCD
1501-1504	CADE	LOCD, VARM
1502-1504	VARM	LOCD
1702-1708	PAGV	
1702-1804	GOVM	
1902-1029	GOVM	
1914-1800	CADE	

Al analizar se encuentran los siguientes beneficios de la aplicación del modelo matemático en el proceso de asignación de la planta docente.

a) Incrementa la posibilidad de tomar mejores decisiones. Actualmente, antes de aplicar este modelo, las decisiones que se toman son generalmente de carácter intuitivo, ignorando la mayoría de las interrelaciones que existen entre los componentes del sistema, como lo es el considerar todas las posibles combinaciones que se pueden generar con x número de profesores y n horarios distintos a ser asignados. Esto es natural, ya que existen en el sistema cientos de componentes y miles o cientos de miles de interrelaciones. El ser humano, sin la ayuda de una tecnología más compleja (como la computadora) y de herramientas más modernas (como la Investigación de Operaciones), no puede visualizar, mucho menos analizar, todas las posibles alternativas generadas por los millares de interacciones que existen. Y obviamente, sin la ayuda de herramientas y técnicas modernas de decisión, se tomarán decisiones intuitivas, cuyos resultados en ocasiones, en vez de mejorar al sistema lo perjudican.

b) Mejora la coordinación entre las múltiples componentes de la organización. En otras palabras, genera un mayor nivel de ordenación. Esto al tener la información correcta de las categorías de los profesores para el proceso matemático, y utilizar la misma política de asignación para todos los grupos-materia que se imparten en la institución. El elemento coordinador entre todas las componentes, podría ser en este caso, la Dirección de la Escuela. El proyecto de Investigación de Operaciones integraría en sus soluciones al mecanismo de coordinación, para evitar que las componentes del sistema se desmembrasen y actúen independientemente unas de otras.

c) Mejora el control del sistema al instituir procedimientos sistemáticos que supervisan por un lado las operaciones que se llevan a cabo en la organización y por el otro, evita el regreso a un sistema peor. De esta manera, por ejemplo, se obtiene la unificación de criterios y políticas de asignación a los grupos-materia de todas las licenciaturas que se imparten en la ENEP, tratando de ser las mejores y más justas además de que existiría una liberación de la gente dedicada a éstas actividades de tipo laborioso, tedioso y rutinario, permitiéndoles acceso a una nueva variedad de las mismas.

d) Logra un mejor sistema al hacer que éste opere con costos más bajos, se maximicen los beneficios y puede propiciar una mejor coordinación entre los elementos más importantes de todo el sistema.

4.2 .- VALIDACIÓN DEL MODELO Y SUS SOLUCIONES

Los modelos no deben utilizarse confiando sólo en la intuición de la persona o grupo que los diseñe. Es necesario probar la validez de modelo, observando si es que los resultados del mismo predicen o no, con cierta exactitud, los efectos relativos generados por las diferentes alternativas disponibles.

Un modelo es válido si, independiente de sus inexactitudes al representar el sistema real, puede dar una predicción confiable del funcionamiento del sistema. Un método común para probar la validez de un modelo es comparar su funcionamiento con algunos datos pasados disponibles del sistema actual. Si los resultados que se deriven del modelo se alejan bastante de los resultados reales del sistema, entonces hay que realizar una serie de medidas correctivas.

Utilizando los resultados generados en el problema anterior, se pueden identificar todos los profesores candidatos a impartir cada uno de los grupos-materia que se tienen, lo anterior para verificar que el profesor asignado realmente tenga el costo-beneficio mayor del conjunto de profesores candidatos a impartir el grupo-materia determinado. Al realizar la tabla que muestre estos datos, se puede comprobar lo anterior.

Grupo-Materia	Profesor Asignado	Profesores Candidatos	Costo-Beneficio
1101-1100	VIPC	VIPC	20
		ZACM	10
1101-1101	PAGV	PAGV	160
		LOCD	10
		VARM.	80
1101-1103	VARM	VARM	80
		VIPC	20
1101-1104	LOCD	LOCD	10
1151-1101	VARM	VARM	80
		LOCD	10
1151-1102	ZACM	ZACM	10
1152-1101	LOCD	LOCD	10
1301-1302	GOEE	GOEE	120
		LOCD	10
1302-1304	JIZJ	JIZJ	120
		LOCD	10
1501-1503	SUMJ	SUMJ	80
		LOCD	10
1501-1504	CADE	CADE	100
		LOCD	10
		VARM	80

1602-1604	VARM	VARM	80
		LOCD	10
1702-1708	PAGV	PAGV	160
1702-1804	GOVM	GOVM	80
1902-1029	GOVM	GOVM	80
1914-1800	CADE	CADE	100

4.3 DISEÑO DE CONTROLES ASOCIADOS A LAS SOLUCIONES

Es tan importante estar alerta de lo que la investigación de operaciones no puede hacer o hace mal, como es saber lo que sí puede hacer. Una forma útil de obtener esa perspectiva es clasificar y analizar lo que los administradores pueden hacer para mejorar sus logros administrativos y las fuentes de asesoramiento científico que tienen a su disposición.

Dentro de la metodología de solución de problemas con investigación de operaciones un paso muy importante es sin duda alguna el control de los resultados que produce el modelo. Haciendo hincapié se tiene que un modelo es válido si, independiente de sus inexactitudes al representar el sistema real, puede dar una predicción confiable del funcionamiento del sistema. Al igual que en la validación del modelo el control identifica los resultados que se derivan del modelo y, si se alejan bastante de los resultados reales del sistema, entonces hay que realizar una serie de medidas correctivas.

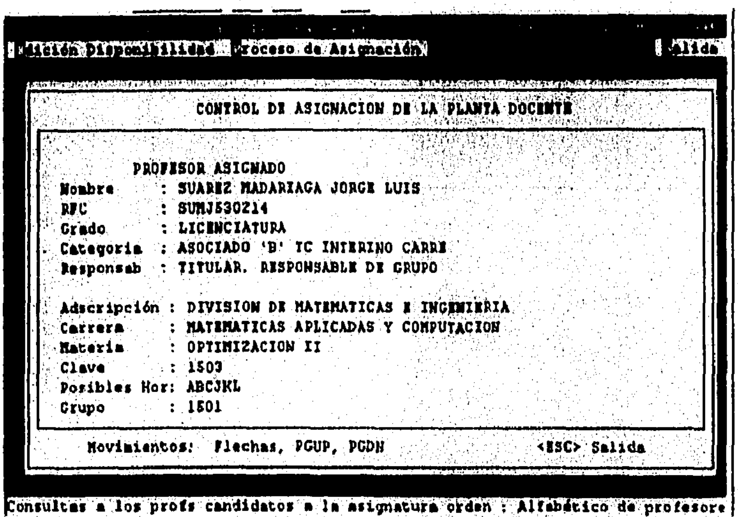
La manera en que se presentará el control de los resultados que se generan a partir del modelo será mediante la disposición de la información relativa a los profesores candidatos con sus disponibilidades de horario y categorías. Esto permite a los administradores encargados del proceso verificar y controlar cada una de las asignaciones realizadas por el modelo, para poder sugerir cambios en el momento en que no se produzcan los resultados deseados.

La presentación de información se realiza de la siguiente manera:

Se presentará para cada grupo-materia el profesor asignado junto con su categoría, los horarios en los que se puede impartir el grupo-materia, y el conjunto de los profesores candidatos a la impartición de dicha materia. Todo lo anterior junto con las fechas en que se realizó cada una de las operaciones. Esto permitirá identificar las asignaciones mal realizadas, al hacer la asignación con las interrelaciones que se presentan.

Así por ejemplo para el caso del proceso de asignación que se está tratando se tiene que, para la materia Optimización II del grupo 1501, el sistema presentará la siguiente información para poder realizar el control de las asignaciones realizadas por el modelo sistematizado

Pantalla inicial de la opción de investigación de asignación:



Información completa que presentará esta opción:

PROFESOR ASIGNADO
Nombre : SUAREZ MADARIAGA JORGE LUIS
RFC : SUMJ530214
Grado : LICENCIATURA
Categoria : ASOCIADO 'B' TC INTERINO CARRE
Responsab : TITULAR. RESPONSABLE DE GRUPO

Adscripción : DIVISIÓN DE MATEMÁTICAS E INGENIERÍA
Carrera : MATEMÁTICAS APLICADAS Y COMPUTACIÓN
Materia : OPTIMIZACION II
Clave : 1503
Posibles Hor: ABCJKL
Grupo : 1501

Fecha de asignación : Vie, 25 de Agosto de 1995
Fecha de Alta : Lun, 8 de Agosto de 1995
Fecha de Cambio :
Fecha de Baja :

Horario :
11:00 a 13:00 Lun Mie Vie

Profesores Candidatos

RFC	Categoría	Grado/Max	Disp.	Horario	Prof.	Estado
LOCD710828	AYTE ASIGNATURA 'B'	PASANTE	01/08/95	A	01/08/95 2	Libre
				B	01/08/95 3	Libre
				D	01/08/95 3	Libre
				E	01/08/95 2	Libre
				F	01/08/95 3	Libre
				G	01/08/95 3	Libre
				J	01/08/95 3	Libre
				L	01/08/95 2	Libre
				M	01/08/95 3	Libre
				O	01/08/95 3	Libre
				c	01/08/95 1	Asignado
				n	01/08/95 1	Asignado
SUMJ630214	ASOCIADO 'B' TC INTE	LICENCI	31/07/95	B	31/07/95 3	Libre
				J	31/07/95 2	Libre
				K	31/07/95 1	Libre
				M	31/07/95 1	Libre
				c	31/07/95 1	Asignado

Profesores Asignados

RFC	Categoria	Grado/Max	F/Asig	Grupo	Horario	Asig.
SUMJ630214	ASOCIADD 'B' TC INTE	LICENCI	19/01/96	1501	C	Sistema

Fin

La anterior información permitirá analizar la interrelación que se presenta para cada grupo-materia de los profesores candidatos a impartir esta materia con el objetivo de poder evaluar y controlar este proceso tan importante.

4.4.- IMPLANTACIÓN DE LAS SOLUCIONES AL SISTEMA

La implantación de estos modelos (una vez probados y controlados) es en la opinión de varios autores de investigación de operaciones la parte más difícil y delicada de todo el proyecto, sobre todo en países del Tercer Mundo como el nuestro.

Desde la perspectiva que se tiene, todo parece indicar que es característico en nuestro país encontrar burocracias rígidas al cambio, por los problemas típicos que se presentan (reparto inequitativo de la riqueza, centralismo del desarrollo económico, poder político-económico piramidal, dependencia técnico-financiera del exterior, altas tasas de crecimiento demográfico, baja productividad, etc.). Cuando un elemento de esa burocracia, que al mismo tiempo pertenece al grupo de toma de decisiones, no entiende la utilidad del modelo que se le presenta y no sabe interpretar las soluciones del mismo y asociarlas a su problema original, o bien pertenece al grupo privilegiado que obtiene beneficios con la situación en la que se está, entonces el resultado típico es que éste combate al grupo de Investigación de Operaciones, como el enemigo más acérrimo. La razón de esto es natural, debido a que se verá desplazado de sus beneficios actuales o bien porque no alcanza a comprender el modelo mismo, y lo trata de rechazar debido, entre otras cosas, al temor de que esta " herramienta tan misteriosa " lo desplace de un cargo público o privado, que en ese estructura piramidal de poder político y económico, es tan valiosa y a veces tan difícil de conseguir por la vía de la habilidad y conocimientos (parece ser que se consiguen más fácil por compadrazgos e influencias)[19].

Es por lo tanto importantísimo que en todo estudio de Investigación de operaciones el grupo de toma de decisiones del sistema sea parte activa, en mayor o menor grado, en todas las fases del proyecto. Por lo que se aconseja que, cuando el estudio de Investigación de Operaciones se haga en países del Tercer Mundo, además de hacer participar a todos los elementos del grupo de toma de decisiones, se invite también a participar quizás en menor grado, a cuanto elemento sea posible que esté arriba en la estructura piramidal de la organización. Esto se hace con el objeto de interesar e incrementar la curiosidad de aquellos que tienen control sobre el grupo de toma de decisiones.

Finalmente se puede decir que los resultados de cualquier modelo deben ser analizados, evaluados y discriminados por el grupo de toma de decisiones, quienes con su experiencia deberán emitir la última palabra en la materia. Los modelos deben ser herramientas adicionales en la toma de decisiones y jamás deben tomar la decisión definitiva.

[19] Prawda Witenberg Juan, Métodos y modelos de investigación de operaciones, Editorial Limusa México 1989

CONCLUSIONES

Actitud

"El placer que obtienes de tu vida es igual a la actitud que pones en ella"

En la Universidad Nacional Autónoma de México, que es el centro de formación de miles de profesionistas de nuestro país, es de vital importancia tomar decisiones conscientes de las derivaciones o consecuencias que puedan tener, pues repercuten en el funcionamiento y resultados de la institución. Una de las decisiones que se toman en la Universidad es la de escoger los profesores que impartirán las asignaturas de los diversos planes de estudios que ofrece esta casa de estudios en el periodo inmediato posterior. En particular esta decisión tiene una repercusión importante debido a que, de acuerdo a las capacidades de los profesores, se tendrá la formación de los profesionistas que acudan a las aulas universitarias, y de acuerdo a la formación de los profesionistas de nuestro país se tendrá la infraestructura intelectual para poder crecer como país. Por lo anterior esta decisión se debe realizar lo más preciso, justo y mejor posible además de apoyarse de toda herramienta que pueda ayudar en este proceso.

El proceso de decisión de la asignación de la planta docente en la ENEP Acatlán se ha venido realizando de una manera manual. Esta es laboriosa, dadas las múltiples interrelaciones de los horarios disponibles de los profesores y puede causar en ocasiones inconformidades como se mencionó en el capítulo 1, por lo que la sistematización del modelo matemático para la asignación de la planta docente que se presenta, es una herramienta útil para la decisión, que ayudará y beneficiará en mucho las repercusiones de ésta, auxiliándose siempre de los controles correspondientes.

Como conclusiones de las experiencias adquiridas para la solución del problema se puede decir lo siguiente. Al aplicar conocimientos de alguna técnica o herramienta científica en la solución de problemas de la realidad, éstos se pueden modelar y resolver de distintas maneras, aplicando diferentes patrones o algoritmos de solución, pero es indispensable por el bien de los resultados a obtenerse y la complejidad de obtenerlos, buscar todos los medios para poder utilizar modelos matemáticos sencillos, siempre y cuando representen las condiciones y variables más importantes de la realidad, debido a que, al utilizar un modelo de grandes dimensiones resulta muy costoso. Lo anterior debido a los requerimientos de otras herramientas a utilizar como lo son las computadoras, información, personal, etc.

Es importante utilizar todos los medios para poder disponer de un modelo sencillo, o lo más sencillo posible, manteniendo la representatividad de la realidad que se esta modelando. Esto es buscar el equilibrio de la utilización de un modelo sencillo siempre y cuando se contemplen las condiciones mas importantes en el problema real, para lograr tener y utilizar un modelo óptimo. Los medios utilizados en la investigación fueron entre otros : el establecimiento de patrones, identificando aquella información que se pudiera manejar mediante patrones, utilizar propiedades matemáticas para simplificar los modelos, ajustando el problema a herramientas o algoritmos de ciertas condiciones para aprovechar de las propiedades de estas técnicas, como lo era la velocidad de la convergencia hacia la solución del problema.

Al visualizar el problema globalmente se puede encontrar de que se cumplieron las hipótesis planteadas al inicio de este trabajo. Esto es, debido al conjunto de beneficios que se pueden obtener al utilizar este tipo de herramientas de decisión, son por mucho redituables en tiempo y costo la utilización de herramientas matemáticas en problemas complejos de decisión. Dentro de la elección del mejor modelo para representar el problema se tuvieron que tomar las experiencias y conocimientos escritos en bibliografía de investigación de operaciones para poder simplificar de alguna forma éste, dado que resultaba en los primeros modelos un tamaño poco manejable.

Sin lugar a dudas es difícil la implementación de herramientas como ésta debido a la importancia que tiene este tipo de decisiones y las repercusiones que se pueden presentar si se presentan inconformidades. Pero también es importante mencionar que todo cambio por mejorar y ser más justos implica pérdidas de privilegios de algunos y que éstos se convierten en el grupo opositor al cambio. Por lo anterior, es recomendable que las personas del grupo de toma de decisiones lo consideren, lo analicen, lo prueben y vean los resultados que puede arrojar este tipo de proyectos con el fin de decidir la implantación de éstos.
Poco a poco, con trabajo y resultados, se puede crear o establecer una conciencia para la utilización de estos proyectos en la toma de decisiones con el claro objetivo de mejorar.

Finalmente, un servidor hará todo lo posible para implantar este tipo de aportaciones con el fin de que con el trabajo de todos podamos realizar una ENEP, una Universidad, un país y un mundo mejor, más justo y óptimo para todos.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON OAVIO R., SWWENEY DENNIS J., WILLIAMS THOMAS A., INTROOUCCIÓN A LOS MODELOS CUANTITATIVOS PARA LA ADMINISTRACIÓN, GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA, MÉXICO 1993.

BAZARAA MOKHTAR S., JARVIS JOHN J., PROGRAMACIÓN LINEAL Y FLUJO EN REDES, , EOITORIAL LIMUSA MÉXICO 1990.

BURCH JOHN G., GRUDNITSKI GARY, DISEÑO OE SISTEMAS OE INFORMACIÓN, EDITORIAL GRUPO NORIEGA EDITORES, MÉXICO 1982.

OAELLENBACH HANS G., GEORGE JOHN A., MCNICKLE DONALD C., INTRODUCCIÓN A TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN OE OPERACIONES, EOITORIAL CECSA MÉXICO 1987.

EPPEN G.O., GOULD F.J., INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA, EDITORIAL PRENTINCE HALL, MÉXICO 1987.

FAIRLEY RICHARO E. INGENIERÍA DE SOFTWARE , EDITORIAL MC- GRAW HILL MÉXICO 1988

HILLER - LIBERMAN, INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN OE OPERACIONES, EDITORIAL MC-GRAW HILL MÉXICO 1982.

LUENBERGER DAVID E., PROGRAMACIÓN LINEAL Y NO LINEAL, EDITORIAL ADOISON-WESLEY IBEROAMERICANA, MÉXICO 1989.

MEREDTH JACK R., GIBBS THOMAS E., ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES, EDITORIAL LIMUSA MÉXICO 1986

MOSKOWITZ HERBERT, WRIGHT GDROON P., INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, EOITORIAL PRENTICE-HALL MÉXICO 1991.

PRAWOA WITENBERG JUAN, MÉTODOS Y MODELOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, EDITORIAL LIMUSA MÉXICO 1989.

ROORÍGUEZ BETANCOURT RAMÓN, MÉTOOOS ECONÓMICO-MATEMÁTICOS APLICADOS AL TRANSPORTE, , EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN, CUBA 1984.

TAHA HAMDY A., INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, EOITORIAL REPRESENTACIONES Y SERVICIOS OE INGENIERIA S. A., MÉXICO 1881