01167
2ej.
5

MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO

CRÉDITOS ASIGNADOS A LA TESIS díez 10
letra y número

APROBADO POR EL JURADO FIRMA

Presidente:	DR. JORGE DIAZ PADILLA GUERRERO	
Vocal:	M. EN I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ	
SECRETARIO:	M. en I. FRANCISCO ALVAREZ CASO	
SUPLENTE:	DR. SERGIO FUENTES MAYA	
SUPLENTE:	M. en I. ARTURO FUENTES ZENON	

1989

INDICE

RESUMEN

Un aspecto fundamental en la planeacion del desarrollo de un pais es el establecimiento de los lineamientos cualitativos a considerar en cada uno de los niveles jerarquicos de decision para el corto, mediano y largo plazo. En nuestro pais, el PLan Nacional de Desarrollo opera en el mas alto nivel y contiene las metas, previsiones sobre los recursos a utilizar, y los lineamientos de politica de caracter Global, Sectorial y Regional. Como consecuencia, el Sistema Nacional de Planeacion Democratica realiza un proceso de planeacion, a traves del cual se distinguen cuatro etapas: Formulacion, Instrumentacion, Control y Evaluacion; que se vinculan funcionalmente con los niveles global, sectorial e institucional. En este trabajo, se analiza el Sector Publico y su desarrollo dentro del Sistema Nacional de Planeacion Democratica. Como resultado de este analisis se desprende la necesidad de profundizar en el estudio e implantacion de herramientas auxiliares que permitan cuantificar y optimizar el uso de recursos escasos en el logro de metas. La idea de analizar el problema de asignacion de recursos descentralizados no es nueva y diversos modelos han sido propuestos. Uno de ellos es el modelo clasico de Ruefli y sus modificaciones. Dicho modelo es revisado en detalle en este trabajo y debido a sus fallas metodologicas, se propone un modelo modificado que se adapta a la problematica de asignacion de recursos para organizaciones descentralizadas de tres niveles jerarquicos. Asimismo, se propone un procedimiento de solucion del modelo implantado en una microcomputadora compatible I.B.M. Se anexa un ejemplo ilustrativo resuelto con el paquete computacional formulado para este proposito e incluido en el Apendice VI, y otros apendices, que contienen los fundamentos matematicos usados en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer constar mi agradecimiento a todas aquellas personas que en una u otra forma me auxiliaron en la elaboracion de este trabajo. Asimismo deseo dedicar este esfuerzo al Capitan de Fragata Carlos Ferraez Matos, asi como a aquellos viejos Maquinistas Navales de otros tiempos, que obscuros y tenaces en su mundo de hierro, mar, vapor y fuego, nos heredaron conocimientos haciendo operar los buques de la Armada de Mexico. A ellos que con su Titulo Profesional Anfibio, se abrieron camino en tierra, cuando la edad, el cansancio, los deberes familiares,y el interes de estudiar o progresar, les inclino a cambiar las duras condiciones de la mar, por las menos duras que se dan en tierra, buscando en todo momento dar con su trabajo, un esfuerzo productivo para el desarrollo nacional.

INTRODUCCION

El Sistema Nacional de Planeacion Democratica constituye un conjunto articulado de relaciones funcionales, que establecen las dependencias y entidades del sector publico entre si, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y con las autoridades de las entidades federativas a fin de efectuar acciones de comun acuerdo.

Dentro del sistema tiene lugar un proceso de planeacion, a traves del cual se distinguen actividades en cuatro etapas, a saber: Formulacion, Instrumentacion, Control y Evaluacion. El sistema se apoya en una estructura institucional, en la cual se vinculan funcionalmente tres niveles: Global, Sectorial e Institucional.

El Plan Nacional de Desarrollo opera en el mas alto de estos niveles y contiene las metas (objetivos nacionales y prioridades del desarrollo integral del pais), previsiones sobre los recursos a utilizar y los lineamientos de politicas de caracter global, sectorial y regional.

El SNPD esta concebido de manera que el contenido del Plan Nacional de Desarrollo es expresado basicamente de manera cualitativa, dejando la responsabilidad de su cuantificacion a los niveles sectorial e institucional. Al nivel sectorial corresponde la elaboracion de los programas de mediano plazo cuya funcion es:

> Desagregar y detallar los planteamientos y orientaciones generales del PLan Nacional, a traves de la identificacion de los objetivos, metas, politicas e instrumentos, que en su conjunto contribuiran al logro de los objetivos y prioridades del PLan.

En este contexto, es sin duda la Ley de Planeacion la que norma la operacion del Sistema y establece dos aspectos fundamentales que genera la creacion del presente trabajo:

- El articulo 20o., de esta Ley, permite la participacion de Instituciones Profesionales y de Investigacion en la Planeacion Nacional, en calidad de "Organos de consulta permanente".

- La necesidad reconocida por el SNPD, del desarrollo de Metodos y Tecnicas que incluyan "metodologias de Analisis Cuantitativo aplicables a las diferentes etapas del proceso de planeacion".

De este ultimo parrafo nace la necesidad fundamental de desarrollar diversas herramientas metodologicas y cuantitativas que permitan soportar adecuadamente a la planeacion.

En este planteamiento, el proposito de este trabajo es revisar y analizar la problematica de asignacion de recursos para organizaciones descentralizadas en tres niveles jerarquicos, y proponer un procedimiento de solucion que se encuentra implementado para una microcomputadora compatible IBM. Asi mismo, se presenta un ejemplo ilustrativo que muestra la aplicacion de la metodologia propuesta.

Cabe mencionar que el desarrollo del presente trabajo sufrio varias modificaciones antes de obtener la version actual. En efecto, en un principio se intento solo la presentacion de los resultados clasicos de Ruefli, tal como el los obtuvo, aplicarlos, y dar una extension de los mismos a un caso que contemplara la posible variacion en el tiempo de los coeficientes tecnologicos invocados por Ruefli, asi como la repercusion que en la determinacion de metas tenia la variacion de los costos de los recursos. Sin embargo, tanto al tratar de aplicar estos resultados, como al intentar extenderlos, se enfrentaron dificultades de indole teorico que impedian lograr los propositos iniciales. Dichas dificultades se debieron a una serie de imprecisiones y fallas contenidas en el algoritmo de Ruefli y que, como pudo ser constatado al revisar los trabajos sobre el tema posteriores a Ruefli, impedian procesos computacionales convergentes que resolvieran el problema tal como Ruefli lo presento. Finalmente se decidio dar una interpretacion propia al trabajo de Ruefli. El resultado fue un nuevo modelo de Asignacion de Recursos a Organizaciones Descentralizadas estructuradas en Tres Niveles Jerarquicos. Este modelo es el que se presenta aqui.

La idea del presente estudio se genero al analizar la organizacion del Sector Publico y su desarrollo dentro del Sistema Nacional de Planeacion Democratica. Esto motivo el estudio de diversos modelos y la formulacion de un Sistema que pudiera cuantificar y optimizar el logro de metas en nuestro propio Gobierno Federal modelado a traves del Sistema Nacional de Planeacion Democratica. Se espera que el Modelo que se propone en esta Tesis, contribuya al fomento y desarrollo de la Planeacion en nuestro pais, y su aplicacion, constituya un soporte efectivo para el personal Directivo del Sector Publico en el proceso proceso de la Toma de Decisiones. Para tales efectos, se sistematiza la presentacion de los algoritmos correspondientes de manera de que puedan ser facilmente aplicados en las Organizaciones Publicas.

El desarrollo de este trabajo es como sigue:

El Primer Capitulo es de caracter introductorio y pretende analizar los aspectos mas importantes del Sistema Nacional de Planeacion y en especial, los Programas de Mediano Plazo, y el Plan Nacional de Desarrollo. De este analisis se desprende la necesidad de profundizar en el estudio e implementacion de herramientas auxiliares para la planeacion a mediano plazo, justificandose asi la elaboracion del presente trabajo.

El segundo capitulo se hace una revision tecnico-historica del Problema de la Asignacion de Recursos para Investigacion y Desarrollo en Organizaciones Descentralizadas. Su primera seccion aborda el problema tal como fue visualizado por T.W. Ruefli, quien formalizo inicialmente la presentacion e intento su solucion. Este Modelo fue modificado en dos ocasiones (<17>,<19>) por fallas de conceptualizacion las cuales se revisan en la segunda seccion de este capitulo, que concluye con las diferentes variantes que fueron efectuadas al mismo.

En el capitulo tercero se presenta el Modelo que en esta tesis se propone como alternativo al modelo de Ruefli y se formula el metodo para implantar practicamente su utilizacion; asi mismo, se presenta un ejemplo ilustrativo de la metodologia propuesta. Finalmente en el cuarto capitulo se emiten las conclusiones y recomendaciones, resumiendose los resultados del trabajo.

Como informacion soporte del presente trabajo, se agregaron seis apendices, de los cuales, los cinco primeros contienen los fundamentos Matematicos a que continuamente se hace referencia y el ultimo, contiene un paquete computacional en un disco flexible de microcomputadora de doble densidad, el cual esta orientado a la solucion de Problemas que por su definicion y caracteristicas correspondan al Modelo que aqui se presenta.

Para la formulacion del presente documento, se destacaron en letras negritas aquello que tiene relevancia especial ya sea para el trabajo como un todo, para ciertos capitulos o para la idea que en el contexto se intenta explicar. El uso de corchetes se emplea para las notas de pie de pagina y los parentesis triangulares se utilizan para las referencias bibliograficas. Asi mismo, es conveniente aclarar que algunos subindices y superindices no se hacen explicitos cuando la expresion que los contiene aparece entre lineas y que cuando "t" se emplea como superindice, es utilizada para demostrar la traspuesta de un vector o de una matriz, segun sea el caso de que se trate.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE ASIGNACION DE RECURSOS EN LOS ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS

Un aspecto fundamental en el ejercicio de la planeacion de los recursos escasos de una organizacion es el establecimiento de lineamientos cualitativos a seguir en cada una de las actividades de la planeacion. En este sentido, la Secretaria de Programacion y Presupuesto ha publicado el documento basico sobre principios y organizacion del Sistema de Planeacion Democratica que rige al Pais. Dicho documento sirve de base para realizar las etapas iniciales de la planeacion y se apoya en la estructura institucional, que en sus distintos niveles define las responsabilidades de los participantes y genera los instrumentos de planeacion. En este capitulo, se describe en forma breve el mencionado sistema de planeacion y se especifica un esquema mediante el cual se explica la problematica de la asignacion de recursos en las organizaciones descentralizadas y se mencionan los esfuerzos que se han realizado para modelar y analizar dicha problematica . En especial, se mencionan los esfuerzos realizados para formular la problematica como un problema de optimizacion con una estructura especial que se presta a la aplicacion de diversas tecnicas, entre las que podemos mencionar: el metodo de descomposicion de Dantzig y Wolf y la programacion lineal generalizada.

1.1.- EL SISTEMA NACIONAL DE PLANEACION

" El sistema de planeacion que se aplica en un pais debe de estar en correspondencia con el caracter de sus estructuras juridicas, politicas y administrativas", (<32>, pag. 9). Este principio es reconocido en el documento explicativo del Sistema Nacional de Planeacion Democratica el cual fue realizado en apego al Articulo 26 de la CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS (ver <32>,pag. 91) y reglamentado en el capitulo segundo (articulos 12 a 19) de la Ley de Planeacion (ver <32>, pags. 94-96). De acuerdo a dicho Documento:

"El Sistema Nacional de Planeacion Democratica constituye un conjunto articulado de relaciones funcionales que establecen las Dependencias y Entidades del Sector Publico entre si, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y con las autoridades de las Entidades Federativas a fin de efectuar acciones de comun acuerdo",(<32>,pag.15)

Dentro del Sistema tiene lugar un proceso de planeacion, a traves del cual se distinguen actividades en cuatro etapas: Formulacion, Instrumentacion, Control y Evaluacion. [1] Estando el Sistema apoyado en una estructura institucional, que en distintos niveles de operacion: Global, Sectorial e Institucional, definen responsabilidades para todos los participantes, y cuenta con una infraestructura basica que sirve de apoyo a su funcionamiento general.

Mediante responsabilidades y funciones claramente establecidas, se generan los llamados instrumentos de la planeacion que se distinguen por su jerarquia, su cobertura espacial y temporal, y por la funcion a cumplir dentro del Sistema.

En relacion a los instrumentos de planeacion conviene indicar (<32>, Pag.45) que:

"Estos instrumentos tienen su expresion material a traves de documentos, ya sea planes, programas, leyes, informes de control o evaluacion, los que en general contienen objetivos, metas, estrategias, politicas y medidas operativas que seran aplicadas para la atencion de las prioridades de la planeacion nacional, y ademas consideran el resultado de la participacion de los grupos sociales y de las entidades federativas."

La diferencia entre los instrumentos del sistema, es basicamente de caracter funcional. Estos instrumentos se clasifican en: NORMATIVOS, OPERATIVOS, DE CONTROL Y DE EVALUACION.

----

[1]: *En el Apendice I, se han resumido las principales filosofias de la planeacion y se propone una variante que, ajustandose al sistema y a la realidad actual hace posible planificar.*

Los instrumentos normativos del SNPD, son: el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas de Mediano Plazo . "El Plan Nacional de Desarrollo es el Instrumento de mayor agregacion y cobertura dentro del SNPD y considera, con una perspectiva nacional, a todos los sectores y regiones del pais. Orienta las acciones de los niveles de planeacion sectorial e institucional, asi como en un amplio nivel, la planeacion que realizan los estados y municipios." (<32>, pag. 46). Por Ley, el PND contiene:

a.- Los objetivos nacionales, estrategias y prioridades del desarrollo integral del pais;

b.- Previsiones sobre los recursos a utilizar;

c.- Determinacion de instrumentos y responsables de su ejecucion; y

d.- Lineamientos de politicas de caracter global, sectorial y regional.

Los contenidos del plan son "basicamente cualitativos, dejando para los instrumentos de corto plazo y los programas sectoriales, regionales, institucionales y especiales, los aspectos mas especificos y la definicion de las metas cuantitativas.", (<32>, pag. 46).

Los Programas de Mediano Plazo, por su parte, tienen como funcion "Desagregar y detallar los planteamientos y orientaciones generales del Plan Nacional, a traves de la identificacion de los objetivos, metas, politicas e instrumentos, que en su conjunto contribuyan al logro de los objetivos y prioridades del Plan." (<32>, pag. 47).

Del resto de los instrumentos del Sistema, se hara enfasis solo en los Instrumentos Operativos, de Corto Plazo, y mas especificamente, en los Programas Anuales, por ser aquellos cuya funcion es "expresar anualmente, con la definicion de acciones, metas, politicas, instrumentos y asignacion de recursos, los objetivos y propositos del Plan Nacional y los Programas de Mediano Plazo " (<32>, pag. 50).

Los Programas Anuales son elaborados en los tres niveles de la estructura institucional del Sistema, siendo su cobertura Nacional y/o

Regional. En este respecto conviene indicar (<32>, pag.50) que:

> " Su elaboracion se realiza a traves de un proceso de de aproximaciones sucesivas que garantiza la necesaria congruencia y compatibilidad entre ellos, con el Plan Nacional y los Programas de Mediano Plazo."

Esquematicamente se puede resumir y complementar lo expuesto anteriormente por medio de la Figura 1.1. que esquematicamente en un diagrama de organizacion representa un modelo derivado del SNPD que se encuentra esquematizado en la figura 1.2.

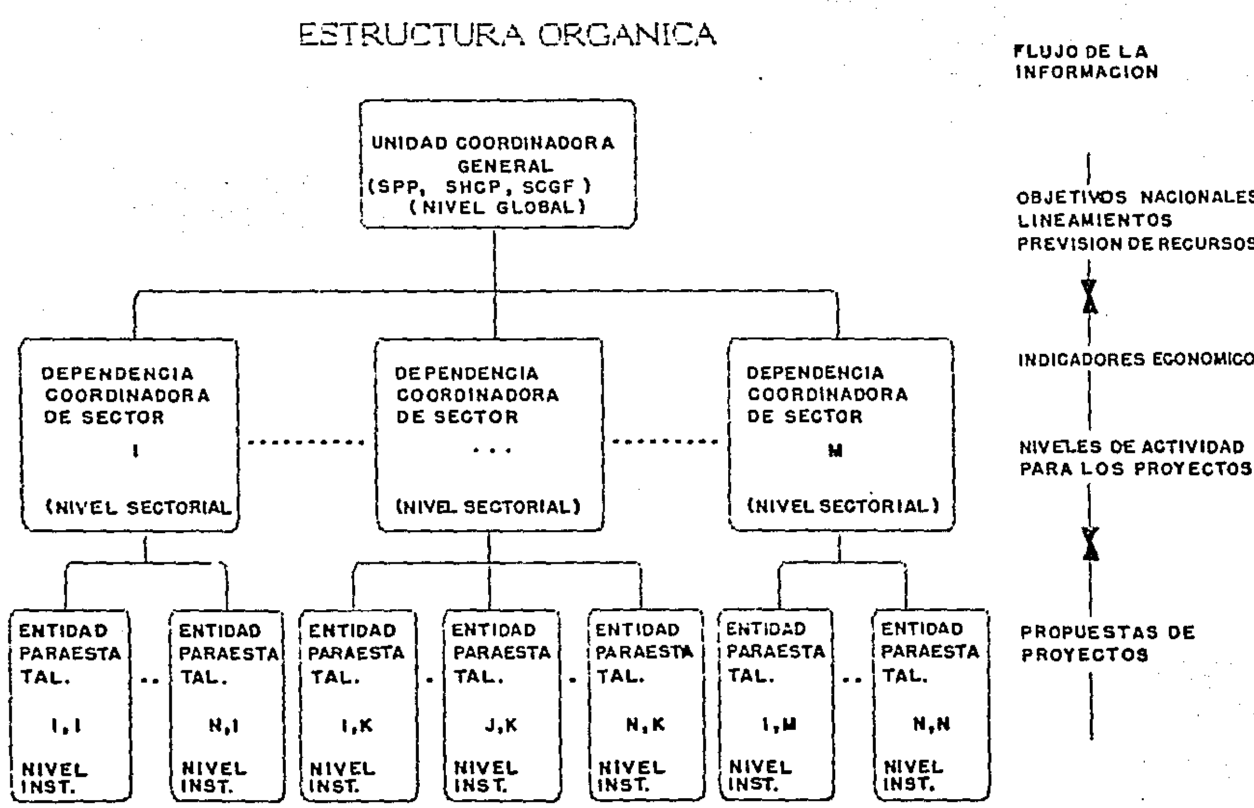

FIG. 1.1 MODELO GRAFICO DEL SISTEMA NACIONAL DE PLANEACION DEMOCRATICA.

En dicho Modelo se observa tanto la estructura organica del SNPD como el flujo de informacion entre los niveles del Sistema.[2] Este es el Modelo que sera objeto de estudio en el presente trabajo. Verbalmente se puede explicar como sigue:

El SNPD contiene una Unidad Cooordinadora General, que corresponde al Nivel Global de su Estructura Organizacional. Dicha Unidad coordina las Actividades de "m" Dependencias Coordinadoras de Sector, las cuales pertenecen al Nivel Sectorial de la Estructura Organizacional del SNPD . La Unidad Coordinadora General (UCG) define -de manera cualitativa- los Objetivos Nacionales y establece las previsiones sobre los recursos a utilizar por cada una de sus Dependencias Coordinadoras de Sector, asi como los lineamientos de politicas de caracter sectorial.

Las Dependencias Coordinadoras de Sector interpretan y cuantifican los objetivos y recursos que les establece la UCG. Con base en esta informacion seleccionan los niveles de actividad para los diferentes proyectos en un intento de alcanzar los objetivos (traducidos en terminos de metas) que les asigno la UCG. Estos proyectos son propuestos por las Entidades Paraestatales de la Administracion Publica, las cuales estan ubicadas en el Nivel Institucional del SNPD.

Las Dependencias Coordinadoras de Sector generan -con base en un proceso interno de optimizacion- informacion cuantitativa (indicadores economicos) sobre los objetivos (metas) que les asigno la UCG. Dicha informacion es transmitida tanto a la UCG como a las Entidades Paraestatales. La UCG considera estos datos para evaluar (y, en su caso, modificar) sus politicas (objetivos, lineamientos, previsiones, etc.), mientras que las Entidades Paraestatales los toman en cuenta para realizar adaptaciones a los proyectos que proponen o para proponer nuevos proyectos. De esta manera se realiza un proceso iterativo de retroalimentacion que debera terminar cuando se satisfagan ciertos criterios de optimizacion. La eleccion de dichos criterios esta en funcion del tipo de modelo matematico que se utilice para resolver el problema de optimizacion que se genera.

----

[2]: *Recordemos que el modelo de un sistema no es mas que una simplificacion del mismo, hecha con el proposito de obtener informacion sobre el sistema sin tener que manipularlo en toda su complejidad.*

SISTEMA NACIONAL DE PLANEACION DEMOCRATICA		
NIVELES	**DEPENDENCIAS QUE INTERVIENEN EN CALIDAD DE RESPONSABLES**	**ACTIVIDADES DE PLANEACION (POR NIVEL)**
GLOBAL	SPP EN CALIDAD DE DEPENDENCIA DE INTEGRACION Y COORDINACION DE LAS ACTIVIDADES DE PLANEACION SHCP DESEMPEÑANDO ACTIVIDADES REFERIDAS A LOS ASPECTOS FINANCIEROS, FISCALES Y CREDITICIOS A FIN DE HACERLOS COMPATIBLES CON LA PLANECION NACIONAL DEL DESARROLLO. SCGF APORTANDO ELEMENTOS DE JUICIO PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y PRIORIDADES DEL PLAN Y DE LOS PROGRAMAS	EN ESTE NIVEL SE ELABORA EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO CUYA FUNCION ES DEFINIR LOS PROPOSITOS, LA ESTRATEGIA GENERAL Y LAS PRINCIPALES POLITICAS DEL DESARROLLO NACIONAL, ASI COMO INDICAR LOS PROGRAMAS DE MEDIANO PLAZO QUE DEBEN ELABORARSE PARA ATENDER LAS TEMATICAS PRIORIDADES ECONOMICO-SOCIALES DEL MISMO. OTRA ACTIVIDAD PROPIA DE ESTE NIVEL ES LA ELABORACION DEL PROGRAMA OPERATIVO ANUAL MACRO CUYA FUNCION ES EXPRESAR ANUALMENTE, CON LA DEFINICION DE ACCIONES, METAS, POLITICAS Y ASIGNACION DE RECURSOS, LOS OBJETIVOS Y PROPOSITOS DEL NACIONAL Y LOS PROGRAMAS DE MEDIANO PLAZO. SU ELABORACION SE REALIZA A TRAVES DE UN PROCES DE APROXIMACIONES SUCESIVAS
SECTORIAL	ESTE NIVEL CORRESPONDE A LA DIVISION ACTUAL DE LA "APF" QUE ATIENDE ASPECTOS ESPECIFICOS DE LA ECONOMIA. LAS DEPENDENCIAS RESPONSABLES EN ESTE NIVEL SON LLAMADAS DEPENDENCIAS COORDINADORAS DE SECTOR EN CADA DEPENDENCIA, LA RESPONSABILIDAD DE LA PLANEACION RECAE EN SU TITULAR QUIEN PARA CUMPLIRLA SE APOYA EN UNA UNIDAD DE PLANEACION Y EN UNA ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y EJECUTIVA	ES TAREA DE ESTE NIVEL EL ELABORAR LOS PROGRAMAS DE MEDIANO PLAZO CUYA FUNCION ES DESAGREGAR Y DETALLAR LOS PLANTEAMIENTOS Y ORIENTACIONES GENERALES DEL PLAN NACIONAL, A TRAVES DE LA IDENTIFICACION DE LOS OBJETIVOS, METAS, POLITICAS E INSTRUMENTOS QUE EN SU CONJUNTO CONTRIBUYAN AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS Y PRIORIDADES DEL PLAN. TAMBIEN CORRESPONDE A ESTE NIVEL LA COORDINACION DE LAS ACTIVIDADES DE PLANEACION DE LAS ENTIDADES PARAESTATALES Y LA Y LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS OPERATIVOS ANUALES PRELIMINARES.
INSTITUCIONAL	ESTA CONFORMADO POR ENTIDADES PARAESTATALES DE LA "APF" ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS, EMPRESAS DE PARTICIPACION ESTATAL, FONDOS Y FIDEICOMISOS, QUE SE UBICAN EN EL SECTOR ADMINISTRATIVOS QUE CORRESPONDE A LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS O DE SERVICIOS QUE LLEVEN A CABO.	LAS ACTIVIDADES BASICAS DE PLANEACION CORRESPONDIENTES A ESTE NIVEL SON: PARTICIPAR EN LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS A MEDIANO PLAZO Y DE SUS RESPECTIVOS PROGRAMAS ANUALES CON PROPUESTAS DE PROYECTOS QUE PROCEDAN EN RELACION A SU AMBITO Y OBJETIVOS ESTABLECER SUS PROPIOS OBJETIVOS, PRIORIDADES Y ESTRATEGIAS.

FIG.1.2 ESTRUCTURA DEL "SISTEMA NACIONAL DE PLANEACION DEMOCRATICA" : Entidades responsables y actividades de planeacion propias de cada nivel.

El criterio que se utilizara en el presente trabajo se deriva del criterio de optimalidad del Algoritmo de Dantzig-Wolfe y, como se puede corroborar al estudiar el siguiente capitulo, tiene un claro paralelo con el Problema de Optimizacion que se presenta en el SNPD al analizarlo a la luz del Modelo Grafico, Fig. 1.1.

Si se escribe el Modelo que propone este trabajo, en terminos del Problema de Optimizacion que surge en el SNPD, se estableceria como criterio para terminar el proceso de retroalimentacion supramencionado la satisfaccion de los siguientes puntos:

1.- Las desviaciones ponderadas de los logros con respecto a las metas asignadas a las Dependencias Coordinadoras de Sector, alcanzan su nivel minimo.

2.- Ninguna modificacion o adaptacion a las politicas (traducidas a metas cuantitativas) de la Unidad Coordinadora General, ni ninguna modificacion, adaptacion o nueva alternativa de proyectos propuestos por las Entidades Paraestatales, produce una disminucion a las desviaciones de los logros con respecto a las metas, cualquiera que sea la Unidad Coordinadora de Sector bajo consideracion.

Ahora bien, es claro que el Modelo Grafico que se ilustra en la figura 1.1 simplifica de manera significativa el Sistema que representa. Esto es aun mas notorio al analizar el tipo de informacion que se ha permitido "fluir" entre los niveles del Sistema, la cual se reduce basicamente a la que es susceptible de ser cuantificada y que se refiere principalmente a los Programas de Mediano Plazo.

No obstante, no debe dudarse que la solucion a este modelo puede ser de gran utilidad a las dependencias involucradas en el SNPD responsables del establecimiento de los Programas de Mediano Plazo, ya que el SNPD les asigna la tarea de lograr metas que satisfagan los objetivos nacionales, sujetas a limitaciones de recursos y a ciertos lineamientos de caracter general, pero no les especifica la metodologia para realizarla. Para cubrir este hueco, el SNPD incluye dentro de sus componentes, una Infraestructura de Apoyo y, como parte de ella, invita a la realizacion de actividades de investigacion que comprendan el desarrollo de " metodologias de Analisis Cuantitativo....

aplicables a las diferentes etapas del proceso de planeacion" (<32>, pag. 34).

Se considera, por consiguiente, que el esfuerzo realizado en la elaboracion de estas notas es un satisfactor a una necesidad presente en el SNPD, por lo cual adquiere plena justificacion y vigencia.

Por ultimo, es conveniente mencionar que, con el fin de mantener el paralelo entre el problema de la Planeacion a mediano plazo definido lineas arriba, y el Problema General de la Asignacion de Recursos,para Investigacion y Desarrollo que protagoniza este trabajo (y que es inspirado en el trabajo de T. W. Ruefli), se debe hacer la siguiente correspondencia:

Unidad Coordinadora General <====> Unidad Central.

Dependencias Coordinadoras de Sector <====> Unidades Admitivas

Entidades Paraestatales <====> Unidades Operativas

Si se atiende esta correspondencia, las discusiones y algoritmos que se obtengan para resolver el Problema original de Ruefli, pueden ser directamente aplicados (con las reservas que el caso amerite) al Sistema Nacional de Planeacion Democratica.

1.2.- DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA.

No hay duda acerca de la importancia que representa la planeacion para Mexico, importancia que se ve acrecentada actualmente por la situacion que atraviesa el pais y que obliga a su empleo como un instrumento idoneo para conducir la politica del desarrollo Nacional de manera ordenada y previsora.

La planeacion como metodo de gobierno, organiza el trabajo y las tareas del Sector Publico, permitiendo incorporar las actividades de los sectores social y privado en la consecucion de los objetivos nacionales.

Sin embargo, el establecimiento definitivo de la planeacion requiere, necesariamente de un esfuerzo considerable, de Organizacion, produccion, acopio de informacion y capacitacion del personal que interviene y participe en los diferentes tipos de actividades de los organismos de planeacion del Gobierno Federal.

En este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo, constituye el primer documento que produce el Sistema Nacional de Planeacion Democratica. Su instrumentacion y ejecucion requieren, ahora de la precision, de los metodos del proceso de planeacion, en su formulacion, instrumentacion, control y evaluacion para sus distintos ambitos y niveles.

Desde el punto de vista de las etapas de planeacion, debe darse prioridad inicial, al fortalecimiento de las tareas de instrumentacion. Esto implica, hacer esfuerzos especiales para correlacionar y coordinar los contenidos del plan, con el manejo de las politicas e instrumentos de corto y mediano plazo, particularmente en los aspectos, del ejercicio del presupuesto y de la organizacion y operacion de la administracion publica.

La Reforma administrativa emprendida a partir de 1976, adapto las instituciones publicas a las necesidades de una planeacion estructural en tres ambitos bien definidos; Global, Sectorial y Estatal. Durante ese tiempo, se formularon diversos planes y programas dirigidos hacia los sectores de la economia. Actualmente la estructura del Sistema Nacional de planeacion democratica tambien esta estructurada funcionalmente en tres niveles, de conformidad con la ley de planeacion y la ley organica de la Administracion Publica Federal, donde tambien se precisan las areas de responsabilidad y de coordinacion de las dependencias y entidades para llevar a cabo la planeacion nacional de desarrollo.

Estando la Administracion Publica Sectorizada, corresponde a ese nivel la elaboracion de los programas a mediano plazo, los cuales tienen una cobertura espacial nacional o regional y cuya funcion es la de desagregar y detallar los planteamientos y orientaciones generales del Plan Nacional, a traves de la identificacion de los objetivos, metas, politicas e instrumentos, que en su conjunto contribuiran al logro de los objetivos y prioridades del plan. Un programa sectorial comprende un Sector de la economia rigiendo el desarrollo de las actividades del sector administrativo relacionado con la materia de los mismos. Este se integra bajo la responsabilidad de la dependencia coordinadora del Sector.

En este planteamiento, un programa sectorial comprende en su mayoria, situaciones de decision que se caracterizan por tener metas y objetivos generalmente multiples. Estas metas pueden ser complementarias, pero frecuentemente son conflictivas y tambien cualitativas. Este problema se torna aun mas complejo en los problemas sociales que son los mas comunes, donde para medir una meta se tienen que emplear criterios subjetivos.

Como resultado de lo anterior, los programas a mediano plazo, presentan una gran dificultad para poderse evaluar realmente en cuanto al logro de sus metas, ya que se obtiene escasa informacion para hacerlo y esta no es confiable y oportuna para retroalimentar en terminos practicos a la planeacion. Esto no es nuevo, ya que la misma ley de planeacion para subsanarlo, permite la participacion de instituciones profesionales y de investigacion, en la planeacion nacional y asi mismo el SNPD, reconoce la necesidad del desarrollo de metodos y tecnicas que incluyan metodologias de analisis cuantitativo aplicables a las diferentes etapas del proceso de planeacion.

Esto implica la necesidad de un modelo que permita evaluar los programas a mediano plazo en la forma mas efectiva posible, y que al retroalimentar a la planeacion tactica o de mediano plazo, permita una asignacion de recursos a organizaciones descentralizadas estructuradas en tres niveles jerarquicos.

El modelo requerido, debe de tener sistematizados el empleo de sus algoritmos, a fin de que puedan ser facilmente aplicados por el personal directivo de las organizaciones publicas, asi como que se encuentre implantado en sistemas computarizados a fin de poder manejar grandes volumenes de informacion con la rapidez requerida, en decisiones que afectan grandes cantidades de recursos.

CAPITULO II

MODELOS DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS

El Problema de la Asignacion de Recursos en Organizaciones Descentralizadas ha sido objeto de atencion, por parte de los estudiosos de las Ciencias Economico-Administrativas, desde hace tres decadas. Los primeros modelos propuestos sobre este problema, con sus respectivas soluciones, puedan encontrarse en los trabajos de Arrow, Arrow y Hurwitz, Charnes y Cooper y Koopmans.

En 1960 los investigadores G.B.Dantzig y P.Wolfe, publicaron su Principio de Descomposicion para Programacion Lineal (ver Apendice II) y se inicio un periodo caracterizado por una actividad intensa en el dominio de la programacion matematica en general y, en particular, en el estudio de modelos para el problema central de estas notas (ver, p. ej. Balas, Charnes, Clower y Kortanek y Hass). Esto ultimo se debio en gran medida a la interpretacion dada por G.B. Dantzig a su Principio de descomposicion, a saber: como un Modelo de Toma de Decisiones en Organizaciones Descentralizadas (<16>, capitulo 11).

Estos primeros modelos descendientes del Principio de Dantzig Wolfe tienen una caracteristica comun: Un conjunto de unidades organizacionales propone proyectos a una unidad organizacional superior en respuesta a precios y lineamientos generados por esta.

Influido por estos trabajos, T.W.Ruefli <12> reformula el Problema de la Asignacion de Recursos en Organizaciones Descentralizadas, obteniendo un Modelo Matematico que marca una nueva etapa en la busqueda de soluciones al problema que nos ocupa.

El Modelo de Ruefli puede ser interpretado como la representacion de un Proceso de Toma de Decisiones en una Organizacion Jerarquica Descentralizada en tres niveles. Dicho modelo es descrito y analizado en las primeras dos secciones de este capitulo. Las modificaciones propuestas por Freeland al Modelo de Ruefli y su correspondiente evaluacion y critica se discuten en la ultima seccion.

2.1. EL MODELO DE RUEFLI

El Modelo Generalizado de Descomposicion de Metas propuesto por T.W. Ruefli <29>,fue formulado como uno de programacion por metas para una Organizacion Descentralizada en tres Niveles Jerarquicos en un solo periodo. En este modelo su organizacion consta de tres niveles interrelacionados verticalmente por medio de flujo especifico de informacion, y supone que los niveles de la organizacion son horizontalmente independientes. El Organo o Unidad Central es el nivel mas alto o primer nivel de la Organizacion y tiene como subordinadas inmediatas a las Unidades Administrativas y a estas las Unidades Operativas.

Ruefli formula el problema en terminos de los problemas de las subunidades de la organizacion y elabora esto de tal manera que es imposible hablar del objetivo global excepto en terminos de los objetivos de dichas subunidades. En este Modelo el organo central coordina las actividades de M unidades administrativas, determina las metas a lograr, fija los recursos para obtenerlas y establece las politicas o criterios normativos de actuacion para alcanzarlas. Las Unidades Administrativas seleccionan y determinan a sus Unidades Operativas, los niveles de actividad para los diferentes proyectos que ellas le proponen, en un intento de lograr las metas con los niveles de recursos determinados por la unidad central.

El Modelo de Ruefli, parte de hipotesis generales bien fundamentadas en los efectos de la descentralizacion. Asi, considera que en cualquier organizacion de gran dimension y complejidad, los metodos de asignacion de recursos, es parte fundamental en la toma de decisiones, y donde la descentralizacion es un factor condicionante para estos metodos. Cualquier unidad descentralizada, realiza sus actividades en un medio externo, en condiciones de incertidumbre y con deficiencias de informacion hacia los niveles superiores, motivada por que solo ellas tienen un conocimiento real del medio donde estan desarrollando sus actividades. Por tal motivo son ellas las que proponen los proyectos a realizarse. Esta situacion generalmente envuelve conflictos de puntos de vista entre la autoridad central y los niveles bajos en la toma de decisiones. Y ademas origina que las organizaciones raramente tengan una funcion objetivo clara, ya que en sus unidades descentralizadas las metas no permanecen constantes, sino que crecen con sus experiencias y se adecuan al cambiante medio externo.

La figura 2.1 presenta el Modelo Grafico del tipo de organizacion estudiada por Ruefli. El Modelo Matematico correspondiente esta compuesto de tres modelos, que a continuacion de la figura 2.1 se presentan.

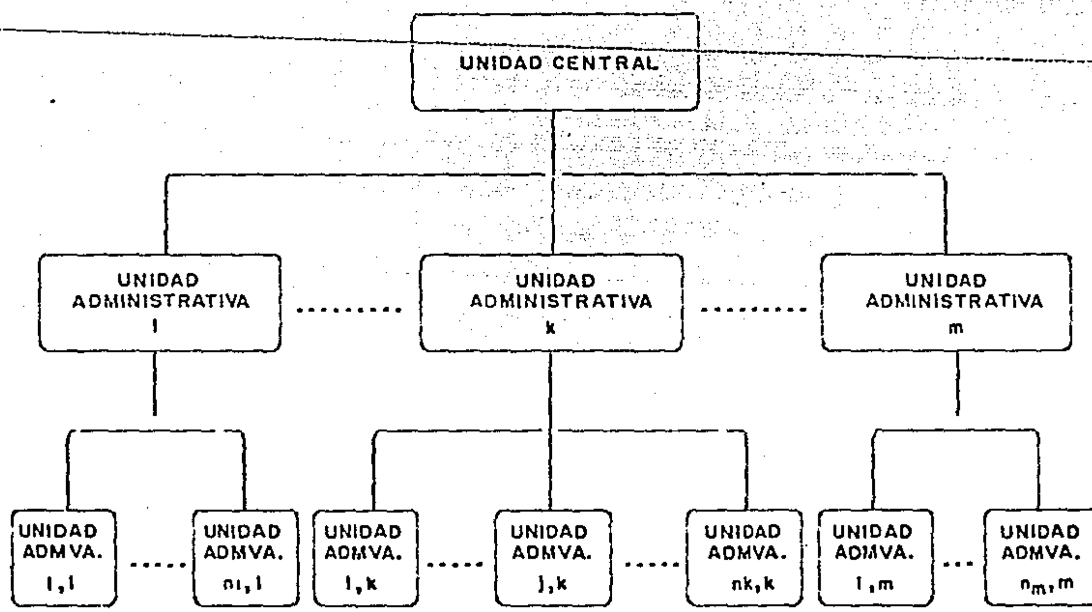

Fig. 2.1: Modelo Grafico de una organizacion Jerarquica estructurada en tres niveles.

MODELO 1: DEL PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MAXIMIZAR} \quad \sum_{k=1}^{m} \Pi_k^{(t)} G_k \tag{2.1}$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{k=1}^{m} P_k \, G_k \leq G_o \,, \quad G_k \geq 0, \qquad k=1,2,..,m$$

donde:

G_k Es un vector $(m_k \times 1)$ cuyos componentes son los recursos y y metas asignados asignados a la k - esima Unidad Admitiva.

G_o es un vector (m_o x1) cuyos componentes son los recursos de que dispone la unidad central.

P_k es una matriz (m_o x m_k) que relaciona los m_k componentes del vector G_k con los m_o componentes de G_o.

$\Pi_k^{(t)}$ es un vector de precios sombra correspondientes a la iteracion t asociados a las restricciones del modelo siguiente. [1]

MODELO 2: DEL PROBLEMA DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS

$$\text{MINIMIZAR } W_k^{+} Y_k^{+} + W_k^{-} Y_k^{-} \qquad (2.2)$$

$$\text{SUJETO A: } \sum_{j=1}^{n_k} A_{j,k} X_{j,k} - I_{m_k} Y_k^{+} + I_{m_k} Y_k^{-}\ G_k = 0$$

$$0 \leq X_{j,k} \leq 1, \qquad j = 1,\ldots\ldots,n$$

$$Y_k^{+} \geq 0, \qquad k = 1,\ldots.,m$$

$$Y_k^{-} \geq 0$$

donde:

Y_k^{+}, Y_k^{-} son vectores (m_k x 1) que contienen respectivamente las las desviaciones positivas y negativas de logros obtenidos por la unidad administrativa k con respecto a las metas G_k asignadas.

W_k^{+}, W_k^{-} son vectores (1 x m_k) que contienen ponderaciones o sea pesos relativos para cada tipo de desviacion ya sea positivas o negativas existiendo en cada tipo de meta contenida en G_k. [2]

---

[1]. *En el apendice III se dedican algunas lineas a la interpretacion economica de estos precios.*

[2]. *A diferencia de los problemas mas generales y solubles mediante Programacion por Metas, el modelo considerado por Ruefli supone que las ponderaciones son establecidas cuantitativamente, y*

n_k es la cantidad de proyectos presentados a la unidad administrativa k por sus unidades operativas. [3]

X_{jk} representa la fraccion del proyecto j ($1 \leq j \leq n_k$) que ha sido aceptado, donde X_{jk} tambien es conocida como nivel de actividad del proyecto j. [4]

A_{jk} es un vector ($m_k \times 1$) que contiene los atributos del proproyecto j en terminos de contribucion al logro de G_k.

I_{m_k} es la matriz identidad ($m_k \times m_k$).

El modelo 2.2 , no es algo mas que el modelo de la asignacion de recursos presentado en terminos del modelo de Programacion de metas. Verbalmente, este modelo puede plantearse de la siguiente manera:

Determinar los niveles de actividad para cada elemento de un conjunto de proyectos considerando sus atributos(caracteristicas cualitativas), de tal manera que las desviaciones ponderadas de los logros con respecto a las metas, sean minimas.

MODELO 3: DEL PROBLEMA DE UNIDADES OPERATIVAS

$$\text{MINIMIZAR } \Pi_k^{(t)} A_{jk} \qquad (2.3)$$

$$\text{SUJETO A: } D_{jk} A_{jk} \geq F_{jk} , \quad A_{jk} \geq 0,$$

donde:

F_{jk} es un vector ($N_{jk} \times 1$) el cual contiene el conjunto de requisitos que minimamente debe satisfacer el proyecto j.

D_{jk} es una matriz ($N_{jk} \times m_k$) cuyos componentes son coeficientes tecnologicos

----

asigna dicha tarea a la unidad central. En la practica la determinacion de ponderaciones no cualitativas puede acarrear ciertos problemas. Una forma de salvar los obstaculos que se pueden presentar durante este proceso, es utilizando el metodo de Degroot (DeGroot (18), Aumann (5), Berger (8)).

[3] *El modelo, tal como esta planteado, supone la presentacion de un solo proyecto por cada unidad operativa.*

[4] *En caso de no aceptarse fracciones de proyectos, el problema se transforma en uno de programacion booleana por metas.*

Expresado verbalmente, el problema de las unidades operativas se plantea como sigue:

> Obtener las caracteristicas del proyecto " j " en terminos de su contribucion al logro del vector de metas G_k de tal manera que se minimice el costo de dicho proyecto, al tiempo que se satisfacen los requisitos minimos para su operacion.

2.2 ALGORITMO DE SOLUCION.

Ruefli (<30>, pag. B-508) propone, para su problema, un proceso de solucion iterativo en el que se involucran, en todo momento, los tres niveles de la estructura organizacional bajo consideracion. En general, el modelo generalizado de descomposicion de metas, se presenta como un modelo de decision de periodo simple al cual se revisa, extiende y transforma en un modelo de planeacion para periodos multiples. Para ello emplea un Algoritmo de busqueda iterativa como metodo apropiado de solucion, que salvo ligeros cambios realizados con el fin de hacerlo mas comprensible, se presenta a continuacion:

El proceso se inicia con la definicion por parte de la Unidad Central, del vector de metas inicial $G_k^{(0)}$, $1 \leq k \leq m$. La primera iteracion se realiza en las siguientes etapas:

a.- La Unidad Administrativa "k" resuelve su roblema (solucion del modelo 2) usando el vector de metas G_k (0) Hecho esto, calcula las variables duales (precios sombra) correspondientes a la solucion de su problema. Calculados los precios sombra, son inmediatamente transmitidos tanto a la Unidad Central como a sus N_k Unidades Operativas.

b.- Las Unidades Operativas resuelven su problema (solucion del modelo 3) utilizando los precios sombra que les transmitieron sus Unidades Administrativas supraordenadas. La solucion de su problema consiste en la determinacion de las caracteristicas o atributos cualitativos para la propuesta de proyecto que haran a su Unidad Administrativa respectiva. La j,k - esima Unidad Operativa recibe los precios sombra $\Pi_k(1)$ de la k-esima Unidad Administrativa, con los cuales generan los atributos $A_{jk}(1)$ de su proyecto. Dichos atributos son inmediatamente dados a conocer a la Unidad Administrativa "k".

c.- La Unidad Central utiliza los precios sombra $\Pi_k(1)$ en el modelo 1; con el fin de generar un nuevo vector de metas $G_k(1)$ para cada Unidad Administrativa.

A partir de ahora, cualquiera que sea la iteracion t, t > 1, el proceso se realiza como se indica a continuacion (ver la figura 2.2):

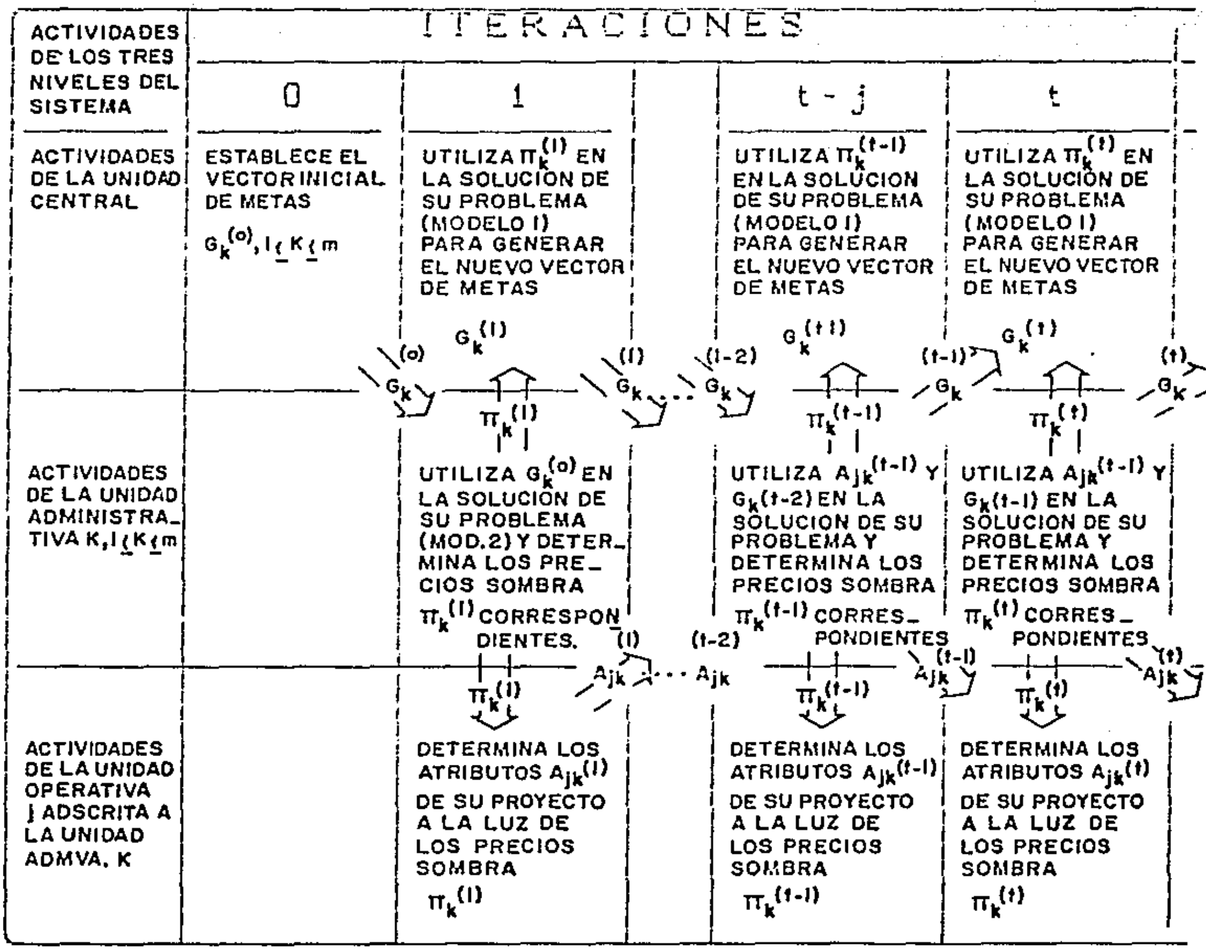

Fig. 2.2: Proceso de solucion propuesto por Ruefli (con ligeras modificaciones) al problema de la asignacion de recursos para la Investigacion y Desarrollo en Organizaciones Descentralizadas en estructuradas en tres niveles.

d.- La Unidad Administrativa k recibe los vectores $G_k(t-1)$ y los atributos $A_{jk}(t-1)$ de los proyectos que enviaron sus Unidades Operativas, y los considera en la solucion de su problema (solucion del modelo 2). Hecho esto calcula los precios sombra $\Pi_k(t)$ correspondientes. Una vez que se conocen estos indicadores son inmediatamente transmitidos tanto a la Unidad Central como a sus Unidades Operativas.

e.- Las Unidades Operativas reciben los precios sombra $\Pi_k(t)$ con lo cual determinan (al resolver el modelo 3) un nuevo vector atributos $A_{jk}(t)$ para ser enviado a sus respectivas Unidades Admitivas. Supraordenadas.

f.- La Unidad Central utiliza los precios sombra $\Pi_k(t-1)$ (en el modelo 1) con el fin de generar un nuevo conjunto de vectores $G_k(t)$ para sus Unidades Administrativas.

Ruefli hace la siguiente afirmacion : Si los vectores de metas, alternativas de proyectos y precios sombra se generan utilizando las reglas del Metodo Simplex, el proceso terminara en un numero finito de iteraciones]. Ruefli justifica su afirmacion diciendo que ella se deriva de la Teoria de la Programacion Lineal Generalizada, y cita, a manera de prueba, a G.B. Dantzig, <14>, y a G.B. Dantzig, A. Orden y P. Wolfe, <15>. Para adecuar su modelo al de Programacion Lineal Generalizada de Wolfe, Ruefli establece el supuesto de que los vectores de atributos A_{jk} en los submodelos 2 y 3 son elementos de un poliedro convexo S_{jk} (Ver Apendice IV). Desafortunadamente, a pesar de este supuesto, no se ve la manera en que los submodelos 2 y 3 puedan integrarse en un modelo del tipo A4.1 [5] de manera que el submodelo 2 fuese equivalente al problema principal A4.4 y el submodelo 3 hiciese lo correspondiente con el subproblema A4.9. Ruefli aboga tambien por la solucion, via Programacion Lineal Generalizada, del problema que involucra a los submodelos 1 y 2, para lo cual supone que tambien los vectores G_k de metas son extraidos de determinado poliedro convexo finito S_k (o). Tampoco en este caso se vislumbra la manera en que algun problema del tipo A4.1 pueda resolverse teniendo como problema principal al submodelo 1, y como subproblemas a los correspondientes al submodelo 2.

----

[5]: *Recuerde que el simbolo AM, N donde M y N son enteros positivos, 1< M< 5, se refiere a expresiones presentadas en el Apendice AM.*

Ademas, si bien Ruefli propone la solucion iterativa de un supuesto modelo del tipo A4.1 via submodelos 1 y 2, cae en serias contradicciones en cuanto a la solucion del problema del mismo tipo que debiera resolverse haciendo interactuar a los submodelos 2 y 3. En efecto, a este ultimo no le permite resolverse en forma iterativa (ver fig. 2.2, asi como los incisos d y e de la pagina anterior) aun cuando en la pagina B-510 de su trabajo hace mencion a un proceso iterativo finito que involucra a las unidades administrativas y a sus correspondientes unidades operativas subordinadas. Por consiguiente, a menos que se pudiesen resolver las dudas que produce este analisis, y que se aclararan las contradicciones presentes en el trabajo de Ruefli, no se justifica la afirmacion:

> Puesto que el proceso iterativo del Modelo Generalizado de Descomposicion de Metas, como un todo, esta compuesto enteramente de procesos probadamente finitos y, a su vez, factibles de ser descompuestos en problemas Finitos, entonces el proceso, como un todo, es finito. (<30>, pagina B - 510).

2.3 OBSERVACIONES AL MODELO

El primero en observar algunos inconvenientes en la formulacion de la solucion propuesta por Ruefli fue, segun se hizo notar en la introduccion de este capitulo, James R. Freeland, (<19>). Freeland va mas alla de la observacion que aqui se hace referente a la interaccion entre los submodelos 1 y 2 del modelo de Ruefli. [6]

El demuestra, recurriendo a algunas de las observaciones que acertadamente Ruefli hace a su modelo, que por lo que se refiere al proceso iterativo entre los submodelos 1 y 2, este puede generar soluciones no optimas, con lo cual se demuestra que, en efecto, en lo que respecta a la interaccion entre estos submodelos, no es posible recurrir a las Tecnicas de Programacion Lineal Generalizada como via de solucion.

----

[6]: *Los cuestionamientos que aqui se hacen al modelo de Ruefli y que aparecen en la pagina anterior, surgieron teniendo como unica referencia el trabajo del mismo Ruefli.*

Freeland tiene razon al indicar que, de acuerdo a la teoria de la Programacion Lineal, la Unidad Central solo puede generar puntos de frontera (generalmente puntos extremos), pero que, segun mismo Ruefli lo hace notar, (<30>, pag. B-510), el vector de metas optimo para la unidad administrativa k puede no ser uno de estos puntos. Freeland propone entonces el Algoritmo de Benders (ver Apendice V) para eliminar las deficiencias del metodo de Ruefli.[7]

Para aplicar el Algoritmo de Benders, Freeland propone sustituir el submodelo 1 de Ruefli por el siguiente problema:

MODELO 1: MODELO FREELAND DEL PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MINIMIZAR} \quad \sum_{k=1}^{n} \sigma_k^{(t)} \tag{2.4}$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sigma_k^{(t)} \geq D_k^o(G_k^s) - \Pi_k^s [G_k^s - G_k^{(t+1)}]$$

$$1 \leq k \leq m, \qquad 1 \leq s \leq t$$

$$\sum_{k=1}^{m} P_k G_k^{(t+1)} \leq G_o$$

$$G_k^{(t+1)} \geq 0, \quad k = 1,\dots, m,$$

En donde $D_k^*(G_k^s)$ es el valor optimo de la funcion objetivo de la unidad administrativa k cuando se le asigna el vector de metas G_k (s).

----

[7]: *Se debe indicar que Freeland no aborda el problema de la interaccion entre las Unidades Administrativas y sus Unidades Operativas (interaccion del submodelo 2 con el submodelo 3). Esto se debe a que segun Freeland esta parte del Algoritmo de Ruefli esta libre de Fallas.*

Una interpretacion al modelo Freeland de la Unidad Central (Submodelo 1) es la siguiente:

El valor optimo $D_k G_k$ de la funcion objetivo de la Unidad Administrativa k, es una medida de la ineficiencia de la unidad k para lograr las metas que le fueron asignadas. Por consiguiente, en la iteracion t la unidad central busca determinar si existe alguna otra particion de sus metas y recursos que pudiera disminuir la suma de las ineficiencias de sus unidades administrativas, y que simultaneamente satisfaga (claro esta) sus propios requerimientos. La primera restriccion de 2.4 establece que la estimacion que hace la unidad central de la ineficiencia de la unidad administrativa k debe ser mayor que la ineficiencia minima de la unidad administrativava k cuando se le asigna la meta G_k (s) , menos la porcion Π (s)G_k(s) de la ineficiencia de la unidad k que es directamente atribuible a las metas que establece la unidad central en la iteracion "s", mas un estimador de la ineficiencia que causaran las metas que se asignen durante la iteracion corriente.

Freeland sugiere consultar su tesis doctoral, si se quiere realizar una discusion profunda del procedimiento de solucion que el propone al Modelo de Ruefli. Desafortunadamente, aun cuando no se tuvo la posibilidad de consultar dicha tesis, todo parece indicar que tampoco el intento un programa computacional o una aplicacion, ya que de lo contrario se hubiese dado cuenta que tanto su modificacion, como la parte del modelo de Ruefli que el considero sin fallas, aun adolecian de imprecisiones teoricas que invalidaban la optimalidad de las soluciones generadas por sus respectivos algoritmos.

En un trabajo reciente, W.J.Davis y D.F. Whitford <17>, despues de opinar que la reformulacion de Freeland aun posee fallas computacionales, proponen una serie de medidas para eliminarlas. El primer paso dado por Davis y Whitford es reformular la ecuacion 2.2, (submodelo 2 del modelo de Ruefli), de manera que considere combinaciones convexas de los vectores de atributos correspondientes a los proyectos generados por las Unidades Operativas. El proposito de esto es preparar el camino

----

[8]: *Freeland, James, R...1973. Conceptual Model of the Resourse Allocation Process in Hierarchical Decentralized Organizations. Tesis Doctoral no publicada. Instituto Tecnologico de Georgia.*

para que las unidades administrativas y las operativas interactuen via el algoritmo de descomposicion de Dantzig y Wolfe. Para justificar esto, Davis y Whitford indican, acertadamente, que al considerar estas combinaciones convexas, es un requisito para la aplicacion algoritmo de Dantzig-Wolfe, y que aun cuando tanto Ruefli como Freeland hacen uso de este principio, ninguno demuestra explicitamente como adecuar dicha restriccion en el modelo. Lo anterior se debe de recalcar como muy importante para los efectos del presente estudio, ya que el modelo que se propone en esta tesis aplica el algoritmo de Dantzing-Wolfe en su desarrollo teorico y aplicacion practica.

La nueva formulacion a la ecuacion 2.2, dada por Davis y Whitford (D-W) es la siguiente:

MODELO 2: MODELO D - W DEL PROBLEMA DE UNIDADES OPERATIVAS:

$$\text{MINIMIZAR} \quad W_k^{+} Y_k^{+} + W_k^{-} Y_k^{-}$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{s=1}^{t} \sum_{j=1}^{nk} A_{j,k}^{(s)} X_{j,k}^{(s)} - I_{mk} Y_k^{+} + I_{mk} Y_k^{-} - G_k^{(t)} = 0 \qquad (2.5)$$

$$\sum_{s=1}^{t} X_{j,k}^{(s)} = 1, \quad j=1,\ldots,nk$$

$$X_{j,k}^{(s)} \geq 0, \quad j=1,\ldots,nk\ ;\ s=1,\ldots,t,$$

$$Y_k^{+},\ Y_k^{-} \geq 0$$

No se profundizara en la manera en que Davis y Whitford concluyen su trabajo. A decir verdad, aun sus observaciones y modificaciones al problema de Ruefli dejan, salvo mejor opinion, lagunas teoricas que invalidan su solucion. Por esta razon se ha preferido proponer una propia version del problema que, aunque inspirada en los trabajos originales de Ruefli, incluyen una demostracion clara de su solubilidad y establecen el algoritmo de solucion correspondiente.

CAPITULO III

PROPUESTA Y DESARROLLO DE UN MODELO PARA ASIGNACION DE RECURSOS

Los primeros trabajos relacionados con la problematica de asignacion de recursos desarrolladas en la decada de los 60, sirvieron de base para el modelo propuesto por Ruefli. Sin embargo, dicho modelo no puede representar la problematica de una organizacion descentralizada respecto al procesamiento de informacion y toma de decisiones. Es por ello que Freeland hace algunas modificaciones y propone un algoritmo de solucion basado en el metodo de descomposicion de Benders. Aun cuando la observacion de Freeland es correcta su metodo de solucion es incorrecto como lo demuestran recientemente W.J. Davis y D.T. Whitford. Los mismos autores proponen los cambios necesarios al modelo y su solucion.

La aplicacion del modelo de Ruefli al caso del Sector Publico, enfrenta dificultades de indole teorico; tales dificultades se deben a diversas imprecisiones y fallas contenidas en el algoritmo de Ruefli. En este capitulo se describe el modelo de asignacion de recursos a organizaciones descentralizadas estructuradas en tres niveles jerarquicos y se formula su correspondiente metodo de solucion; secciones 3.1 y 3.2 respectivamente. El metodo esta implantado en una microcomputadora compatible IBM (apendice VI) y un ejemplo Ilustrativo de su aplicacion se muestra en la seccion 3.3.

3.1 CONCEPTUALIZACION DEL MODELO

Si consideramos una organizacion jerarquica estructurada en tres niveles (ver figura 2.1); su Modelo matematico estaria representado tipicamente por la estructura siguiente:

$$\text{MINIMIZAR} \quad b_o^t\, Y_o + \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n_k} \left[W_k^{+(i)}\, Y_k^{+(i)} + W_k^{-(i)}\, Y_k^{-(i)} \right] \tag{3.1}$$

SUJETO A:

$$A_k^{(i)} Y_o + B_k^{(i)} Y_k^{(o)} + F_k^{(i)} Y_k^{(i)} - I_{m_{(i,k)}} Y_k^{+(i)} + I_{m_{(i,k)}} Y_k^{-(i)} = G_k^{(i)}$$

$$Y_o \,,\, Y_k^{(o)} \,,\, Y_k^{(i)} \geq 0, \qquad 1 \leq i \leq n_k, \; 1 \leq k \leq m$$

en donde:

b_o Es un vector de recursos comunes a toda la organizacion.

$G_k^{(i)}$ Es el vector de metas asignadas a la unidad operativa (i,k) (Es decir: a la i-esima unidad operativa asignda a la unidad administrativa "k").

$Y_k^{+(i)}$, $Y_k^{-(i)}$ Son las desviaciones (positivas y negativas respectivamente) de los logros con respecto a las metas $G_k^{(i)}$ asignadas a la unidad operativa (i,k).

$W_k^{+(i)}$,$W_k^{-(i)}$ Son vectores de ponderaciones (cuantitativas) asignadas, respectivamente a las desviaciones $Y_k^{+(i)}$ y $Y_k^{-(i)}$.

$A_k^{(i)}$, $B_k^{(i)}$, $F_k^{(i)}$ Son matrices de coeficientes tecnologicos las cuales al multiplicarse con Y_o , $Y_k^{(o)}$ y $Y_k^{(i)}$, producen respectivamente la participacion (con actividades, produccion, recursos, etc.) de la unidad central, la unidad administrativa y la unidad operativa, al logro de la metas asignadas a esta ultima.

Y_o,Y_k^{o},$Y_k^{(i)}$ Son vectores de variables continuas de decision y representan el nivel de participacion en actividades, produccion o recursos, con que la unidad central, la unidad administrativa y la unidad operativa contribuyen al logro de $G_k^{(i)}$ y particularmente $Y_k^{(i)}$ representa el nivel de actividad del proyecto a realizar por la unidad operativa (i,k).

Como se deduce de (3.1), este modelo supone que los logros de la organizacion se efectuan a traves de proyectos cuya realizacion se deja a cargo de las unidades operativas. Ademas para lograr las metas de cualquiera de estos proyectos deben intervenir, eficientemente, tanto la unidad central como la unidad administrativa a que esta asignada la unidad operativa en cuestion. La contribucion al logro de un conjunto particular de metas $G_k(i)$, por parte de la unidad central es $A_k(i)\,Y(o)$ mientras que la contribucion de la unidad administrativa es $B_k(i)Y_k(0)$. La unidad operativa (i,k), contribuye al logro de $G_k(i)$ mediante $F_k(i)\,Y_k(i)$. La suma de estas contribuciones puede o no lograr las metas propuestas. El sobrelogro de la meta $G_k(i)$ esta presente en $Y_k^-(i)$. El modelo plantea el problema de determinar los niveles de actividad de los proyectos asi como los coeficientes de utilizacion de los recursos propios de las unidades administrativas y de la unidad central, de manera que se optimice su utilizacion a la vez que se minimiza la suma ponderada de las desviaciones de los logros con respecto a las metas de organizacion.

Observemos que (3.1) admite tambien la siguiente representacion:

$$\text{MINIMIZAR } b_o^t Y_o + \sum_{k=1}^{m} \left(W_k^+ Y_k^+ + W_k^- Y_k^- \right)$$

SUJETO A: (3.2)

$$A_k Y_o + B_k Y_k - I_{m_k} Y_k^+ + I_{m_k} Y_k^- = G_k,$$

$$Y_o, Y_k, Y_k^+, Y_k^- \geq 0, \quad k = 1,..,m$$

en donde:

$$W_k^+ = \left(W_k^{+(1)}, W^{+(2)}, \ldots\ldots, W_k^{+(nk)} \right)$$

$$W_k^- = \left(W_k^{-(1)}, W_k^{-(2)}, \ldots\ldots, W_k^{-(nk)} \right)$$

$$
Y_k = \begin{bmatrix} Y_k^{(o)} \\ Y_k^{(1)} \\ Y_k^{(2)} \\ \vdots \\ Y_k^{(nk)} \end{bmatrix}, Y_k^{+} = \begin{bmatrix} Y_k^{+(1)} \\ Y_k^{+(2)} \\ \vdots \\ Y_k^{(nk)} \end{bmatrix}, Y_k^{-} = \begin{bmatrix} Y_k^{-(1)} \\ Y_k^{-(2)} \\ \vdots \\ Y_k^{-(nk)} \end{bmatrix}, A_k = \begin{bmatrix} A_k^{-(1)} \\ A_k^{-(2)} \\ \vdots \\ A_k^{(nk)} \end{bmatrix}, G_k = \begin{bmatrix} G_k^{(1)} \\ G_k^{(2)} \\ \vdots \\ G_k^{(nk)} \end{bmatrix} \tag{3.3}
$$

$$
B = \begin{bmatrix} B_k^{(1)} & F_k^{(1)} & & \\ B_k^{(2)} & & F_k^{(2)} & \\ \vdots & & & \ddots & \\ B_k^{(nk)} & & & & F_k^{(nk)} \end{bmatrix}, \qquad I = \begin{bmatrix} I_{m_{(1,k)}} & & & \\ & I_{m_{(2,k)}} & & \\ & & \ddots & \\ & & & I_{m_{(nk,k)}} \end{bmatrix}
$$

A partir de (3.2) es facil obtener el siguiente sistema equivalente a (3.1):

MINIMIZAR

$$
b_o^t Y_o + [\,O\,Y_1 + W_1 Y_1 + W_1 Y_1\,] + [\,O\,Y_2 + W_2 Y_2 + W_2 Y_2\,] + \dots\dots\dots\dots
$$
$$
\dots\dots + [\,O\,Y_m + W_m Y_m + W_m Y_m\,]
$$

SUJETO A:

$$
\begin{pmatrix}
A_1 & B_1 - I_{m_1} I_{m_1} & & \\
A_2 & & B_2 - I_{m_2} I_{m_2} & \\
\vdots & & & \ddots \\
A_m & & & & B_m - I_{m_m} I_{m_m}
\end{pmatrix}
\begin{pmatrix}
Y_o \\ Y_o^+ \\ Y_1^- \\ Y_2^+ \\ Y_2^- \\ \vdots \\ Y_m \\ Y_m^+ \\ Y_m^-
\end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix}
G_1 \\ G_2 \\ \vdots \\ G_m
\end{pmatrix}
\qquad (3.4)
$$

$$Y_o \,,\; Y_k \,,\; Y_k^+ \,,\; Y_k^- \geq 0 \,, \quad k = 1,\ldots,m$$

Este problema, a primera vista, puede desarmar a los especialistas debido a su enorme numero de restricciones $(n_1 + \ldots + n_m)$. Su dual es menos atractivo aun, ya que en este caso el numero de restricciones es todavia mayor. Sin embargo su dual invita a la utilizacion del Algoritmo de Dantzing-Wolfe, como via de solucion. En efecto, tenemos:

DUAL DEL PROBLEMA 3.4:

MAXIMIZAR $\quad G_1^t \, \Pi_1 + G_2^t \, \Pi_2 + \ldots + G_m^t \, \Pi_m$

SUJETO A:

$$\begin{pmatrix} A_1^t & A_2^t & \cdots\cdots & A_m^t \\ B_1^t & & & \\ -I_{m1} & & & \\ I_{m1} & & & \\ & B_2^t & & \\ & -I_{m2} & & \\ & I_{m2} & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_m^t \\ & & & -I_{mm} \\ & & & I_{mm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \vdots \\ \Pi_m \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} b_o \\ O \\ W_1^{+t} \\ W_1^{-t} \\ W_2^{+t} \\ W_2^{-t} \\ \vdots \\ O \\ W_m^{+t} \\ W_m^{-t} \end{pmatrix}$$

Π_k , $1 \leq k \leq m$, sin restriccion de signo

Este problema puede resolverse como se muestra a continuacion:

$$\text{MAXIMIZAR} \quad \sum_{k=1}^{m} C_k^t \; \Pi_k$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{k=1}^{m} A_k^t \; \Pi_k \leq b_o$$

$$\begin{pmatrix} B_k \\ -I_{mk} \\ I_{mk} \end{pmatrix} \Pi_k \leq \begin{pmatrix} O \\ W_k^{+t} \\ W_k^{-t} \end{pmatrix}$$

$$\Pi_k \, , \quad 1 \le k \le m, \ \text{sin restriccion de signo.}$$

O tambien escrito como un problema de minimizacion:

$$\text{MINIMIZAR: } (-G_1^t \, \Pi_1) + (-G_2^t \, \Pi_2) + \dots\dots + (-G_m^t \, \Pi_m)$$

$$\text{SUJETO A:} \quad A_1^t \, \Pi_1 + A_2^t \, \Pi_2 + \dots\dots\dots + A_m^t \, \Pi_m \le b_o$$

$$(3.5) \qquad \begin{array}{llll}
\begin{pmatrix} B_1^t \\ -I_{m1} \\ I_{m1} \end{pmatrix} \Pi_1 & & & \le \begin{pmatrix} 0 \\ W_1^{+t} \\ W_1^{-t} \end{pmatrix} \\
& \begin{pmatrix} B_2^t \\ -I_{m2} \\ I_2 \end{pmatrix} \Pi_2 & & \le \begin{pmatrix} 0 \\ W_2^{+t} \\ W_2^{-t} \end{pmatrix} \\
& & \ddots \begin{pmatrix} B_m^t \\ -I_{mm} \\ I_{mm} \end{pmatrix} \Pi & \le \begin{pmatrix} 0 \\ W_m^{+t} \\ W_m^{-t} \end{pmatrix}
\end{array}$$

$$\Pi_k \, , \quad 1 \le k \le m, \ \text{sin restriccion de signo.}$$

Esta forma del dual de 3.4 tiene esencialmente la misma estructura del problema a 3.1 (ver apendice III), por lo cual su solucion puede obtenerse via el Principio de Descomposicion de Dantzing-Wolfe.

La logica en estos momentos sugiere descartar la utilizacion del Metodo Simplex Primal que se describio completamente en el apendice III para la solucion de un problema como 3.5 . El argumento mas poderoso para justificar una accion asi, es que el metodo simplex primal resuelve el problema sujeto a descomposicion, en este caso el 3.5 , pero no su dual, que en este caso es el 3.1 (o, en forma equivalente, el 3.4) y el cual es el que protagoniza el presente trabajo. De acuerdo a un razonamiento como este, la descomponsicion de 3.5, se haria utilizando el Metodo Simplex Dual o el Primal-Dual, dando lugar a un problema principal de tipo lineal y a "m" subproblemas de programacion fraccional que se dan a continuacion (ver 24), seccion 3.11.2):

PROBLEMA PRINCIPAL:

PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MINIMIZAR} \quad Z = \sum_{i,j} f_{ij} \lambda_{ij} \qquad (3.6)$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{i,j} p_{ij} \lambda_{ij} \leq b_o$$

$$\sum_{j} \lambda_{ij} \leq 1, \quad i=1,\ldots,m$$

donde:

$$f_{ij} = C_i^t \, \Pi_i^j, \quad y \quad p_{ij} = A_i^t \, \Pi_i^j$$

Siendo Π_i^j los puntos extremos del poliedro convexo acotado finito:

$$\begin{pmatrix} B_i^t \\ -I_{mi} \\ I_{mi} \end{pmatrix} \Pi_k \leq \begin{pmatrix} O \\ W_i^+ \\ W_i^- \end{pmatrix}$$

SUBPROBLEMAS:

PROBLEMAS DE LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS Y DE LAS UNIDADES OPERATIVAS:

$$\text{MINIMIZAR} \quad \frac{\left(G_k^t - \Theta A_k^t \right) \Pi_k \Theta_{ok}}{\sigma A_k^t \Pi_k + \sigma_{ok}} \qquad (3.7)$$

SUJETO A:

$$\begin{bmatrix} B_k^t \\ -I_{m_k} \\ I_{m_k} \end{bmatrix} \Pi_k \leq \begin{bmatrix} 0 \\ W_k^+ \\ W_k^- \end{bmatrix}$$

Π_k no restringido en signo.

donde:

Θ es el precio sombra asociado a $\sum_{i,j} p_{ij} \lambda_{ij} \leq b_o$

Θ_{ok} es el precio sombra asociado a $\sum_{j} \lambda_{ij} = 1$

σ, σ_{ok} son precios sombra asociados a otras restricciones propias del algoritmo primal-dual.

Cada uno de estos subproblemas puede descomponerse de nuevo solo que esta vez en problemas de programacion fraccionaria, uno correspondiente a cada unidad administrativa, y uno por cada unidad operativa involucrada. Desafortunadamente, ademas de los problemas que acarrea la programacion fraccionaria, la interpretacion economica a cada uno de los problemas resultantes es bastante dificil, por lo que resulta atractivo explorar la posibilidad que la logica en principio sugeria descartar, es decir, la que utiliza el metodo simplex primal para resolver el problema 3.5. Bajo este metodo, 3.5 se descompone en un problema principal como el 3.6 y en los siguientes m subproblemas lineales que por su naturaleza, deben resolverse para cada uno de los M bloques de unidades administrativas y unidades operativas:

$$\text{MAXIMIZAR } \left(G_k^t - \Theta_k^t \right) \Pi_k$$

SUJETO A:

$$\begin{bmatrix} B_k^t \\ -I_{mk} \\ I_{mk} \end{bmatrix} \Pi_k \leq \begin{bmatrix} 0 \\ W_k^+ \\ W_k^- \end{bmatrix} \qquad (3.8)$$

$$\Pi_k \quad \text{sin restriccion de signo,}$$

En donde Θ es el precio sombra asociado a $\sum_{i,j} p_{ij} \lambda_{ij} \leq b_o$

En estos momentos se aliviara parte de la preocupacion inicial que orillaba a descartar el metodo simplex primal para resolver 3.5.

En efecto, puesto que Θ es el vector de precios sombra asociado a la restriccion $\Sigma\ p_{ij}\ \lambda_{ij} \leq b_o$ de la ecuacion 3.6, y tambien sera el precio sombra asociado a la ecuacion:

$$A_1^t\ \Pi_1 + A_2^t\ \Pi_2 + \ldots\ldots + A_m^t\ \Pi_m \leq b_o$$

del sistema 3.5, por lo que en la ultima interaccion del algoritmo

Dantzig-Wolfe (i.e., en la situacion que determina el optimo de 3.6 y por ende 3.5) - debera ser el valor optimo del coeficiente de b_o en el sistema dual de 3.5 , es decir, en 3.4. Luego, suponiendo que Θ se determina aplicando el algoritomo Dantzing Wolfe, al problema 3.4 se puede reformular como sigue:

$$\text{MINIMIZAR} \quad \sum_{k} \left[W_k^+ \; Y_k^+ + W_k^- \; Y_k^- \right]$$

$$\text{SUJETO A:} \quad B_k Y_k - I_{m_k} Y_k^+ + I_{m_k} Y_k^- = C_k - A_k \Theta^t, \quad k = 1,\ldots,m$$

Luego, bajo el supuesto de que se determina previamente, 3.4 se descompone en m problemas independientes, uno por cada bloque de unidades administrativas - unidades operativas. La forma del K-esimo de estos problemas es la siguiente:

$$\text{MINIMIZAR} \quad W_k^+ Y_k^+ + W_k^- \; Y_k^- \qquad (3.9)$$

$$\text{SUJETO A:} \quad B_k \; Y_k - I_{m_k} Y_k^+ + I_{m_k} Y_k^- = C_k - A_k \; \Theta^t ;$$

Es claro que esta misma conclusion se podria haber llegado si al obtener 3.8 se hubiese procedido de inmediato a investigar su dual, el cual es precisamente 3.9.

Queda todavia la tarea de determinar Y_k ,Y_k^+ y Y_k^- .

Estos vectores, claro esta, pueden obtenerse resolviendo (3.9). Sin embargo puesto que (3.8) es susceptible de ser resuelto via el Algoritmo de Descomposicion de Dantzing-Wolfe, se procedera a descomponerlo como parte del mecanismo de busqueda de la solucion deseada.

Como paso previo a la descomposicion se pondra (3.8) en una forma que haga inmediata la aplicacion del algoritmo de Dantzing-Wolfe. Con este fin se escribiria (3.8) de la siguiente forma:

$$\text{MAXIMIZAR} \quad (G_k^t - \Theta\ A_k^t)\ \Pi_k$$

SUJETO A:

$$\begin{bmatrix} B^{t(1)} & B^{t(2)} & \cdots & B^{t(n_k)} \\ F_k^{t(1)} & & & \\ & F_k^{t(2)} & & \\ & & \ddots & \\ & & & F_k^{t(n_k)} \\ -I_{m1,k} & & & \\ & -I_{m2,k} & & \\ & & \ddots & \\ & & & -I_{m(n_k,k)} \\ I_{m1,k} & & & \\ & I_{m2,k} & & \\ & & \ddots & \\ & & & I_{m(n_k,k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1,k} \\ \epsilon_{2,k} \\ \vdots \\ \epsilon_{nk,k} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 0 \\ W_k^+ \\ W_k^- \end{bmatrix}$$

$\epsilon_{i,k}$, $1 \leq i \leq n_k$, no restringida.

Rearreglando estas ecuaciones se obtiene:

MAXIMIZAR:

$$\left[G_k^{(1)} - \Theta\ A_k^{(1)}\right]\epsilon_{1,k} + \left[G_k^{(2)} - \Theta\ A_k^{(2)}\right]\epsilon_{2,k} + \ldots + \left[G_k^{(nk)} - \Theta\ A_k^{(nk)}\right]\epsilon_{n_k,k}$$

SUJETO A:

$$\begin{pmatrix} B_k^{t(1)} & B_k^{t(2)} & \cdots\cdots & B_k^{t(nk)} \\ F_k^{t(1)} & & & \\ -I_{m(1,k)} & & & \\ I_{m(2,k)} & & & \\ & F_k^{t(2)} & & \\ & -I_{m(2,k)} & & \\ & I_{m(2,k)} & & \\ & & \ddots & \\ & & & F_k^{t(nk)} \\ & & & -I_{m(nk,k)} \\ & & & I_{m(nk,k)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,k} \\ \epsilon_{2,k} \\ \vdots \\ \epsilon_{nk,k} \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ W_1^{+} \\ W_1^{-} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 \\ W_2^{+} \\ W_2^{-} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \begin{pmatrix} 0 \\ W_{nk}^{+} \\ W_{nk}^{-} \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

$\epsilon_{1,k}$, $1 \leq i \leq n$, sin restriccion de signo.

Escrito de otra manera:

MAXIMIZAR:

$$\left[G_k^{(1)} - \Theta\, A_k^{(1)}\right]\epsilon_{1,k} + \left[G_k^{(2)} - \Theta\, A_k^{(2)}\right]\epsilon_{2,k} + \ldots + \left[G_k^{(nk)} - \Theta\, A_k^{(nk)}\right]\epsilon_{nk,k}$$

SUJETO A: $\qquad\qquad$ (3.10)

$$B_k^{t(1)}\,\epsilon_{1,k} + B_k^{t(2)}\,\epsilon_{2,k} +,\ldots,+ B_k^{t(nk)}\,\epsilon_{nk,k} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} F_k^{t(1)} \\ -I_{m(1,k)} \\ I_{m_{(1,k)}} \end{bmatrix} \epsilon_{1,k} \qquad\qquad \begin{bmatrix} O \\ W_1^+ \\ W_1^- \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} F_k^{t(2)} \\ -I_{m(2,k)} \\ I_{m_{(2,k)}} \end{bmatrix} \epsilon_{2,k} \qquad \leq \qquad \begin{bmatrix} O \\ W_2^+ \\ W_k^- \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} F_k^{t(nk)} \\ -I_{n(nk,k)} \\ I_{n_{(n_k,k)}} \end{bmatrix} \epsilon \leq \qquad \begin{bmatrix} O \\ W_k^+ \\ W_k^- \end{bmatrix}$$

$\epsilon_{1,k}$, $1 \leq i \leq k$, sin restriccion de signo

Esta forma equivalente a (3.9) puede descomponerse via Dantzig-Wolfe como sigue:

PROBLEMA PRINCIPAL

PROBLEMA DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA

$$\text{MAXIMIZAR} \sum_{i,j} f_{ij}^{*} \quad \lambda_{ij}^{*} \qquad (3.11)$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{i,j} F_{ij}^{*\,k} \quad \lambda_{ij}^{*k} \leq 0$$

$$\sum_{j} \lambda_{ij}^{*k} = 1 , \quad i = 1,\ldots,n$$

Donde:

$$f_{ij}^{*k} = \left(G_k^{(i)} - \Theta A_k^{(i)} \right)^t \epsilon_{ik}^{j}$$

$$p_{ij}^{*k} = B_k^{(i)} \epsilon_{ij}^{j}$$

ϵ_{ik}^{j}, Son los puntos extremos del poliedro convexo.

$$\begin{pmatrix} F_k^{t(1)} \\ -I_{m(i,k)} \\ I_{m(i,k)} \end{pmatrix} \epsilon_{i,k} = \begin{pmatrix} O \\ W_i^+ \\ W_i^- \end{pmatrix}$$

SUBPROBLEMAS

PROBLEMA DE LA UNIDAD OPERATIVA i,k

MAXIMIZAR $\left([\, G_k^{(i)} - \Theta A_k^{(i)} \,]^t - B_k \ \mu_k^t \right) \epsilon_{i,k}$

SUJETO A: (3.12)

$$\begin{pmatrix} F_k^{t(i)} \\ -I_{m(i,k)} \\ I_{m(i,k)} \end{pmatrix} \epsilon_{i,k} \leq \begin{pmatrix} O \\ W_i^+ \\ W_i^- \end{pmatrix}$$

donde μ_k es el precio sombra asociado a la restriccion:

$$\sum_{i,j} p_{ij}^{*k} \lambda_{ij}^{*k} \leq 0,$$ del sistema (3.11)

Ahora bien, de esta ultima afirmacion resulta que es tambien el precio sombra asociado a la restriccion:

$$B_k^{t(1)} \epsilon_{1,k} + B_k^{t(2)} \epsilon_{2,k} +,\ldots,+ B_k^{t(nk)} \epsilon_{nk} \leq 0$$

y, por consiguiente, es el coeficiente del 0 en el termino $Y_k(o)$ de la funcion objetivo de (3.1).

Resulta asi que, en el optimo se han encontrado los valores de Y_o y $Y_k(o)$, $1 \leq k \leq m$, escribiendose (3.1) como sigue:

$$\text{MINIMIZAR} \sum_{i=1}^{m} \left(W_i^+ Y_i^+ + W_i^- Y_i^- \right) \qquad (3.13)$$

SUJETO A:

$$F_k^{(i)} Y_k^{(i)} - I_{m_{(i,k)}} Y_k^{+(i)} + I_{m_{(i,k)}}^{-(i)} = G_k^{(i)} - A_k^{(i)} Y_o - B_k^{(i)} Y_k^{(o)}$$

$$1 \leq i \leq n_k, \quad 1 \leq k \leq m$$

Es claro que (3.13) puede descomponerse en $n_1+n_2+\ldots+n_k$ problemas independientes como sigue:

$$\text{MINIMIZAR} \quad W_k^{+(i)} Y_k^{+(i)} + W_k^{-(i)} Y_k^{-(i)}$$

SUJETO A: (3.14)

$$F_k^{(i)} Y_k^{(i)} - I_{m_{(i,k)}} Y_k^{+(i)} + I_{m_{(i,k)}} Y_k^{-(i)} = G_k^{(i)} - A_k^{(i)} Y_o - B_k^{(i)} Y_k^{*}$$

Este problema pudo obtenerse tambien tomando el dual de (3.12).

Todas estas consideraciones nos conducen al siguiente algoritmo de solucion de 3.1:

3.2 ALGORITMO DE SOLUCION

Proponga una solucion basica factible inicial para el siguiente problema:

PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MINIMIZAR } Z = \sum_{i,j} f_{ij}\ \lambda_{ij}$$

$$\text{SUJETO A: } \sum_{i,j} p_{ij}\ \lambda_{ij} = b_o$$

$$\sum_{j} \lambda_{ij} = 1, \quad i=1,..,m$$

en donde:

$$f_{ij} = G_i^t \Pi_i^j, \quad p_{ij} = A_i^t \Pi_i^j$$

Siendo Π_i^j puntos extremos del poliedro convexo acotado finito:

$$\begin{pmatrix} B_i^t \\ -I_{m1} \\ I_{m1} \end{pmatrix} \Pi_i = \begin{pmatrix} O \\ W_i^+ \\ W_i^- \end{pmatrix}$$

Suponga que la matriz de base inicial es M , y que el vector de multiplicadores simplex es $(Y_o, Y_{o1}, \dots, Y_{om})$, con Y asociado a la restriccion:

$$\sum_{i,j} p_{ij}\ \lambda_{ij} = b_o$$

PRIMERO Utilizando los multiplicadores, plantear los problemas siguientes:

PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA K:

$$\text{MAXIMIZAR } \sum_{i,j} f_{ij}^{*}\ \lambda_{ij}^{*}$$

SUJETO A: $\sum_{i,j} p_{ij}^{*} \lambda_{ij}^{*k} \leq 0$

$$\sum_{j} \lambda_{ij}^{*k} = 1 \ , \quad i=1,\ldots,n_k$$

donde: $f_{ij}^{*k} = \left(G_k^{(i)} - Y_o A_k^{(i)} \right)^t \epsilon_{ij}$

$$p_{ij}^{*k} = B_k^{(i)} \epsilon_{ik}$$

Donde ϵ_{ik}^{j} son los puntos extremos del poliedro convexo:

$$\begin{pmatrix} F_k^t \\ -I_{m(i,k)} \\ I_{m(i,k)} \end{pmatrix} \epsilon_{i,k} = \begin{pmatrix} O \\ W_i^+ \\ W_i^- \end{pmatrix}$$

SEGUNDO Proponga una solucion basica factible inicial para este problema.

Sea R la matriz de base incial y sean $(Y_k^{(o)}, Y_{o1}^k, \ldots, Y_{on_k}^k)$ los multiplicadores simplex correspondientes.

TERCERO Resuelva los siguientes problemas:

PROBLEMA DE LAS UNIDADES OPERATIVAS

$$\text{MINIMIZAR} \quad W_k^{+(i)} Y_k^{+(i)} + W_k^{-(i)} Y_k^{-(i)}$$

SUJETO A:

$$F_k^{(i)} Y_k^{(i)} - I_{m(i,k)} Y_k^{+(i)} + I_{m(i,k)} Y_k^{-(i)} = G_k^{(i)} A_k^{(i)} Y_o - B_k^{(i)} Y_k^{(o)}$$

CUARTO Sean $Z^{*}_{(i,k)}$ los valores optimos del problema anterior;

Sea $h^* = Z^* + Y^k$, Para cada K, encuentre el valor de i del que:

$$h^*_{i,k} = \max_j Z_{j,k} + Y^k_{oj}$$

QUINTO Usando la tecnica de seleccion de columnas del Algoritmo de Dantzig Wolfe seleccione la nueva columna a entrar en la base de cada problema de la unidad administrativa.

Genere una nueva base R con el nuevo vector de multiplicadores $[Y^*_k, Y^k_{o1}, .., Y^k_{on}]$, y regrese al paso paso tercero.

Repetir este procedimiento, para cada problema K de la Unidad Administrativa hasta que todos los K problemas se hayan resuelto.

SEXTO Utilizando la tecnica de seleccion de columnas del Algoritmo de Dantzig - Wolfe seleccione la nueva columna que entre en la base del problema de la Unidad Central.

Genere una nueva base B y un nuevo vector de multiplicadores simplex $(Y_o, Y_{o1}, ..., Y_{om})$ y regrese al paso 1.

Repita este procedimiento hasta que se resuelva completamente el problema de la Unidad Central.

Al momento de encontrar la solucion del problema de la Unidad $_{(o)}$ central$_{(i)}$ se estara en poder los multiplicadores simplex (Y_o, $Y_k^{(o)}$ y $Y_k^{(i)}$ que son solucion del problema original 3.1

Se observa en este proceso que la informacion que la unidad administrativa envia a la unidad central es una informacion de tipo economico (indicador economico) que le permite establecer un nuevo criterio de utilizacion de recursos. A cambio, la Unidad Central envia un vector de precios sombra que alteran las metas de la suborganizacion (ver sistemas 3.9), de manera que las metas asignadas G_k se transformen en $G_k - A_k Y_o$, con Y_o variando en cada observacion de las Unidades Administrativas con la Unidad Central.

De manera similar, la informacion que la unidad operativa envia a sus unidades administrativas, le permitan a esta tomar decisiones sobre las nuevas metas a lograr por parte de las unidades operativas. Las metas de estas cambian en cada interaccion con sus unidades operativas, ya que son de la forma:

$$G_k^{(i)} - A_k^{(i)} \; Y_o - B_k^{(i)} \; Y_k^{(i)}$$

Las metas iniciales eran $G_k^{(i)}$ y los valores que se cambian en cada interaccion con las unidades administrativas son $Y_k^{(o)}$

3.3 EJEMPLO ILUSTRATIVO

ANTECEDENTES

El sistema que se propone en esta Tesis, es un modelo para tratar problemas de Toma de Decisiones que comprenden metas multiples y cualitativas, sujetas a la importancia o prioridad que se le asigna a estas. Para ello es necesario, que la persona que toma las decisiones sea capaz de definir por lo menos una importancia ordinal al clasificar estas metas. Una ventaja importante al involucrar la programacion con metas en este modelo, es la flexibilidad, puesto que permite al tomador de decisiones, experimentar, con una multitud de variantes en las restricciones y en las prioridades de las metas cuando se involucra con un problema de objetivos multiples.

La programacion con metas, puede ser y ha sido aplicada a una gran variedad de problemas en el Sector publico y en el privado, en areas tales como: mercadeo, finanzas, produccion, contabilidad, planeacion de recursos humanos, academica, economica municipal, urbana y de servicios medicos. La aplicacion que en este trabajo se propone, es una modesta aportacion al Sistema Nacional de Planeacion Democratica. La consolidacion de este Sistema requiere de este tipo de modelos, los cuales no son faciles de formular ni sus resultados seran inmediatos, ya que se requiere de modificar habitos de trabajo, precisar atribuciones y responsabilidades y, en general lograr que mediante una aplicacion efectiva se logre el cabal aprovechamiento de los recursos y potencialidades del pais. En la medida en que estos modelos nos apoyen a promover el cambio y adaptarnos a las nuevas condiciones que el propio desarrollo exige, asi tendremos la capacidad de vencer la crisis actual y hacer frente al futuro del pais.

APLICACION EN LA SECRETARIA DE MARINA

La Direccion General de Reparaciones y Construcciones Navales de la Secretaria de Marina ha desarrollado tres nuevos proyectos de construccion naval que pueden ser ejecutados haciendo uso del exceso de capacidad de Produccion en sus astilleros de Tampico, Coatzacoalcos y Salina Cruz.

Esta dependencia ha realizado un estudio cuidadoso de los tipos de embarcacion que pueden ser construidos en cualquiera de sus tres astilleros, encontrando que seria rentable utilizar el exceso de capacidad para construir buques pesqueros, remolcadores de bahia y transbordadores para rios.

La realidad es que, el proposito de esta dependencia al realizar este tipo de construccion, era lograr la utilizacion completa de la capacidad productiva de exceso sobre una base rentable y que evitara la fuga de divisas al adquirir estas embarcaciones en el extranjero.

Mientras que los astilleros generalmente operan a capacidad plena en todos sus talleres para proporcionar sus servicios a la flota de la armada de Mexico en ambos litorales, la produccion por debajo de la capacidad normal ocurre con poca frecuencia y generalmente se presentan problemas con el personal eventual. Aunque los astilleros no necesitan fuerza laboral plena durante los periodos de holgura, el despedir a un trabajador eventual origina que este se dirija a otros centros de trabajo y no exista personal disponible para contratacion cuando retornan los astilleros a plena capacidad, por lo que la Direccion General desea evitar esto tanto como sea posible.

Para el periodo que se esta considerando, los astilleros tienen las capacidades de produccion en exceso (en terminos de construccion de unidades por unidad operativa) y en capacidad de almacenamiento (pies cubicos por cada unidad operativa), que se dan en la siguiente tabla:

TABLA de metas por unidad operativa (incompleta)

Astillero	Tipo de Unidad	Capacidad en exceso (unidades)	Capacidad de Almacenamiento (pies cubicos)
Tampico	proyecto 1 proyecto 2 proyecto 3	75 20 60	1200 800 1000
Coatza-coalcos	proyecto 1 proyecto 2 proyecto 3	30 40 50	1000 600 600
Salina Cruz	proyecto 1 proyecto 2 proyecto 3	45 30 40	650 800 600

Las embarcaciones 1, 2 y 3, requieren 30, 20 y 15 pies cubicos por unidad, para espacio de construccion. Las utilidades netas unitarias de las embarcaciones son de 15, 18 y 12 millones de pesos, respectivamente.

La direccion general ha recibido un gran numero de pedidos, y espera que estos se incrementen hasta una demanda de 90, 120 y 60 unidades, en los proyectos 1, 2 y 3 respectivamente, durante el periodo de planeacion considerado.

La Direccion General (unidad central) dispone para este proyecto de una cantidad de 2000 millones de pesos, asi como de un total de 3000 horas-hombre para este periodo.

Las utilidades proporcionadas por cada proyecto pueden incrementarse, en funcion de la fraccion adicional utilizada del presupuesto, y en funcion fraccion adicional de horas hombre administracion dedicadas a los proyectos, acorde a la siguiente tabla:

Astillero	Tipo de Unidad	Incremento en Utilidad por fraccion adicional de presupuesto asignado	Incremento en Utilidad por fraccion adicional de horas-hombre
Tampico	Proy. 1 Proy. 2 Proy. 3	5 3 6	7 3 7
Coatza-coalcos	Proy.1 Proy.2 Proy.3	3 5 7	7 12 9
Salina-Cruz	Proy.1 Proy.2 Proy.3	5 2 7	0 8 0

Tambien las unidades administrativas (astilleros) pueden ayudar a lograr las metas haciendo un uso adicional de algunos de sus recursos. La siguiente tabla refleja esto:

Astillero	Tipo de Unidad	Incremento en utilidad p/fraccion adicional de Presup. de Unidad. Admvas.	Incremento en Utilidad p/ fraccion adicional de horas-hombre de Uds. Admvas.	Incremento en Capacidad de almacenamiento por fraccion adicional Prsto. uds.admvas.	Incremento en cap. de almacenamiento por frac.adic. de H-H Uds Admvas
Tampico	Proy.1 Proy.2 Proy.3	6 6 3	8 8 7	2 3 1	60 9 7
Coatza-coalcos	Proy.1 Proy.2 Proy.3	5 5 4	2 5 12	2 2 3	10 0 30
Salina-Cruz	Proy.1 Proy.2 Proy.3	4 2 0	0 0 0	40 30 0	0 0 0

Dada la situacion que se presenta, la Direccion General, ha determinado las siguientes metas de preferencia en orden de importancia decreciente:

(P_1 = mas importante)

P_1 = Lograr una utilidad neta de 1500 millones de pesos.

P_2 = Utilizar tanto la capacidad de exceso como sea posible. Debido al bajo costo de la mano de obra, la Direccion General cree que es 1.5 veces m s importante utilizar la capacidad de exceso de Tampico que la de los Astilleros de Coatzacoalcos y Salina Cruz.

P_3 = Lograr la venta estimada para el proyecto No.2 de Remolcadores de Bahia puesto que este presenta la mayor utilidad neta.

P_4 = Producir suficiente cantidad de unidades de los proyectos 1 y 3, para atender la demanda existente.

P_5 = No exceder la capacidad de almacenamiento disponible.

La siguiente tabla muestra en forma completa la tabla de metas por unidad operativa. (Puede verse en esta tabla que la utilidad esperada de la empresa ha sido distribuida equitativamente entre las tres unidades admvas. Lo mismo sucede con la demanda).

TABLA de metas por unidad operativa (completa)

Astillero	Tipo de	Capacidad en exceso (unidades)	Capacidad de almacena- (pies cub.)	Demanda esperada	Utilidades (en millones pesos)
Tampico	Proy.1	75	1200	30	250
	Proy.2	20	800	40	250
	Proy.3	60	1000	20	250
Coatza-coalcos	Proy.1	30	1000	30	250
	Proy.2	40	600	40	250
	Proy.3	50	600	20	250
Salina Cruz	Proy.1	45	650	30	250
	Proy.2	30	800	40	250
	Proy.3	40	600	20	250

FORMULACION DEL MODELO:

Conforme al modelo propuesto en el capitulo III se hara n las siguientes notaciones y definiciones de terminos:

VARIABLES DE DECISION (incognitas del modelo)

$$Y_o = \begin{pmatrix} Y_o^1 \\ \\ Y_o^2 \end{pmatrix} = \left(\begin{array}{c} \text{FRACCION ADICIONAL DEL PRESUPUESTO} \\ \text{GLOBAL AUTORIZADO} \\ \\ \text{FRACCION ADICIONAL DE HORAS-HOMBRE} \\ \text{GENERAL UTILIZADAS} \end{array} \right)$$

$$Y_1^{(o)} = \left(\begin{array}{c} \text{FRACCION ADICIONAL DEL PRESUPUESTO} \\ \text{de la Unidad administrativa no.1} \\ \text{FRACCION ADICIONAL DE HORAS-HOMBRE} \\ \text{de la Unidad Administrativa no.1} \end{array} \right)$$

$$Y_2^{(o)} = \left(\begin{array}{c} \text{FRACCION ADICIONAL DEL PRESUPUESTO} \\ \text{de la Unidad Administrativa no.2} \\ \text{FRACCION ADICIONAL DE HORAS-HOMBRE} \\ \text{de la Unidad Administrativa no.2} \end{array} \right)$$

$$Y_3^{(o)} = \left(\begin{array}{c} \text{FRACCION ADICIONAL DEL PRESUPUESTO} \\ \text{de la Unidad Administrativa no.3} \\ \text{FRACCION ADICIONAL DE HORAS-HOMBRE} \\ \text{de la Unidad Administrativa no.3} \end{array} \right)$$

$$Y_k^{(i)} = \left\{ \begin{array}{l} \text{numero de unidades del proyecto "i" a construirse} \\ \text{en el astillero j}, \quad 1 \leq i \leq 3, \quad 1 \leq k \leq 3. \end{array} \right.$$

$$Y_k^{+(i)},\ Y_k^{-(i)} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Desviaciones (positivas y negativas, res-} \\ \text{de los logros con respecto a las metas } G_k^{(i)} \\ \text{asignadas a la unidad operativa (i,k)} \end{array} \right.$$

En particular tenemos:

$Y_1^{-(1)}, Y_2^{-(1)}, Y_3^{-(1)}$ = Exceso de capacidad no utilizada en astilleros de Tampico, Coatzacoalcos y Veracruz, respec.

$Y_1^{+(1)}, Y_2^{+(1)}, Y_3^{+(1)}$ = Cantidad en la cual la capacidad se excede en los Astilleros de Tampico, Coatzacoalcos y Veracruz respectivamente.

$Y_1^{-(3)}, Y_2^{-(3)}, Y_3^{-(3)}$ = Numero de unidades sublogradas de las ventas esperadas de los tres proyectos respec.

$Y_1^{+(3)}, Y_2^{+(3)}, Y_3^{+(3)}$ = Numero de unidades sobrelogradas de las — ventas esperadas de los 3 proyectos respec.

$Y_1^{-(2)}, Y_2^{-(2)}, Y_3^{-(2)}$ = Numero de pies cubicos de capacidad de almacenamiento disponible, no utilizada en los tres astilleros respectivamente.

$Y_1^{+(2)}, Y_2^{+(2)}, Y_3^{+(2)}$ = Numero de pies cubicos de capacidad adicional de almacenamiento,..etc.

$Y_1^{-(4)}, Y_2^{-(4)}, Y_3^{-(4)}$ = Cantidad por debajo de la utilidad perseguida en los tres astilleros respectivamente.

$Y_1^{+(4)}, Y_2^{+(4)}, Y_3^{+(4)}$ = Cantidad por encima de la utilidad perseguida.

DATOS

De la tabla 8, se observa que los vectores $G_k^{(i)}$ (metas asignadas a la Unidad Operativa (i,k), se presentan como:

$$G_1^1 = \begin{pmatrix} 75 \\ 1200 \\ 30 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_1^2 = \begin{pmatrix} 20 \\ 800 \\ 40 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_1^3 = \begin{pmatrix} 60 \\ 1000 \\ 20 \\ 250 \end{pmatrix}$$

$$G_2^1 = \begin{pmatrix} 30 \\ 1000 \\ 30 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_2^2 = \begin{pmatrix} 20 \\ 500 \\ 40 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_2^3 = \begin{pmatrix} 60 \\ 600 \\ 20 \\ 250 \end{pmatrix}$$

$$G_3^1 = \begin{pmatrix} 45 \\ 650 \\ 30 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_3^2 = \begin{pmatrix} 30 \\ 800 \\ 40 \\ 250 \end{pmatrix} \qquad G_3^3 = \begin{pmatrix} 48 \\ 600 \\ 20 \\ 250 \end{pmatrix}$$

De esta manera, por ejemplo, la igualdad: $G_2^3 = \begin{pmatrix} 50 \\ 600 \\ 20 \\ 250 \end{pmatrix}$

Se explica como sigue: Para las metas que para el proyecto 2 tiene la unidad administrativa 3, (por ejemplo Salinacruz); se utilizan 50 unidades de capacidad en exceso que cubren las 600 unidades de capacidad dealmacenamiento, satisfacen las 20 unidades de demanda esperada y obtienen una utilidad de 250 millones de pesos.

Las matrices que representan los atributos de los diferentes proyectos en funcion de su contribucion al logro de las metas son:

$$F_1^1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 30 \\ 1 \\ 15 \end{pmatrix} \qquad F_1^2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 20 \\ 1 \\ 18 \end{pmatrix} \qquad F_1^3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 15 \\ 1 \\ 12 \end{pmatrix}$$

$$F_2^1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 30 \\ 1 \\ 15 \end{pmatrix} \qquad F_2^2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 20 \\ 1 \\ 18 \end{pmatrix} \qquad F_2^3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 15 \\ 1 \\ 12 \end{pmatrix}$$

$$F_3^1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 30 \\ 1 \\ 15 \end{pmatrix} \qquad F_3^2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 20 \\ 1 \\ 18 \end{pmatrix} \qquad F_3^3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 15 \\ 1 \\ 12 \end{pmatrix}$$

Por Ejemplo: $F_1^2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 20 \\ 1 \\ 18 \end{pmatrix}$

Significa que: el primer proyecto tiene en la unidad administrativa 2, (Coatzacoalcos), los siguientes atributos: cada unidad ocupa 20 pies cubicos y deja 18 millones de utilidad.

Las matrices que representan los incrementos por fraccion adicional de horas-hombre de las Unidades Administrativas son:

$$B_1^1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 60 \\ 0 & 0 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \quad B_1^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 3 & 9 \\ 0 & 0 \\ 6 & 9 \end{pmatrix} \quad B_1^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 7 \\ 0 & 0 \\ 3 & 7 \end{pmatrix}$$

$$B_2^1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 10 \\ 0 & 0 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \quad B_2^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \\ 0 & 0 \\ 5 & 5 \end{pmatrix} \quad B_2^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 3 & 30 \\ 0 & 0 \\ 4 & 12 \end{pmatrix}$$

$$B_3^1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 40 \\ 0 \\ 4 \end{pmatrix} \quad B_3^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 30 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \quad B_3^3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Las matrices que representan los incrementos por fraccion adicional de horas-hombre de la Unidad Central:

TAMPICO	Proyecto no.1	5	7
	Proyecto no.2	3	3
	Proyecto no.3	6	7
COATZA-COALCOS	Proyecto no.1	3	7
	Proyecto no.2	5	12
	Proyecto no.3	7	9
SALINA-CRUZ	Proyecto no.1	5	0
	Proyecto no.2	2	8
	Proyecto no.3	7	0

$$A_2^1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 5 & 7 \end{vmatrix}, \quad A_2^2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 3 & 3 \end{vmatrix}, \quad A_2^3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 6 & 7 \end{vmatrix}$$

$$A_2^1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 3 & 7 \end{vmatrix}, \quad A_2^2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 5 & 12 \end{vmatrix}, \quad A_2^3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 7 & 9 \end{vmatrix}$$

$$A_3^1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 5 & 0 \end{vmatrix}, \quad A_3^2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 2 & 9 \end{vmatrix}, \quad A_3^3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 7 & 9 \end{vmatrix}$$

El vector que representa los recursos con que cuenta la Direccion General (unidad central) es:

$$b_o = \begin{vmatrix} 200 \text{ millones de pesos de presupuesto global} \\ 3000 \text{ horas - hombre} \end{vmatrix}$$

Los vectores de ponderaciones de las metas son:

$$W_1^{+(1)} = (3,1,1,0), \quad W_1^{+(2)} = (3,1,0,0), \quad W_1^{+(3)} = (3,1,1,0)$$

$$W_1^{-(1)} = (0,0,0,6), \quad W_1^{-(2)} = (0,0,2,6), \quad W_1^{-(3)} = (0,0,0,6)$$

$$W_2^{+(1)} = (2,1,1,0), \quad W_2^{+(2)} = (2,1,0,0), \quad W_2^{+(3)} = (2,1,1,0)$$

$$W_2^{-(1)} = (0,0,0,6), \quad W_2^{-(2)} = (0,0,2,6), \quad W_2^{-(3)} = (0,0,0,6)$$

$$W_3^{+(1)} = (2,1,1,0), \quad W_3^{+(2)} = (2,1,0,0), \quad W_3^{+(3)} = (2,1,1,0)$$

$$W_3^{-(1)} = (0,0,0,6) \quad W_3^{-(2)} = (0,0,2,6), \quad W_3^{-(3)} = (0,0,0,6)$$

La funcion objetivo puede ahora plantearse como sigue:

$$Z = \text{MIN} \quad b_o^t \, Y_o + \sum_{k=1}^{3} \sum_{l=1}^{3} \left(W_k^{+(l)} \, Y_k^{+(l)} + W_k^{-(l)} \, Y_k^{-(l)} \right)$$

$$\begin{aligned}
Z = \text{MIN} \quad & 800 \, Y_o^1 + 2000 \, Y_o^2 + (3,1,1,0) \, Y_1^{+(1)} \\
& + (0,0,0,6) \, Y_1^{-(1)} + (3,1,0,0) \, Y_1^{+(2)} + (0,0,2,6) \, Y_1^{-(2)} \\
& + (3,1,1,0) \, Y_1^{+(3)} + (0,0,0,6) \, Y_1^{-(3)} + (2,1,1,0) \, Y_2^{+(1)} \\
& + (0,0,0,6) \, Y_2^{-(1)} + (2,1,0,0) \, Y_2^{+(2)} + (0,0,2,6) \, Y_2^{-(2)} \\
& + (2,1,1,0) \, Y_2^{+(3)} + (0,0,0,6) \, Y_2^{-(3)} + (2,1,1,0) \, Y_3^{+(1)} \\
& + (0,0,0,6) \, Y_3^{-(1)} + (2,1,0,0) \, Y_3^{+(2)} + (0,0,2,6) \, Y_3^{-(2)} \\
& + (2,1,0,0) \, Y_3^{+(3)} + (0,0,4,6) \, Y_3^{-(3)}
\end{aligned}$$

RESULTADOS

$Z = 331.66667$

$$Y_1 = 10$$

$$Y_2 = 15$$

$$Y_3 = 21.6666$$

$Y_{11}^{-1} = 65$

$Y_{14}^{-3} = 425$

$Y_{13}^{-2} = 30$

$Y_{12}^{-1} = 150$

$Y_{13}^{-1} = 20$

$Y_{11}^{-2} = 10$

$Y_{12}^{-2} = 487.5$

$Y_{14}^{+2} = 30$

$Y_{11}^{-3} = 50$

$Y_{12}^{-3} = 762$

$Y_{13}^{-3} = 10$

$Y_{23}^{-3} = 25$

$Y_{24}^{+3} = 80$

$Y_{20} = 125$

$Y_{21}^{-1} = 15$

$$Y_{22}^{-1} = 550$$

$$Y_{21}^{-2} = 25$$

$$Y_{23}^{-2} = 25$$

$$Y_{21}^{-3} = 35$$

$$Y_{31}^{-1} = 23.3333$$

$$Y_{34}^{+1} = 75$$

$$Y_{34}^{+2} = 140$$

$$Y_{32}^{-3} = 275$$

$$Y_{34}^{+3} = 10$$

$$Y_{23}^{-1} = 15$$

$$Y_{22}^{-2} = 300$$

$$Y_{24}^{+2} = 825$$

$$Y_{33}^{+1} = 8.33333$$

$$Y_{32}^{-2} = 366.666$$

$$Y_{31}^{-3} = 18.33$$

$$Y_{33}^{+3} = 1.66666$$

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo estuvo motivado por la necesidad de resolver problemas de planeacion en organizaciones estructuradas en tres niveles jerarquicos, ya que este es el tipo de estructura actual en las diferentes organizaciones del Sector Publico de nuestro Pais. La organizacion que se utilizo para ejemplificar la aplicacion de los modelos de asignacion de recursos, es la que considera al marco del Plan Nacional de Desarrollo y por consiguiente tiene en su nivel mas alto, llamado nivel global, a las Secretarias de Programacion y Presupuesto, de Hacienda y Credito Publico y de la Contraloria General de la Federacion. El nivel intermedio de esta organizacion llamado nivel sectorial, contiene a las unidades coordinadoras del sector, y el tercer nivel llamado dentro del sistema nacional de planeacion democratica, nivel institucional, esta compuesto por las entidades paraestatales.

El modelo que de manera mas natural se adecuaba para idealizar este problema, es el de T.W.RUEFLI, por el mismo definido como un modelo de organizaciones descentralizadas estructuradas en tres niveles. Desafortunadamente este modelo tiene fallas tanto en su conceptualizacion como en su solucion. Esto dio lugar a una revision cuidadosa del mismo que tuvo como resultado lo que aqui se considera una extension natural del algoritmo de DANTZIG WOLFE para resolver los problemas de organizaciones descentralizadas estructuradas en tres niveles jerarquicos.

La solucion del modelo que en este trabajo se propone, genera tres problemas de optimizacion, uno para cada nivel de la organizacion que se considera. Los dos primeros problemas se definen dentro del Marco de la Programacion Lineal Clasica, mientras que en el tercero, aunque soluble mediante las tecnicas de programacion lineal, utiliza para su definicion el Marco de la Programacion por Metas.

1. Las conclusiones que se desprenden de este trabajo son:

1.1 La extension de los modelos de descomposicion a mas de dos niveles no es una tarea trivial. Esto puede corroborarse tanto al analizar los esfuerzos de Ruefli como los que hicieron J. FREELAND y otros investigadores al tratar infructuosamente de extender los resultados de programacion lineal generalizada, el principio de DANTZIG-WOLFE y el problema de BENDERS a mas de dos niveles.

1.2 Una importante extension que se debe hacer al presente trabajo, es orientarlo hacia un modelo que considere metas cualitativas. Una extension de esta clase no es inmediata aunque si es posible.

1.3 El resultado que aqui se obtuvo se puede extender facilmente para que considere organizaciones estructuradas en mas de tres niveles.

1.4 El metodo de solucion al modelo que protagonizo este trabajo, provee una interpretacion economica del mismo que lo ubica, claramente, como un modelo de toma de decisiones en organizaciones estructuradas en tres niveles. Esto se debe a que el algoritmo de base para este modelo se deriva del Principio de Dantzig Wolfe que a su vez provee -en su algoritmo de solucion -una interpretacion economica que lo califica como un modelo de toma de decisiones, solo que su alcance se limita a aquellas organizaciones estructuradas en dos niveles jerarquicos.

1.5 La interpretacion economica que aqui se obtiene es mas explicita que la correspondiente al algoritmo de Dantzig Wolfe. Esto era de esperarse ya que ademas de aplicarse a organizaciones mas generales, se desarrolla en un marco de programacion por metas, la cual a su vez es una extension de la programacion lineal.

1.6 Puesto que las metas que deben incluirse en el modelo deben ser establecidas apriori, y cuantitativamente. Su establecimiento acarrea dificultades, las cuales pueden agravarse si la organizacion bajo consideracion es la que motivo la realizacion de este trabajo. En efecto, la fijacion de metas y mas que ello, la determinacion de sus ponderaciones, esta influida por las implicaciones politicas que su establecimiento puede acarrear.

2. Por otra parte, a efecto de aplicar, eficientemente, el algoritmo de solucion para el modelo que aqui se propone, es necesario que se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

   2.1 Aun cuando la informacion fluye de un nivel a otro de la organizacion en la forma descrita en la figura 1.2, el proceso interativo que tiene lugar entre los niveles no es en tiempo real sino que es de indole estrictamente matematico. Asi, por ejemplo, cuando se dice que las unidades administrativas envian informacion economica a la unidad central para que esta les determine el nuevo conjunto de metas a lograr, dicha informacion no se transmite fisicamente sino en forma solo figurada. La razon de esto es que con base en el algoritmo computacional que resuelve el modelo, la computadora juega sucesivamente el rol de unidad central, unidad administrativa y unidad operativa segun sea la etapa o fase del algoritmo que en ese momento se encuentre resolviendo.

   2.2 El incluir como parte del programa computacional, los resultados de cada iteracion -entre unidades administrativas y unidad central- y subiteracion -entre unidades operativas y unidades administrativas- puede convertirse en una tarea titanica, inclusive para una computadora. El realizar esto, podria ser recomendable solo en la fase de implantacion del sistema, pero debera omitirse al ser liberado, a efecto de no sobrecargarlo. (ver punto 2.4 mas adelante).

   2.3 Si se agrupan como parte del programa, los resultados de cada iteracion, entonces, cada unidad central, administrativa u operativa, podra ver los cambios de politica que tendria que hacer en funcion de la informacion que en cada intencion y/o subiteracion reciba. El paquete computacional que se anexa a este trabajo (apendice VI) no incluye estos resultados intermedios debido a que, a pesar de ser bastante ilustrativos conduciran en caso de organizaciones grandes, a imprimir enormes volumenes de informacion con el consecuente retardo en la obtencion de la solucion. Ademas a medida que sea mas grande la organizacion donde se aplique, mas dificil sera revisar todas las iteraciones y subiteraciones que realiza el algoritmo antes de llegar a su solucion final.

2.4 La implementacion del paquete computacional fue efectuada en una Microcomputadora PRINTAFORM 5800, la cual tiene la ventaja de ser una compatible IBM-PC, sin embargo, es recomendable si se emplea el paquete en una IBM u otro tipo de compatible, que se comprueben los comandos del BASICA que se utilice, durante la fase de implantacion, ya que puede originar que el paquete opere lentamente o se distorsione tanto su funcionamiento como la obtencion de los resultados del Sistema. Este Paquete puede funcionar sin problema alguno en la linea de computadoras PRINTAFORM.

2.5 La solucion del algoritmo contiene la cantidad de recursos que deben aportar las unidades central y administrativas, asi como los niveles de actividad de los proyectos que las unidades operativas deben realizar a fin de lograr las metas globales de la organizacion. Tambien son parte de la solucion del algoritmo, los valores de las desviaciones positivas y negativas de los logros con respecto a las metas.

2.6 La solucion del modelo no necesariamente deja satisfechas a todos los miembros de la organizacion. Esto es claro ya que, por ejemplo, toda unidad operativa desearia que sus proyectos se realizacen a un 100 por ciento de actividad y las unidades administrativas seguramente querran recibir la mayor parte de los recursos que deben compartir con las demas unidades. Sin embargo el presente algoritmo es un claro ejemplo de la validez de la informacion:"El optimo global no necesariamente es la suma de los optimos individuales".

2.7 Una vez que se haya comprobado la validez del modelo, hay que corroborar que las tecnicas que resuelven a este, se aplican en forma correcta y que los resultados del mismo se analizan e interpretan tambien correctamente; para ello hay que cerciorarse de que la manera en que se comuniquen los resultados a los funcionarios que toman las decisiones, sea utilizando un lenguaje que ellos entienden.

Una vez que se es consciente de la implicacion de estas observaciones, se debe pasar a definir cada uno de los problemas (global, de la unidad central, de las unidades administrativas y de las unidades operativas) para lo cual es necesario proporcionar los datos requeridos por el modelo. Si se atienden estas consideraciones y se proporcionan los datos de acuerdo a como se recomienda, el algoritmo que en esta tesis se propone puede aplicarse exitosamente a cualquier organizacion estructurada en tres niveles jerarquicos.

Por lo general y a menos que la organizacion tenga politicas que lo contravengan, los datos deberan ser proporcionados atendiendo a la tabla que se muestra a continuacion:

DATO	ENTIDAD QUE LO PROPORCIONA	CONTENIDO
B_o	UNIDAD CENTRAL	Recursos disponibles comunes a toda organizacion. Por Ejemplo: Edificios informacion tecnica, recursos de computo, etc. Se incluyen recursos humanos adscritos a la unidad central. Las unidades pueden ser: cantidad, areas, volumen, horas-hombre, etc.
A_k	UNIDAD ADMINISTRATIVA K	Coeficientes del tipo de recursos comunes a las unidades administrativas que son empleados para lograr las metas que le han sido asignadas.
$B_k^{(i)}$	UNIDAD OPERATIVA DE LA UNIDAD ADMITIVA.K	Coeficientes del tipo de recursos comunes a unidades operativas de la unidad admitiva k, que la unidad operativa i,k requiere para realizar sus proyectos y lograr metas.
$F_k^{(i)}$	UND.OPERATIVA i DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA k	Caracteristicas y/o atributos de su proyecto en una unidad de medida que refleja su contribucion al logro de las metas.

"Planificar en su acepcion mas general,es un proceso de decision en el presente que define acciones que se tomaran en el futuro para alcanzar ciertos propositos preestablecidos"

J.Prawda W. ((28),pag.531)

APENDICE I

LA PLANEACION Y EL SECTOR PUBLICO

Podemos definir a la planeacion como un proceso de toma de decisiones que permite determinar un futuro deseado y los medios efectivos para lograrlo. Constituye un proceso especial de toma de decisiones pero una toma de decisiones no siempre equivale a la planeacion. Asi pues, es algo que hacemos antes de efectuar una accion, y por tal motivo es en si, una toma de decisiones anticipada.

Si analizamos la planeacion bajo el enfoque de sistemas (1), podemos decir, que es necesaria cuando el hecho futuro deseado, implica un conjunto de decisiones interdependientes, esto es, "un sistema de decisiones", donde el efecto de cada decision sobre los resultados del conjunto, depende de una o mas de las decisiones restantes.

Tambien podemos analizar a la planeacion bajo algunos de los criterios utilizados para tomar una decision bajo incertidumbre:

PESIMISTA: Creer de que a menos que se haga algo, no es probable que ocurra un estado futuro deseado.

OPTIMISTA: La conviccion de que puede hacerse algo para aumentar la probabilidad de que se logre alcanzar ese estado deseado.

FILOSOFIAS DE LA PLANEACION

A medida que la planeacion avanza, se han observado ciertas filosofias en su aplicacion (9),siendo tres los criterios predominantes:

El primero, denominado Convencional o Satisfaciente, es el aceptado generalmente en la actualidad, y tiene por objeto lograr mediante la seleccion racional de medios, los maximos beneficios de las alternativas existentes para conseguir fines especificos; bajo este punto de vista, a lo que se presta mayor atencion es a los objetivos y se busca lograr algo bastante bien, pero no necesariamente lo mejor que se pueda.

El segundo criterio, denominado por optimizacion, es el que tiene como punto de partida los recursos disponibles y se busca obtener de ellos, su aprovechamiento optimo. Bajo este punto de vista, se busca hacer las cosas no solo suficientemente bien, sino hacerlas lo mejor posible.

El tercer criterio, denominado adaptativo, es de caracter parcial y trata de conseguir resultados fragmentados; bajo este punto de vista, el valor principal de la planeacion no lo constituyen los objetivos globales sino los unitarios para cada plan. Aqui se formulan planes especificos sin consideracion al marco general donde estan insertos. Ejemplo de esta planeacion lo constituye la planeacion retrospectiva, encaminada a corregir las deficiencia producidas por decisiones tomadas anteriormente, o la planeacion prospectiva, que es la que se dirige a crear un futuro deseado. Cada uno de estos tres enfoques principales de la planeacion tiene sus partidarios; la convencional es probablemente la que apoyan la mayoria de los planificadores; la de optimizacion, tiene menos defensores, pero estos van en aumento,al graduarse tecnicos con la competencia necesaria para desarrollarla, y la tercera, la parcial, es la que tiene menos partidarios, sin embargo los que la aplican son mas, que la de los dos enfoques anteriores juntos.

PLANEACION CONVENCIONAL

En realidad, la Planeacion adaptativa o parcial, no es mejor que la convencional sino tecnicamente la peor. La convencional ofrece perspectiva global y coherencia interna, cosa que no tiene la parcial; sin embargo, en la practica, la convencional ha tenido con frecuencia menos exito que la parcial. La planeacion convencional suele ser objeto de criticas, ya que sus logros no son impresionantes.

Cualquier plan convencional es justificable si se dan las condiciones siguientes:

a: El marco o modelo conceptual en que el plan se funda tiene coherencia interna;

b: Las variables del modelo incluidas en el plan son esenciales para la Unidad Social de que se trate;

c: Los datos que sirven de base al plan son relativamente exactos y completos;

d: Las hipotesis del plan que se refieren al medio en que este ha de llevarse a efecto son correctos; y

e: Los objetivos del plan concuerdan debidamente con las necesidades sociales.

Por otro lado todo plan esta particularmente afectado por la insuficiencia de datos, problema que, preciso es reconocerlo, no va a solucionarse pronto, sin embargo, existe una marcada tendencia a implantar sistemas de informacion, que si aun no son confiables, pueden en el futuro serlo. La falta de datos dificulta la planeacion parcial o global; pero es peor aun, cuando se incluyen datos inexactos en un plan que debe tener coherencia interna. Cualquier dato alternado puede provocar perspectivas erroneas en la aplicacion de recursos y en la satisfaccion de necesidades basicas.

Todas las anteriores deficiencias, repercuten fuertemente al llevar un plan a la practica, haciendose criticos al momento de ejecutar el plan. Ello no significa, que exista una crisis de realizacion, sino una crisis de formulacion de planes, porque al preparar estos, no se tienen en cuenta los medios idoneos que son necesarios para su ejecucion.

Mayor importancia reviste la circunstancia de que, aun cuando sea posible producir soluciones por medios tecnicos, estas soluciones tienen que ser analizadas en su aplicacion, ya que aunque sea una solucion optima puede no ser conveniente su aplicacion debido a factores politicos o sociales. La implantacion de una solucion especifica puede ser aceptable desde el punto de Politico y Social, mientras que otra puede no serlo.

Pese a cuanto se ha dicho de la planeacion convencional, se debe de admitir que los planes convencionales han dado a menudo resultados que no se hubieran conseguido sin ellos. Sin embargo, estos planes no logran generalmente satisfacer las necesidades sociales basicas; tales como el desempleo, mala destribucion de la renta, desnutricion, problemas habitacionales, cinturones de miseria y probreza manifiesta, de sectores considerables de la poblacion, problemas cuya solucion o alivio se supone que corresponden al desarrollo nacional.

PLANIFICACION POR OPTIMIZACION

La planificacion por optimizacion, trata de formular metas para el organismo en terminos cuantitativos y de combinarlos en una medida unica de rendimiento para toda la organizacion. Es probable que no tenga un exito completo, pero logra traducir objetivos cualitativos a terminos cuantitativos mas precisos. Sin embargo, existen metas muy dificiles de cuantificar, las cuales pueden propiciar malestar al hacerlo ya que los criterios para evaluar varian de persona a persona, sobre todo en problemas sociales.

Esta planificacion busca las mejores politicas, programas, procedimientos y practicas asequibles por medio del uso de modelos matematicos. El exito de tal planeacion, depende de cuan completa y fielmente sus modelos representen el sistema y de que tan bien pueda deducir soluciones del modelo una vez que este se ha elaborado. En general esta planificacion trata de:

Minimizar los recursos que se necesitan para obtener un nivel especifico de rendimiento;

Maximizar el rendimiento que se pueda conseguir con los recursos disponibles; y

Tener el mejor equilibrio entre los costos y los beneficios.

Finalmente, si comparamos esta planeacion con la tradicional, vemos que por las razones expuestas para esta ultima, es por lo que no es probable que la planificacion por optimizacion tenga exito, alli donde la tradicional ha fracasado. La planificacion por optimizacion es solo un refinamiento de la planificacion tradicional, con mejoras orientadas principalmente a superar las insuficiencias tecnicas en la formulacion de planes.

El objeto de la planificacion tradicional, es el desarrollo economico general; el objetivo de la Planeacion por optimizacion es satisfacer una serie de necesidades especificas.

PLANIFICACION PARCIAL O ADAPTATIVA

Este tipo de planeacion tiene algunas variantes . En el plano nacional, puede comprender programas para el Sector Publico de una determinada economia, programas para un solo sector economico social y donde cada proyecto es especifico, sin sujetarse a ningun marco general. No obstante se suele recurrir a esta, y su existencia indica que cumple algunas necesidades.

Si un proceso de planificacion se inicia con una evaluacion rigurosa de la informacion pertinente, sin considerar los limites disciplinarios, y se determinan los problemas especificos que han de resolverse, seleccionando tambien los medios idoneos para la solucion de los problemas, veremos que el proceso de seleccion de tales medios obliga a una evaluacion real de los recursos disponibles y a la determinacion de los factores restrictivos de caracter economico, social, politico, institucional, administrativo, fisico, ecologico, informativo, etc.

Como los medios elegidos para solucionar los problemas de planificacion estan relacionados con el ambiente en que el plan se va a llevar a la practica, no existe entre medios y ambiente la incompatibilidad que se advierte en los planes convencionales. Una vez seleccionados los medios de atacar los problemas, es factible establecer, dentro de un plazo determinado, los fines y objetivos que se ajusten a la realidad.

Con base en lo anterior, podemos definir un enfoque que puede ser capaz de abordar eficazmente los problemas sociales y que permita un mecanismo automatico para determinar y solucionar estos problemas. La falta de este mecanismo es lo que dificulta en los planes convencionales, el relacionar los objetivos y las metas con los problemas sociales que necesitan solucion. La realidad es que las etapas de la metodologia de la planificacion convencional son las que se emplean, pero la secuencia del enfoque resulta, totalmente opuesta a la de la convencional.

La metodologia resultante, que por estar dirigida al problema basandose en la disponibilidad de recursos, la podemos llamar DETALLADA se muestra en un cuadro comparativo a continuacion:

ETAPAS DEL PROCESO DE PLANEACION

CONVENCIONAL	DETALLADA
1.- Establecimiento de objetivos	1.- Determinacion de los problemas sociales basicos a resolver.
2.- Fijacion de Metas (objetivos cuantificados).	2.- Adaptacion de los recursos disponibles a esos problemas.
3.- Formulacion de la estrategia para lograr las metas.	3.- Seleccion de proyectos y politicas que contribuyan a resolver los problemas.
4.- Seleccion de politicas y proyectos.	4.- Formulacion de la estrategia para resolver los problemas.
5.- Conciliacion de los recursos y las necesidades.	5.- Fijacion de metas y calendarios de ejecucion.
6.- Solucion de problemas sociales basicos.	6.- Seleccion de objetivos generales conforme a los problemas sociales a resolver.

Actualmente, el pais esta sufriendo los efectos de una inflacion tal, que el valor de los recursos cambia constantemente y su uso se caracteriza por una aplicacion inmediata a resolver los problemas mas prioritarios. En este contexto, el empleo de este enfoque puede ser una herramienta muy valiosa en el desarrollo nacional.

Un enfoque de la planificacion detallada en los problemas, que comienza, "desde abajo", termina estableciendo objetivos muy especificos, derivados de los problemas que han de resolverse.

Esto supone un gran contraste con los objetivos de los planes tradicionales que, por lo general, son demasiado globales para satisfacer las diversas necesidades de los distintos sectores sociales de un pais. Semejante caracter global excesivo es casi inevitable en los planes elaborados en la capital de la Republica, ya que en ese lugar, los planificadores nunca pueden disponer de la informacion suficiente y confiable para determinar los diversos problemas prioritarios existentes en las diferentes regiones, ni tampoco los recursos disponibles en esa region para resolverlos.

Ademas, este enfoque de la formulacion de planes, orientado hacia la determinacion y solucion de los problemas, es mas prometedor que otros planteamientos porque sigue intencionadamente una orientacion multidisciplinaria, que resulta mas eficaz que el enfoque monodisciplinario para afrontar los aspectos sociales, economicos, politicos, institucionales, fisicos y ecologicos de los problemas. Si bien la naturaleza intrinsecamente amorfa de muchos problemas de planificacion hace que el planteamiento propuesto resulte mas heuristico y menos estructurado que la planificacion tradicional, no hay razon por la que los proyectos seleccionados para su ejecucion en los distintos puntos del pais no puedan o no deban integrarse en programas en pro de los sectores economicos y sociales. Estos pueden integrarse, a su vez, en planes completos a corto y a largo plazo para toda la economia, una region o una determinada zona urbana o rural. El enfoque sugerido tambien ofrece numerosas ocasiones de aplicar las tecnicas mas avanzadas de planificacion, como el calculo de costos-beneficios, la Investigacion de Operaciones, y la preparacion de presupuestos por programas, en la determinacion y solucion directa de problemas sociales prioritarios.

A diferencia de lo que ocurre cuando estas tecnicas se aplican para coadyuvar el logro de objetivos caracteristicamente globales de la planificacion "desde arriba" , si las mismas se aplican conjuntamente con la planificacion "desde abajo" aumenta su eficacia para solucionar problemas sociales especificos. Debido a ello, y por su naturaleza multidisciplinaria, el enfoque propuesto puede verdaderamente ser mucho mas completo que el enfoque tradicional.

LA NECESIDAD DE LA DESCENTRALIZACION

Para que la planificacion se oriente a la determinacion y solucion de los problemas, es preciso descentralizar su proceso. Aun cuando las estrategias y politicas generales deben determinarse con caracter central, se debe delegar amplias facultades en las comunidades y organismos locales para que planifiquen por si mismos.

A menudo, los intentos de delegar en las comunidades locales las atribuciones para planificar, han dado resultados poco satisfactorios. Pero ello ha obedecido casi siempre a la falta de conocimientos tecnicos, de recursos, o de ambas cosas. No es suficiente contar con los recursos. Sin asistencia tecnica para aplicarlos productivamente, los recursos frecuentemente se malgastan. En cambio, los resultados han sido satisfactorios cuando la delegacion de facultades ha ido dotada de los recursos suficientes para poner en marcha un programa especifico, y de la adecuada asistencia tecnica para mostrar a los habitantes de la localidad la manera de organizarse con el fin de hacer mejor lo que quieren realizar (y no, como sucede a menudo, la manera de hacer lo que los tecnicos forasteros creen que la gente de la localidad debiera llevar a cabo).

Desde luego existira el problema de coordinacion, y no exclusivamente a un solo nivel. Es fundamental considerar la planificacion del desarrollo nacional, regional, urbano, rural y local como distintos aspectos de una misma cosa, del mismo modo que los paises estan empezando a considerar el desarrolllo y la planificacion nacionales como aspectos del desarrollo y la planificacion internacionales de una region.

La coordinacion es una de las tareas importantes de todas las unidades dedicadas a la planificacion. Pero ha de establecerse de manera que estimule la participacion maxima de cuantos van a resultar afectados por el plan. Debiera ser evidente que todo sistema de planificacion encaminado a mejorar el nivel de vida de la poblacion pueda beneficiarse de la existencia de procedimientos orientados conseguir la mayor participacion posible de todos los interesados. Esto significa que los planificadores han de trabajar en estrecho contacto con las organizaciones existentes en la comunidad, y contribuir a crearlas alli donde no existan.

ANEXO DOS

PROGRAMACION POR METAS

Los problemas de Toma de Decisiones se pueden presentar en donde existe un solo objetivo o criterios a seguir digamos por ejemplo, maximizar utilidades o beneficios y reducir costos o perdidas. En este caso las acciones a realizarse pueden evaluarse basadas en la estrategia empleada o en su grado de utilidad, y elegir entonces la accion optima.

Sin embargo, en la mayoria de las situaciones de Decision real, la seleccion de la mejor accion debe de basarse en el logro de objetivos multiples o el uso de criterios multiples. Asi por ejemplo: la eleccion de un computador dependeria del costo, velocidad, capacidad de memoria, mantenimiento, e inclusive las condiciones de venta; a nivel gobierno, el emprender por ejemplo un programa de salud para combatir el Sida, implicaria considerar factores tales como disponibilidad hospitalaria de determinado tipo, de personal especialista, de equipos especificos, de la publicidad que requiere el programa y hasta considerar la reaccion de los pacientes al tratamiento.

Esta ultima clase de problemas se tiene que escoger una alternativa de accion cuando existen objetivos multiples y por supuesto multiples consecuencias. En estos casos, generalmente los objetivos entran en conflictos, ya que se trata de lograr varios objetivos a la vez y solo se dispone de determinados recursos, por lo que al darle prioridad a uno de ellos se afecta a los demas. En todos estos casos podemos preguntarnos: Como un tomador de decisiones puede evaluar y elegir la mejor de las diversas alternativas cuando el resultado de cada una de estas produce un conjunto o vector de resultados diferentes y donde cada resultado, puede en el mejor de los casos ser descrito en terminos de actuacion, o bajo muchas dimensiones o atributos diversos.

La necesidad de evaluar, se vuelve mas compleja en los problemas sociales de Toma de Decisiones. Supongamos, por ejemplo, la construccion de la Planta Nuclear de Laguna Verde. En este caso los criterios de la Comision Federal de Electricidad podrian ser: su capacidad de generacionde potencia, confiabilidad, efectos ambientales tales como el impacto biologico en el lugar, salud y seguridad de las poblaciones vecinas a la planta, efectos socieconomicos y costo del Sistema. Estos criterios ademas de ser conflictivos son cualitativos. Por ejemplo: como es posible medir el impacto biologico.

Podemos definir a un Plan como la enunciacion de programas, recomendados como los mejores posibles para lograr un determinado conjunto de objetivos, con indicacion del periodo en que deben alcanzarse y los recursos que se requieren para llevarlos a cabo. Esto implica la necesidad de evaluar y seleccionar determinada accion, asi como volver a evaluar cuando ya este el programa en ejecucion y corregir las desviaciones que se hallan presentado. O sea reducir las diferencias entre lo programado y lo logrado.

En este caso, el Tomador de Decisiones en lugar de Maximizar o Minimizar la funcion objetivo directamente, debe minimizar las desviaciones entre las metas y lo que puede lograrse dentro de un conjunto dado de restricciones. Existe pues necesidad de de una Tecnica Matematica que permita el resolver este tipo de problemas, y es ahi cuando se requiere la aplicacion de la Programacion por Metas. En la Programacion Lineal, el Algoritmo Simplex presenta desviaciones que se denominan de "holgura" (faltantes o sobrantes); En la Programacion por Metas estas variables de desviacion toman un nuevo significado al representarse como desviaciones positivas y negativas de cada meta o submeta. Entonces la funcion objetivo se convierte en la minimizacion de estas desviaciones, basados en la importancia relativa o en la prioridad asignada a ellos.

La programacion por metas, es una extension de la programacion lineal, la formulacion de un modelo de este tipo es similar a la formulacion de un modelo de programacion lineal, ya que las suposiciones basicas de este ultimo se aplican en el primero.

En programacion lineal, todas las metas u objetivos deben incluirse en la funcion objetivo y se debe utilizar un solo criterio (maximizar utilidades, minimizar costos, etc.). Sin embargo, en muchas situaciones se presentan metas u objetivos multiples y a veces unas metas no faciles de medir como se dijo antes. . En estos casos, si se emplea la programacion lineal, se debera de elegir la meta menos importante y emplearse como funcion objetivo; las metas restantes que no se incluyen en la funcion objetivo, se incluyen como restricciones en el modelo de programacion lineal. De esta forma, las metas en las restricciones tendrian prioridad absoluta sobre la meta de la funcion objetivo.

Asi mismo, en su solucion, el algoritmo simplex seleccionaria del conjunto de todas las soluciones factibles y que satisfagan todos las restricciones de recursos y metas, una solucion que optimiza la funcion objetivo. Si no existen soluciones factibles, la meta de la funcion objetivo (la menos importante), se descartaria y se formularia otro modelo de programacion lineal, con la siguiente meta menos importante y en su caso con la siguiente, hasta alcanzar una solucion factible. Este resultado es consistente con la eleccion que se haria utilizando un tipo lexicografico como funcion de utilidad. Esta formulacion requiere que la solucion optima satisfaga todas las restricciones, implicando que todas las metas incluidas en el modelo como restricciones sean igualmente importantes, teniendo ademas absoluta prioridad sobre la funcion objetivo.

La programacion por metas se origino en el trabajo de Charnes y Cooper (1961) quienes visualizaron una manera de resolver problemas de programacion lineal no factibles, que se originaban en iteracciones meta recurso. Basicamente, el metodo de programacion por metas, consiste en formular una funcion objetivo en que la optimizacion llega tan cerca como sea posible a las metas especificadas.

Esta tecnica puede tratar problemas de una sola meta o con metas multiples, asi como metas cualitativas. Para ello solo es necesario clasificar el orden de importancia en que se desea lograr las metas (prioridad ordinal), e incorporarlas todas en la formulacion del modelo del sistema. Al ampliar este metodo, en vez de intentar minimizar o maximizar directamente la funcion objetivo, lo que se hace es minimizar las desviaciones entre las metas y los limites establecidos por el conjunto dado de restricciones en los recursos. Estas variables de desviacion (de holgura en programacion lineal), toman otro significado en la programacion por metas, haciendose positivos o negativos de cada una de las submetas o metas, y el objetivo es minimizar estas desviaciones, dentro de la estructura de prioridad asignada a estas desviaciones.

Asi entonces, para formular un modelo de programacion por metas, se busca minimizar las desviaciones entre las metas deseadas y los resultados reales de acuerdo a las prioridades asignadas; y la funcion objetivo se expresa en terminos de las desviaciones de las metas a lograr. O sea, las variables de desviacion de las restricciones, se colocan en la funcion objetivo y deben minimizarse. Asi, el modelo generalizado de programacion por metas puede expresarse matematicamente como sigue:

$$\text{MINIMIZAR} \quad Z = \sum_{i=1}^{m} W_i \left(d_i^+ + d_i^- \right)$$

$$\text{S.A.:} \quad \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad \text{para todo } i,$$

$$x_j \,,\; d_i^- , d_i^+ \geq 0$$

Donde: X_j representa una variable de decision;

W_i representa los pesos de ponderacion (ordinal o cordinal) asignados a cada una de las metas; y

d_i^+ d_i^- representan el grado de sobre logro o sublogro de la meta respectivamente. Como no se puede tener logro por arriba o por debajo de la meta al mismo tiempo, una o ambas de estas variables debe de ser igual a cero, o sea:

$$d_i^+ \times d_i^- = 0$$

Y ademas por el requisito de no negatividad:

$$d_i^- \,,\; d_i^+ \geq 0$$

Esta tecnica movera los valores de estas variables de desviaciones tan cerca a cero como sea posible dentro de las restricciones de recursos y estructura de metas descritas en el modelo. Una vez formulado el modelo, el procedimiento de computo es casi identico al metodo simplex de programacion lineal.

Posteriormente, el Tomador de Decisiones debe de analizar cada una de las metas del modelo para determinar si el logro por encima o por debajo de la meta es satisfactorio. Asi, si el logro por debajo o por encima es aceptable, la desviacion por abajo o por arriba puede eliminarse de la funcion objetivo. Si se desea un logro exacto de la meta, tanto d_i^+ y d_i^-, deben incluirse en la funcion objetivo y ordenarse de acuerdo a la ponderacion prioritaria establecida.

La programacion con metas, es un enfoque para tratar problemas de decision que involucran metas multiples e inconmensurables, de acuerdo a la importancia que se les asigne a estas metas. Ventaja importante de esta, es su flexibilidad en el sentido que permite experimentar con variaciones en las restricciones y prioridades de las metas cuando se involucran objetivos multiples.

La Programacion con Metas ha sido aplicada a una gran cantidad de problemas en el Sector Publico y Privado. Por ejemplo, ha sido aplicada en areas funcionales de la administracion, tales como planeacion financiera, del transporte, de recursos humanos y de produccion, asi mismo como en la planeacion de servicios de salud, academica, urbana y regional.

APENDICE III

EL PRINCIPIO DE DESCOMPOSICION DE DANTZING-WOLFE

Consideremos una organizacion jerarquica estructurada en dos niveles. El primer nivel, que llamaremos Unidad Central coordina las actividades de los componentes del segundo nivel, a los que llamaremos unidades administrativas.

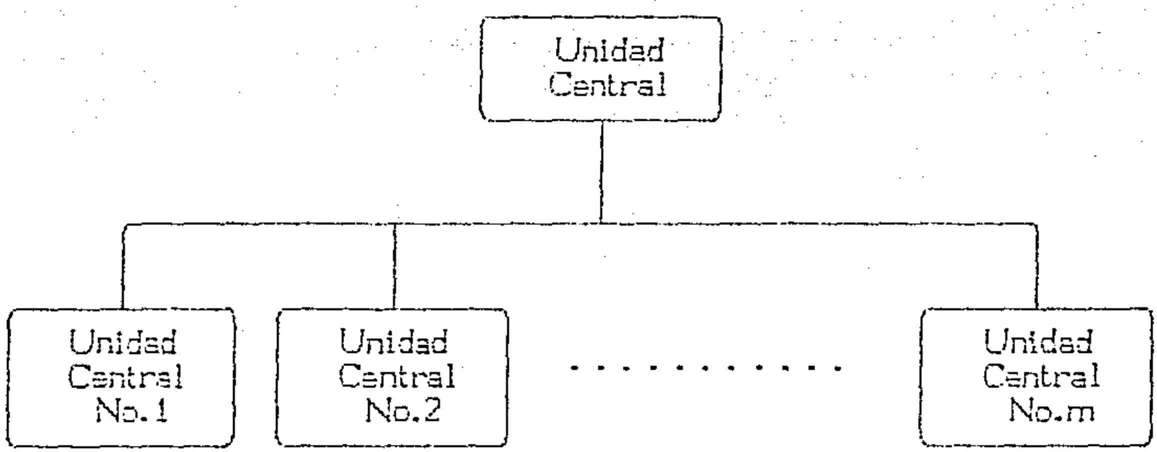

Fig. A3.1. MODELO GRAFICO DE UNA ORGANIZACION JERARQUICA ESTRUCTURADA EN DOS NIVELES.

Para realizar sus actividades (proyectos de investigacion y desarrollo) cada unidad administrativa utiliza dos fuentes de recursos, a saber, los recursos internos (o propios) y un conjunto de recursos comunes (i.e., recursos que debe compartir con las demas unidades administrativas). Con el fin de evitar conflictos entre las unidades administrativas, el problema de asignacion de los recursos comunes, a sus proyectos, se supondra responsabilidad de la unidad central.

Introduzcamos las siguientes notaciones:

b es el vector de recursos comunes, $b_o = (b_{o1}, \ldots, b_{o} m_o)$

b es el vector de recursos internos propios de la unidad administrativa i, $b_i = (b_{i1}, \ldots, b_i m_i)$

x_i es el vector $(X_{i1}, \ldots, X_i n_i)$ en donde n_i es el numero de actividades (proyectos) que se propone realizar la unidad administrativa i, mientras que X_{ij} es una variable de decision (incognita) que representa el nivel de actividad del j - esimo proyecto de tipo j, $1 \leq j \leq n_i$, a realizar por la Unidad administrativa i.

A_i es la matriz (α^i_{jk}), $1 \leq j \leq m_i$, $1 \leq k \leq n_i$, donde α^i_{jk} es el consumo que la unidad administrativa i hace del recurso b_{oj} cuando realiza el proyecto del tipo k.

B_i es la matriz (β^i_{jk}), $1 \leq j \leq m_i$, $1 \leq k \leq n_i$, donde β^i_{jk} es el que la unidad administrativa i hace del recurso b_{ij} cuando realiza proyecto del tipo k.

C_i es el vector $(C^i_1, C^i_2, \ldots, C^i_{n_i})$, en donde C^i_k, $1 \leq k \leq n_i$, es el costo que eroga la unidad administrativa i al realizar el proyecto k.

Si cada unidad aministrativa esta obligada a realizar proyectos (para lograr metas especificas propias de la organizacion) y si el objetivo de la organizacion bajo consideracion es realizar sus proyectos a un maximo nivel de actividad con las limitantes de recursos existentes, de manera que se minimice el costo global de los mismos, entonces se estara tratando con el siguiente modelo de programacion lineal.

$$
\begin{array}{lllll}
\text{Minimizar} & Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots + c_m x_m & & & \\
\text{Sujeto a:} & A_1 x_1 + A_2 x_2 + \ldots\ldots + A_m x_m & = & b_o & \\
& B_1 x_1 & = & b_1 & (A3.1) \\
& \quad B_2 x_2 & & \vdots & \\
& \qquad \ddots \quad B_m x_m & = & b_m &
\end{array}
$$

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0, \ldots\ldots, x_m \geq 0\ ,\ m \geq 1$$

Al revisar este modelo encontramos que:

1.- La matriz:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_m \\ B_1 & & & \\ & B_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_m \end{pmatrix}$$

tiene una estructura angular (gran numero de ceros fuera de la diagonal formada con las matrices B_i).

2.- De no ser por la ecuacion:

$$A_1 x_1 + A_2 x_2 + \ldots + A_m x_m = b_o$$

el problema podria descomponerse en M problemas independientes del tipo:

Minimizar $\quad c_i x_i$

Sujeto a: $\quad B_i x_i = b_i$

$\qquad\qquad\quad x \geq 0$

3.- Las caracteristicas del modelo destacadas en los dos puntos anteriores sugieren la posibilidad de descomponer el problema A3.1 en un problema mas reducido de manera que, si M es mayor que 2, se obtenga un ahorro substancial de memoria de computadora.

G.B. Dantzing y P. Wolfe ([7]) consideraron estos puntos y, al estudiar el problema encontraron que este podia descomponerse en un problema de programacion lineal principal y M subproblemas tambien de programacion lineal, pero con un numero considerablemente menor de restricciones, por lo que su solucion implicaria el uso de porciones de memoria de computadora mucho mas reducida de la que se necesitaria si se resolviera el problema original (A3.1).

Ademas, la solucion de Dantzig y Wolfe (a la que algunas veces se le refiere como Principio de Descomposicion de Dantzig-Wolfe) permite una interesante interpretacion al problema A 3.1, a saber, como un Modelo de Asignacion de Recursos a Organizaciones Descentralizadas Estructuradas en Dos Niveles. La razon de esto es que el problema principal al que Dantzig y Wolfe se refieren es un problema que, en el contexto de la organizacion con la que motivamos la introduccion de este apendice, corresponde claramente a la unidad central, mientras que la responsabilidad de la solucion del subproblema i, i=1,...,m, recae unica y exclusivamente en la i-esima unidad administrativa.

El Algoritmo de Dantzig-Wolfe es de naturaleza iterativa y se realiza mediante un intercambio constante de informacion entre la unidad central y sus unidades administrativas (ver figura A4.1). El proceso termina en el momento en que la unidad central resuelve completamente su problema. De esta solucion se deriva de una manera bastante simple la solucion al problema original.

Revisaremos a continuacion el mecanismo mediante el cual Dantzig y Wolfe descompusieron el problema A3.1. Se partira del supuesto de que el poliedro convexo:

$$S = \left\{ x : B_i x = b_i , x \geq 0 \right\}$$

es acotado. Entonces la teoria de las Combinaciones Convexas nos permite escribir cualquier elemento X_i de S_i bajo la forma:

$$x_i = \sum_j \tau_{ij} \; x_i^j$$

En donde x_i^j son los puntos extremos de S_i.

ACTIVIDADES	0	1	2	....
Actividades de unidad central	Da una solucion inicial a su problema.	Utiliza las soluciones que envian las unidades admitivas. para determinar la que entra en la base.	Utiliza las soluciones etcetera.	
Actividades de la unidad administrativa k, $1 \leq k \leq M$		Utiliza la informacion que le da la unidad central para definir la funcion objetivo de su problema.		

FIG. A3.1 ALGORITMO DE DANTZIG-WOLFE.

Ahora bien, es claro que el problema A3.1 puede ser enunciado como sigue:

De entre todas las soluciones que satisfacen:

$$B_i x_i = b_i , \quad 1 \leq i \leq m, \quad x_i \geq 0$$

encuentra aquella que satisface:

$$\sum_{i=1}^{m} A_i x_i = b_o$$

y que minimiza $Z = \sum c_i x_i$

Dicho de otro modo: De todos los x_i tales que:

$$x_i = \sum_j \tau_{ij} x_i^j$$

encuentre aquel que satisface

$$\sum_{i=1}^{m} a_i x_i = b_o$$

y que minimiza $\quad Z = \sum c_i x_i$

Es ahora evidente que el problema A3.1 puede tambien enunciarse como sigue:

$$\text{MINIMIZAR} \quad \sum_{ij} f_{ij} \tau_{ij}$$

SUJETO A:

$$\sum_{ij} p_{ij} \tau_{ij} = b_o \qquad [(A3.3)]$$

$$\sum_{ij} \tau_{ij} = 1, \quad i=1,\ldots,m \,, \quad \tau_{ij} \geq 0$$

en donde:

$$A_i x_i^j = p_{ij}$$

$$c_i x_i^j = f_{ij}$$

Mediante argumentos sencillos se ha logrado transformar el problema original A3.1 que contine:

$$m_o + \sum_{i=1}^{m} m_i \quad \text{restriciones, y}$$

$$\sum_{i=1}^{m} n_i \quad \text{variables de decision,}$$

en un problema equivalente (el A3.3) llamado Problema Principal con tan
solo mo + m restriciones aunque con un numero mucho mayor de variables
de decision. Esto representa una ventaja sustancial ya que, como es sabido, la dificultad computacional mayor al resolver un problema de programacion lineal esta en el numero de restricciones, y no en el numero de variables. Ademas, aun si el numero de variables representa

un problema, en el presente caso no se requiere trabajar con todas las variables r_{ij} al mismo tiempo.

Sea B una matriz admisible de base de dimension (mo + m)*(mo + m)
(para el modelo (A3.3)), y sean ($\prod$, $\prod$01,..., $\prod$0m) los multiplicadores simplex para esta base, con $\prod$ asociado a

$$\sum_{ij} p_{ij} \tau_{ij} = b_o$$

y $\prod_{oi}$ asociado a:

$$\sum_{j} \tau_{ij} = 1.$$

Al evaluar la columna asociada a τ_{ij} se obtiene el costo relativo:

$$\bar{f}_{ij} = (C_i - \prod A_i) X_i^j - \prod_{oi}$$

El problema de encontrar los valores min j $\bar{f}_{ij}$ para un i fijo es equivalente a resolver el Subproblema) i-esimo:

$$\begin{aligned} &\text{MINIMIZAR } (c_i - \prod A_i) x_i \\ &\text{SUJETO A } B_i x_i = b_i, \qquad\qquad (A3.4)] \\ &x_i \geq 0 \end{aligned}$$

Atendiendo a la Teoria del Metodo Simplex, el proceso de optimizacion del problema A3.3 termina cuando se cumple que:

$$\min_i \min_j [(c_i - \prod A_i) x_i - \prod_{oi}] \geq 0 \text{ para todo } i \text{ y } j \qquad (A3.5)]$$

De tener lugar (A3.5) la solucion actual es optima, en caso contrario la columna que entra en la base es la que realiza:

$$\min (Z_i^* - \prod_{oi}) \qquad [A3.6)]$$

siendo Z^* el valor de la funcion objetivo optimal de A3.4.

i Ahora bien, si el minimo en A3.6 se realiza para $i \notin s$ y si $x_s(\Pi_i)$ resuelve el correspondiente subproblema, entonces se sabe, de la misma Teoria de la Programacion Lineal, que la columna que entra en la base esta dado por:

$$\begin{bmatrix} A'_s X^t_s(\Pi_i) \\ U_s \end{bmatrix}$$

en donde Us es un vector con m componentes que tienen un uno en la posicion s y 0 en el resto.

Se ve ahora que, si bien es cierto que A3.3 es equivalente a A3.1, tambien es cierto que en su proceso de solucion, cada vez que se precise determinar que columna entra en la base, es necesario resolver M problemas del tipo A3.4. Estos problemas corresponden, dentro de la organizacion jerarquica que protagonizo la introduccion de este apendice, a las unidades administrativas, mientras A3.1 es un problema de responsabilidad de la unidad central:

PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MINIMIZAR} \quad \sum_{ij} f_{ij}\, \tau_{ij}$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{ij} p_{ij}\, \tau_{ij} = b_o \qquad [(A3.7)]$$

$$\sum_{i} \tau_{ij} = 1, \quad i=1,\ldots,m \qquad \tau_{ij} \geq 0$$

en donde:

$$f_{ij} = c_i\, x_i^j$$

$$p_{ij} = A_i\, x_i^j$$

i Ahora bien, si el minimo en A3.6 se realiza para $i \{ s$ y si $x_s(\Pi_i)$ resuelva el correspondiente subproblema, entonces se sabe, de la misma Teoria de la Programacion Lineal, que la columna que entra en la base esta dado por:

$$\begin{vmatrix} A_s' X_s(\Pi_i) \\ \\ U_s \end{vmatrix}$$

en donde Us es un vector con m componentes que tienen un uno en la posicion s y 0 en el resto.

Se ve ahora que, si bien es cierto que A3.3 es equivalente a A3.1, tambien es cierto que en su proceso de solucion, cada vez que se precise determinar que columna entra en la base, es necesario resolver M problemas del tipo A3.4. Estos problemas corresponden, dentro de la organizacion jerarquica que protagonizo la introduccion de este apendice, a las unidades administrativas, mientras A3.1 es un problema de responsabilidad de la unidad central:

PROBLEMA DE LA UNIDAD CENTRAL

$$\text{MINIMIZAR} \quad \sum_{ij} f_{ij} \tau_{ij}$$

$$\text{SUJETO A:} \quad \sum_{ij} p_{ij} \tau_{ij} = b_o \qquad [(A3.7)]$$

$$\sum_{i} \tau_{ij} = 1, \quad i=1,\ldots,m \qquad \tau_{ij} \geq 0$$

en donde:

$$f_{ij} = c_i x_i^j$$

$$p_{ij} = A_i x_i^j$$

X_i son los puntos del poliedro convexo $B_i x_i = b_i$, $x_i \geq 0$.

PROBLEMA DE LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS

$$\begin{aligned} &\text{MINIMIZAR} \quad (c_i - \Pi A_i)x_i \\ &\text{SUJETO A} \quad B_i x_i = b_i \\ &\qquad x_i \geq 0 \end{aligned} \qquad [(A3.8)]$$

Analicemos ahora el significado economico de este problema. [La presente interpretacion es una adaptacion de la dada por L.S. Lasdon al Principio de la Descomposicion de Dantzing-Wolfe.]
Si la unidad administrativa i selecciona un vector de niveles de actividad
Xi para sus proyectos incurre en un costo directo CiXi y utiliza una cantidad AiXi de los recursos comunes, de la cual se privan las demas unidades administrativas, hecho que puede tener un efecto directo en sus respectivos costos. La forma de administrar esta distribucion de recursos, por parte de la unidad Central, es anunciar sus precios sombra
a todas las unidades administrativas, y obligarlos a pagar los recursos que utilizan. Si la evaluacion de determinado recurso se hace a un alto precio (sombra) entonces las unidades administrativas se desanimaran a
utilizar excesivamente ese recurso, lo cual podria suceder si el anuncio de la disponibilidad del recurso no fuera anexado de ninguna obligacion de pago.

Es facil de ver que el Principio de Dantzing-Wolfe coordina las acciones de las unidades administrativas precisamente de esta manera. En
efecto, la funcion objetivo de la unidad administrativa i es:

$$Z_i = c_i x_i - \Pi A_i x_i$$

@begin(text)

El termino CiXi es una contribucion directa al costo general Z, debida a la seleccion de los niveles de actividad xi para los proyectos de la unidad administrativa i, mientras que $\Pi A_i X_i$, siendo el producto entre el vector Π de los precios unitarios de los recursos comunes y el consumo que de dichos recursos se efectua, es precisamente el costo en que incurre la unidad administrativa para la utilizacion de los recursos comunes. De esta manera el objetivo Zi de la unidad administrativa mide
tanto el costo total directo como el indirecto implicado en su funcionamiento. El signo menos frente a:

$$\Pi A_i x_i = (\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_m) \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^{ni} {}^{i}_{1k} X_{ik} \\ \vdots \\ \sum_{k=1}^{ni} {}^{o}_{m\,k} X_{ik} \end{pmatrix}$$

se explica como sigue: El uso de una cantidad positiva del recurso:

$$\sum_{k=1}^{ni} {}^{i}_{jk} X_{ik}$$

del recurso boj (i-esimo elemento del vector bo) equivale a disminuir el disponible de ese recurso. Al decrecer el disponible del recurso j le va aumentando su costo y, puesto que el precio sombra Πj correspondiente
representa la porcion de la funcion objetivo que puede ganarse(perderse) por un reducido crecimiento (decrecimiento) de la disponibilidad del recurso boj, se concluye en el presente caso $\Pi i < 0$. [ver nota final]

De esta manera su precio $-\Pi$ es positivo, tanto como lo es:

$$-\Pi_j \sum_{k=1}^{ni\, i} \; x^{j}_{jk\;ik}$$

que va a incrementar el costo de la unidad admistrativa. Una interpretacion similar puede darse al criterio de optimalidad de la i-esima unidad administrativa, el cual es:

$$\min \bar{f}_j = Z^{*}_{ij} - \Pi_i \; \Pi^{0}_{0i} \qquad [(A3.9)]$$

o

$$z^{*}_i \geq \Pi_{0i}, \quad i=1,\ldots,m \qquad [(A3.10)]$$

donde z^{*}_i es el valor optimal de la funcion objetivo de la unidad administrativa i, y $\Pi 0i$ es el multiplicador simplex correspondiente a la i-esima restriccion de concavidad

$$\sum_j \tau_{ij} = 1 \qquad [(A3.11)]$$

Puesto que $\Pi 0i$ representa la variacion de Z causada por una reducida modificacion en la parte derecha de A3.11, el crecimiento de esta cantidad a su nivel actual igual a 1 implica que las ponderaciones atribuidas a las diferentes propuestas anteriormente presentadas por la unidad administrativa i pueden tener una suma mayor que 1. De esta manera Πoi mide el costo marginal de las propuestas actuales. Segun se discutio anteriormente, Zoi es una medida del costo total (directo e indirecto) de una nueva propuesta Xoi. Por lo tanto la prueba de optimalidad A3.10 expresa el hecho de que si para todas las unidades administrativas, la introduccion de las mejores propuestas va a incrementar mucho mas el costo que las propuestas actuales, entonces estas propuestas (las actuales) ponderadas adecuadamente son optimales. Si A3.10 no se cumple, entonces la nueva propuesta sustituye a una anterior. A proposito de esta interpretacion debe ser claro que el esquema de toma de decisiones en la estructura de dos niveles que se esta estudiando, no es del todo descentralizada, porque en realidad la unidad central toma las decisiones finales de acuerdo a las

poderaciones optimales de las propuestas de las unidades administrativas. Lasdon ([24],pag 199) se pregunta por que no se puede elaborar un sistema que de a las unidades administrativas la posibilidad de que ellas mismas decidan los niveles optimos de las decisiones. La respuesta a esta pregunta que Lasdon califica de curiosa, es que dicha imposibilidad parte precisamente de la linealidad total del problema. Lasdon dedica algunas lineas a la discusion de este hecho y demuestra en el capitulo 8 de su libro, que la descentralizacion completa
es posible solo en el caso de la existencia de ciertas no-linealidades satisfactorias.

Se concluira este apendice con la presentacion de el Algoritmo de Descomposicion de Datzing-Wolfe, el cual, como puede verse rapidamente no es sino un resumen de los argumentos que anteriormente se
utilizaron para demostrar que A3.1 podia descomponerse en un problema
principal A3.7 y en M subproblemas A3.8, el problema principal siendo
responsabilidad de la Unidad Central, y los subproblemas, de las unidades administrativas.

ALGORITMO DE DESCOMPOSICION DE DANZING-WOLFE

Para iniciar este algoritmo se presume que se dispone de una solucion admisible de base inicial para el programa principal A3.3, con matriz de base % y con multiplicadores simplex ($\prod 0, \prod 01, \ldots, \prod 0m$), con $\prod$
asociado a la relacion:

$$\sum_j P_{ij} \tau_{ij} = b_o ,$$

y con $\prod 0i$ asociado a:

$$\prod_{ij} \tau_{ij} = 1, \; i=1,\ldots,m, \quad \tau_{ij} \geq 0$$

Paso 1:)Utilizando los multiplicadores simplex $\prod$ se resuelven los M subproblemas A3.4, con lo cual se determina las soluciones Xi($\prod$) y los valores optimales Zi0 de sus respectivas funciones objetivo.

Paso 2:) Se determina $\min_j \bar{f}_{ij}$, el cual, de acuerdo a A3.9 es:

$$\min_j \bar{f}_{ij} = z_i^* - \prod_{oi}$$

Si

$$\min_j \bar{f}_{ij} \geq 0$$

el problema termina, siendo la solucion optima de A3.1, la dada por:

$$x_i^* = \sum_j \tau_{ij} x_i^j, \quad i=1,\ldots,m;\ j \text{ basica} \qquad [(A3.12)]$$

en donde x_i^j son los puntos extremos del poliedro convexo acotado

$$S_i = [\, x: B_i x_i = b_i ,\ x_i \geq 0 \,],$$

correspondiente a los valores τ_{ij} basicos.

Paso 3:) Si $\min_j \bar{f}_{ij} < 0$ se forma la columna

$$p = \begin{vmatrix} \sum_i A_i x_i(\prod) \\ 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{vmatrix}$$

Esta se transforma multiplicandola por $\%^{-1}$. Se utiliza despues la operacion usual de pivoteo obtenido una nueva inversa % de base y un nuevo vector ($\prod$, $\prod 01,\ldots,\prod 0m$) de multiplicadores simplex. Se regresa al paso 1.

Si el programa principal es no degenerado entonces cada iteracion va a diminuir el valor de Z con una cantidad diferente de cero. Puesto que existe solo un numero finito de bases posibles y ninguna repite, el proceso de descomposicion encontrara una solucion optima en un numero finito de iteraciones.

Nota final

Esta interpretacion del precio sombra se deriva del siguiente planteamiento:

De la teoria de la Programacion Lineal se sabe que la funcion objetivo $Z = cx$ de un problema del tipo mim cx sujeto a $Ax = b$, $x \geq 0$, nos permite escribir cualquier solucion admisible x_B de base con la expresion:

$$x_B = B^{-1} b$$

Por consiguiente, la expresion $Z = c_B x_B$

admite la representacion: $\underset{B}{\overset{-1}{Z}} = \overset{-1}{C} \quad B \quad b$

o, considerando que por definicion de precio sombra,

$\Pi = c_B B^{-1}$ resulta: $Z = \Pi b = \Pi_i b_i$

Luego podemos escribir:

$$\frac{\hat{z}}{\hat{b}_i} = \Pi_i \qquad i=1,\ldots m$$

Si z se mide en pesos, Πi se expresa en pesos por unidad de recurso de tipo i. Aqui se observa claro que Πi representa la cantidad de variacion de z obtenida por una ligera variacion en la disponibilidad del recurso i, suponiendo que todos los demas recursos se transforman

en
niveles de actividad de acuerdo a:

$$x_B = B^{(-1)} b$$

Se le agrega el adjetivo (sombra) a este precio, debido a que el no es el precio del producto en el mercado.

APENDICE IV

EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL GENERALIZADA

Un programa Lineal Generalizado, en el sentido definido por Wolfe ([28]), permite no tan solo la variacion de los niveles de actividad x_i, sino tambien la variacion de las columnas a_i asociadas y de los coeficientes de costos c_i.

El problema se enuncia como sigue: Para cada i, seleccione el numero x_i no negativo y los vectores a_i c_i de manera que se minimice:

$$Z = \sum_i c_i \; x_i \tag{A4.1}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_i a_i \; x_i = b, \qquad x_i \geq 0$$

$$(a_i , c_i) \in S_i ,$$

en donde S_i es un poliedro convexo acotado. El problema, como puede verse facilmente no es lineal, ya que contiene productos de cantidades desconocidas. Sin embargo, puede ser transformado en un problema lineal siguiendo el procedimiento utilizado en el apendice anterior. En efecto, puesto que los conjuntos S_i son acotados, cualquier $(a_i , c_i) \in S_i$ puede ser escrito como sigue:

$$\begin{aligned} (a_i , c_i) &= \sum_k \tau_{ik} (a_i , c_i) \\ \sum_k \tau_{ik} &= 1 \\ \tau_{ik} &\geq 0 \end{aligned} \tag{A4.2}$$

en donde (a_i^k, c_{ik}) son los puntos externos de S_i,

sustituyendo (A4.2) en (A4.1), el problema se transforma en:

$$\text{Minimizar} \quad Z = \sum_{i,k} C_{ik} \; \tau_{ik} \; x_i \tag{A4.3}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i,k} c_{ik}\, \tau_{ik}\, x_i$$

$$\text{o sea: } \quad U_{ik} = \tau_{ik}, \quad x_i \geq 0$$

Entonces (A4.3) se transforma en un programa lineal en las variables U_{ik} que por analogia con el Principio de Descomposicion de Datzing Wolfe sera llamado Problema Principal.

$$\text{Minimizar } \sum_{ik} C_{ik}\, U_{ik} \tag{A4.4}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{ik} a_i^k\, U_{ik} = b_i$$

$$U_{ik} \geq 0$$

Sea (U_{ik}^*) solucion optimal de(A4.4). Para obtener la solucion optimal (A4.1) se observa que si para un i dado todos los U_{ik} se anulan, entonces puesto que $U_{ik} = \tau_{ik}$, $x_i \geq 0$, resulta $X_i = 0$, $y^{ik}(A_i, C_i)$ puede tomar cualquier valor.

Si para un i dado al menos un U_{ik} es positivo, entonces:

$$\tau_{ik}^* = \frac{U_{ik}^*}{x_i} \tag{A4.5}$$

$$\sum_k \tau_{ik}^* = \frac{\sum_k U_{ik}^*}{x_i^*} = 1 \tag{A4.6}$$

De manera que:

$$x_i^* = \sum_k U_{ik}^* \tag{A4.7}$$

$$(A_i^*, C_i^*) = \sum_k \tau_{ik}^* \,(a_i^k, c_{ik}) \tag{A4.8}$$

Haciendo un alto en el proceso de solucion de A4.4 se observa lo siguiente. Al evaluar una de sus columnas se obtiene el coeficiente de costo relativo:

$$C_{ik} = C_{ik} - \prod a_i^k$$

que debe minimizarse para encontrar la columna que entre a la base puesto que (A_{ik}, C_{ik}) son puntos extremos de S_i, esta minimizacion es equivalente al subproblema:

$$\text{Minimizar} \quad c_i - \prod a_i \qquad (A4.9)$$

$$\text{Sujeto a:} \quad (a_i , c_i) \in S_i$$

el cual es un programa lineal y, por analogia con el programa de Descomposicion de Dantizing Wolfe, sera llamado subproblema i. Resolviendo estos subproblemas los calculos que siguen son exactamente los correspondientes al Metodo Simple Revisado. Salvo en el caso de que se caiga en un proceso de ciclado, en un numero finito de iteraciones se encuentra una solucion optima.

APENDICE V

EL PROBLEMA DE BENDERS

J.F. Benders ([14]) propuso un metodo de solucion a los problemas de Programacion Matematica con la siguiente estructura (Problema de Benders):

$$\text{Minimizar} \quad cx + f(y) \qquad \text{(A5.1)}$$

$$\text{Sujeto a:} \quad Ax + F(y) \geq b$$

$$x \geq 0, \quad y \in S$$

en donde:

A es una matriz m x n

x, c son vectores de n dimensiones

y es un vector p-dimensional

f es una funcion de y con valores escalares (no necesariamente lineal)

F es un vector m-dimensional cuyos componentes son funciones (no necesariamente lineales) de y.

b es un vector m-dimensional.

S Es un subconjunto arbitrario de E_p; (p.ej., el conjunto de los vectores de E^p son componentes enteros).

Puesto que, para valores fijos de Y, el problema(A5.1)es lineal en x, es natural buscar su solucion fijando a "y", resolviendo un programa lineal y despues obteniendo un "y" mas bueno, etc. Es claro que en un proceso como este, se deben considerar solo los valores de"y"para los cuales exista al menos un "x" que satisfaga las restricciones lineales correspondientes. De esta manera "y" debe pertenecer al conjunto:

$$R = \left\{ y\text{: existe } x \geq 0, \text{ tal que } Ax \geq b - F(y), \quad y \in S \right\}$$

$$= \left\{ y\text{: existe } x \geq 0, \text{ tal que } Ax - s = b - F(y), \; s \geq u, \; y \in S \right\}$$

Los vectores: $y \in R$, son llamados admisibles.

Ahora bien, del teorema de Farkas [1].

resulta que: $y \in R$, si y solo si $(b - F(y))\, u \leq 0$ (A5.2)

para todo: u, tal que $A^t u \leq 0, \quad u \geq 0$

Puesto que el cono: $C = \left\{ u: \; A^t u \leq 0, \quad u \geq 0 \right\}$

es podiedral, tiene un numero finito de generadores, entonces existen los vectores U_i^+, $i = 1 \ldots, n_r$ tal que:

$$u \in C \iff u = \sum_{i=1}^{n_r} \tau_i \; u_i^r, \; \tau_i \geq 0 \qquad \text{(A5.3)}$$

Sustituyendo el valor de u dado en (A5.3), en (A5.2), obtenemos:

$$\sum_{i=1}^{n_r} \tau_i \; (b - F(y))^t \; u_i^r \leq 0, \quad \tau_i \geq 0 \qquad \text{(A5.4)}$$

si y solo si: $\quad (b - F(y))^t \; u_i^r \leq 0, \; i=1,\ldots,n_r$ (A5.5)

De esta manera "y" pertenece a R (i.e., es admisible) si y solo si satisface el conjunto finito de restricciones (A5.5).

----

[1]: El teorema de Farkas es el siguiente:
Existe $x \geq 0$, tal que $Bx \leq a$, $au \geq 0$: para todo $u \geq 0$, tal que $Bu^t \geq 0$.

Aplicada a nuestro caso resulta: Existe $x \geq 0$, tal que:

$Ax \leq b\text{-}F(y) \iff (b - F(y))^t, u \geq 0$, para todo $u \geq 0$, tal que $A^t u \leq 0$.

Debido a esto, R puede ser escrito como sigue:

$$\left\{ y: \; (b - F(y))^t u_i^r \leq 0, \; i=1,\ldots,n_r, \; y \in S \right\} \qquad \text{(A5.6)}$$

Si el conjunto R es vacio entonces el problema original(A5.1) no es admisible. Si R no es vacio, (A5.1) puede escribirse como sigue:

$$\min_{y \in R} \left[f(y) + \min \left\{ c^t\ x : Ax \geq b - F(y),\ x \geq 0 \right\} \right] \quad (A5.7)$$

Esto coincide con la interpretacion expresada al inicio de este apendice de fijar a "y", resolver un problema original en "x", de seleccionar un valor aun mejor para "y", etc.

Considerando el dual de la expresion del parametro interior en A5.7 tenemos que se concluye la siguiente relacion:

$$\min \left\{ cx:\ Ax \geq b - F(b),\ x \geq 0 \right\} = \max \left\{ (b - F(b)^t\ u:\ Au \leq c,\ u \geq 0 \right\} \quad (A5.8)$$

en donde el maximo se toma igual a menos infinito si el dual no es admisible. (A5.8) se resume de esta manerael siguiente hecho: si el primal no es acotado el dual no es admisible, mientras que si ambos problemas son admisibles entonces ambos tienen soluciones optimas finitas con igual valor en sus funciones objetivo.

Sustituyendo: (A5.8) en (A5.7), se obtiene una nueva forma para el problema original (A5.1):

$$\underset{y \in S}{\text{Minimizar}} \left(f(y) + \max \left\{ (b - F(y))^t\ u:\ A^t\ u \leq c,\ u \geq 0 \right\} \right)$$

Sea P el conjunto de admisibilidad del dual (i.e., del problema):

$$\begin{aligned} &\text{Maximizar} \quad (b - F(y))^t\ u \\ &\text{Sujeto a:} \quad A^t\ u \leq c\ ;\ u \geq 0 \end{aligned} \quad (A5.9)$$

Entonces:

$$P = \left\{ u : A^t\ u \leq c,\ u \geq 0 \right\}$$

Retomando la notacion utilizada en (A5.3), resulta que (A5.8) puede tambien ser escrita como sigue:

$$\underset{y \in R}{\text{Minimizar}} \left(f\ (y) + \underset{1 \leq i \leq n_p}{\text{Maximizar}} \ (b - F(y))^t\ U_i \right)^P \quad (A5.10)$$

Este problema, sin embargo, es equivalente al siguiente:

Minimizar Z

Sujeto a: $Z \geq f(y) + (b - F(y))^t u_i^p, \quad i=1,\dots,n_p \qquad$ (A5.11)

$y \in R$

Utilizando ahora (A5.6) en (A5.11), podemos escribir este ultimo como a continuacion se indica:

Minimizar Z

Sujeto a: $Z \geq f(y) + (b - F(y))^t u_i^p, \quad i=1,\dots,n_p \qquad$ (A5.12)

$(b - F(y))^t \ u_i^r \leq 0, \quad i=1,\dots,n_r$

$y \in S$

Se ha logrado asi demostrar el siguiente teorema:

Teorema (A5.1): (Equivalencia entre A5.1 y A5.12)

a: (A5.1) tiene una solucion admisible <=> (A5.12) tiene una solucion admisible.

b: (A5.1) es admisible sin tener una solucion optimal <=> (A5.12) es admisible sin tener una solucion optimal.

c: Si (Z^*, y^*) resuelve (A5.12) y: x^* resuelve el problema lineal:

Minimizar $c^t x$

Sujeto a: $Ax \geq b - F(y^*), \quad x \geq 0,$

Entonces: (x^*, y^*), resuelve (A5.1), y

$Z^* = cx^* + f(y^*)$.

d: Si (x^*, y^*), resuelven (A5.1) y, $Z^* = cx^* + f(y^*)$,

Entonces: (z^*, y^*), resuelve (A5.12).

De este teorema se desprende tanto el algoritmo de Benders propiamente dicho, como la prueba de su convergencia finita para resolver el problema (A5.1).

ANEXO PAQUETE COMPUTACIONAL

OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE

CONTENIDO

RESUMEN

En este anexo se presenta el listado de las subrutinas "FORTRAN" que se desarrollaron para ser utilizados en interaccion con el programa comercial "LINDO", para resolver el modelo propuesto en esta TESIS.

El paquete computacional para el modelo propuesto considera el uso de las subrutinas siguientes:

SUBRUTINA "USER"

El proposito de esta subrutina es el de leer la informacion de un organismo descentralizado y llamar las subrutina adecuada para resolverlo. Esta subrutina es la que el programa "LINDO" llama, y fue desarrollada para resolver el problema computacional.

SUBRUTINA "ARCHIVO"

Esta subrutina se utiliza para resolver el problema con informacion tecleada en un archivo en formato ASCII, o DOS; esta subrutina es adecuada para resolver problemas de gran tamaño, cuya informacion puede estar en un disco rigido y por el tamaño del archivo de resultados que se puede generar.

SUBRUTINA "ACTIVO"

Esta subrutina fue desarrollada para familiarizarce con la estructura de problemas, que se proponen en esta TESIS, y con la informacion que se requiere, en forma interactiva.

SUBRUTINA "AYUDA"

Eta subrutina despliega la descripcion de problemas tipo que se pueden resolver con el programa.

NOTA.- La informacion concerniente a coeficientes es adecuado indicarl con un punto desimal, ya que el programa actua con variables reales, y sii se indican en format entero las reconoce, pero al resolver el modelo en algunos casos las considera como cero.

```
C**
$STORAGE:2
$LARGE
      SUBROUTINE USER(INF)
C**
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==          PROGRAMA QUE ES UTILIZADO PARA LA SOLUCION DE :        ==
C==          -------------------------------------------            ==
C==                                                                 ==
C==         UN MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS       ==
C==         DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO .                   ==
C==                                                                 ==
C==     ___________________________________________________         ==
C==                                                                 ==
C==     DESARROLLADO POR : OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE               ==
C==                        ------------------------------           ==
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==    PARA OBTENER EL GRADO DE :  MAESTRO EN INGENIERIA.           ==
C==                                                                 ==
C=====================================================================
C**
      COMMON /U1/ NOMVAR( 8 ) , COEF( 50 ) , NRESTRIC(50)
      COMMON /U2/ ALFANUM(36) , NEVARS , NRES
      DIMENSION ALFA(36)
      LOGICAL TRUBLE
      CHARACTER*1 BLANCO , ALFANUM , NOMVAR , OPC
      DATA BLANCO/' '/
      DATA ALFA/'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9',
     1          'A','B','C','D','E','F','G','H','I','J',
     2          'K','L','M','N','O','P','Q','R','S','T',
     3          'U','V','W','X','Y','Z'/
      IN1 = INF
C*******************************************************************
C** SE PROCEDE A LEER LA INFORMACION QUE DESCRIBE A EL ORGANISMO  **
C** DESCENTRALIZADO DEL SECTOR PUBLICO.                           **
C** CONSTRUYENDO EL MODELO DE OPTIMIZACION QUE LO REPRESENTA      **
C** Y PROCEDIENDO A RESOLVERLO POSTERIORMENTE                     **
C*******************************************************************
C==                                                               ==
C== SE PRESUPONE QUE SE HA FORMULADO EL PROBLEMA EN TERMINOS DE UN ==
C== MODELO DE OPTIMIZACION LINEAL Y QUE NO SE CONSIDERAN MAS DE   ==
C== 2000 VARIABLES Y MAS DE 4000 RESTRICCIONES .                  ==
C== ------------------------------------------------------------- ==
C== EL LIMITE SERAN ENTONCES:                                     ==
C==         VARIABLES      - A LO MAS 2000 VARIABLES .            ==
C==         RESTRICCIONES  - A LO MAS 4000 RESTRICCIONES .        ==
C==         ----------------------------------------------------- ==
C== LO CUAL SON LAS LIMITACIONES A QUE ESTA SUJETO EL PAQUETE LINDO ==
C==       ( LINEAR, INTERACTIVE AND DISCRETE OPTIMIZER ).         ==
C===================================================================
      WRITE(*,9000)
      DO 105 I=1,36
```

```
      ALFANUM(I)=ALFA(I)
105   CONTINUE
      DO 107 I=1,3000
      A=0.
107   CONTINUE
C==================================================================
C==                                                              ==
C==                DESCRIPCION DE VARIABLES                      ==
C==                ------------------------                      ==
C==                                                              ==
C==================================================================
C==                                                              ==
C==  NONVAR - SE UTILIZA PARA ASIGNAR EL NOMBRE DE LAS VARIABLES  ==
C==  COEF   - SE UTILIZA PARA LOS COEFICIENTES DISTINTOS DE CERO  ==
C==           DE CADA VARIABLE.                                  ==
C==  NRESTRIC-SE UTILIZA PARA INDICAR LA RESTRICCION A LA CUAL    ==
C==           CORRESPONDE EL COEFICIENTE.                        ==
C==  ALFANUM- CONTIENE CADA UNO DE LOS CARACTERES QUE PUEDEN SER  ==
C==           UTILIZADOS PARA LA DEFINICION DE UN NOMBRE DE VARIABLE=
C==  BLANCO - ES UTILIZADO PARA INICIALIZAR UNA CUERDA DE CARACTERES=
C==  NOP    - VARIABLE QUE INDICA EL NUMERO DE OPCION             ==
C==  NANA   - VARIABLE QUE INDICA EL TIPO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD
C==  NV     - INDICADOR DE CADA VARIABLE DE EL MODELO             ==
C==  KOND   - INICADOR DE EL TIPO DE SOLUCION QUE SE OBTUVO       ==
C==           2 - SOLUCION NO FACTIBLE                           ==
C==           4 - SOLUCION OPTIMA                                ==
C==           5 - SOLUCION NO ACOTADA                            ==
C==                                                              ==
C==================================================================
7     WRITE(*,9200)
9200  FORMAT(' SELECCIONE UNO OPCION :',//,' 0 - TERMINAR',/,
     * ' 1 - RESOLVER UN MODELO (CUYA INFORMACION ESTA EN UN ARCHIVO)',
     * /,' 2 - RESOLVER UN MODELO INTERACTIVAMENTE',/,' 3 - AYUDA',/)
      READ(*,*) NOP
      IF( (NOP.LT.0) .OR. (NOP.GT.3)) THEN
           GO TO 7
           ELSE
      ENDIF
      IF (NOP.EQ.0) THEN
          STOP
          ELSE
      ENDIF
      IF (NOP.EQ.1) THEN
             CALL ARCHIVO
             ELSE
      ENDIF
      IF (NOP.EQ.2) THEN
          CALL ACTIVO
          ELSE
      ENDIF
      IF (NOP.EQ.3) THEN
             CALL AYUDA
             GO TO 7
             ELSE
```

```
      ENDIF
C==============================================================
C== CONCLUYE LA PARTE DE LECTURAS Y DE LA CONSTRUCCION DEL MODELO=
C== QUE REPRESENTA A EL ORGANISMO DESCENTRALISADO.            ==
C==============================================================
C==     SE PROCEDE A RESOLVER EL PROBLEMA DE OPTIMIZACION      ==
C==============================================================
      CALL GO( 0 , KOND )
      IF( KOND .EQ. 2 ) THEN
         WRITE(32,2400)
2400     FORMAT(//,' >>>>>>>>>>  SOLUCION NO FACTIBLE  <<<<<<<',//)
         STOP
         ELSE
      ENDIF
      IF( KOND .EQ. 5 ) THEN
         WRITE(32,2500)
2500     FORMAT(//,' >>>>>>>>>> SOLUCION NO ACOTADA <<<<<<<<<<<',//)
         STOP
         ELSE
      ENDIF
      WRITE(32,2600)
2600  FORMAT(//,'  <<*******>>  SOLUCION OPTIMA <<*******>>',//)
C=================================================================
C==               SE IMPRIME LA SOLUCION OPTIMA                 ==
C=================================================================
      WRITE(32,2700)
2700  FORMAT(//,'   VARIABLE      VALOR PRIMAL     PRECIO SOMBRA',//
     *         )
      ZOB=0.
      ZOB1=0.
      DO 2800 I=1,NRVARS
         CALL REPVAR(I,PRIMAL,DUAL)
         WRITE(32,2900) I , PRIMAL , DUAL
         ZOB=ZOB+PRIMAL
         ZOB1=ZOB1+DUAL
2800  CONTINUE
      CALL REPROW(1,ZOB,ZOB1)
2900  FORMAT(5X,I4,8X,F10.4,10X,F10.4)
      WRITE(32,3000) ZOB
      WRITE(32,*) ' VARIABLE      V. PRIMAL    COSTO RED.'
      CALL SOBC(32)
3000  FORMAT(//,'           <<< SOLUCION OPTIMA >>>',//,
     * ' VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = ',F10.4,6(/))
C=================================================================
C==  SE SELECCIONA SI SE REQUIERE EFECTUAR UN ANALISIS DE SENSIBILIDAD
C=================================================================
C==  1 - INDICA EFECTUAR EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE LOS     ==
C==      COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO.                      ==
C==  2 - INDICA EFECTAUR EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE EL VECTOR=
C==      DE RECURSOS.                                              ==
C==  3 - EFECTUAR LOS DOS ANTERIORES.                              ==
C==  0 - O CUALQUIER OTRO NUMERO INDICA NO EFECTUAR EL ANALISIS DE ==
C==      SENSIBILIDAD.                                             ==
C=================================================================
```

```
      IF( NOF.EQ.2 ) THEN
          READ(*,*) NANA
          ELSE
          READ(22,*) NANA
      ENDIF
      IF( NANA .EQ. 1) THEN
         WRITE(32,3100)
3100     FORMAT(//,' SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE',/
     *              ' LOS COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO',///,
     *     ' VARIABLE   COEF. FUNCION    CAMBIO HACIA    CAMBIO HACIA'
     * ,//,'                OBJETIVO         ARRIBA           ABAJO',
     * //)
         DO 3200 I=1,NRVARS
            CALL RNGBGN
            CALL RNGCOL(I,COBJ,TU,TD)
            WRITE(32,3300) I,COBJ,TU,TD
3200     CONTINUE
3300     FORMAT(8X,I4,3(5X,F10.4))
        ELSE
      ENDIF
      IF( NANA .EQ. 2) THEN
         WRITE(32,3400)
3400     FORMAT(//,' SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE',/
     *         /,'               EL VECTOR DE RECURSOS',///,
     *   ' RESTRICCION  COEFICIENTE  CAMBIO HACIA   CAMBIO HACIA',//,
     *   '              DEL RECURSO     ARRIBA          ABAJO',//)
      DO 3500 I=2,NRES+1
         CALL RNGBGN
         CALL RNGROW(I,RHS,TU,TD)
         WRITE(32,3300) I,RHS,TU,TD
3500  CONTINUE
      ELSE
      ENDIF
      IF( NANA .EQ. 3) THEN
         WRITE(32,3100)
         DO 3600 I=1,NRVARS
            CALL RNGBGN
            CALL RNGCOL(I,COBJ,TU,TD)
            WRITE(32,3300) I,COBJ,TU,TD
3600     CONTINUE
         WRITE(32.3400)
         DO 3700 I=2,NRES+1
            CALL RNGBGN
            CALL RNGROW(I,RHS,TU,TD)
            WRITE(32,3300) I,RHS,TU,TD
3700  CONTINUE
      ELSE
      ENDIF
      RETURN
6000  FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES: ',I4)
7000  FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADOS ES: ',I4,/,
     * ' EL CUAL CORRESPONDE A LA UNIDAD CENTRAL UNICAMENTE',//)
```

```
7050    FORMAT(/,' LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO : ',I3,/,
     *  ' DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:',/,
     *  '  1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION',/,
     *  ' -1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION',/,
     *  '  0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR ',//)
7100    FORMAT(/,' EN LA RESTRICCION NUMERO : ',I4,/,' SE INDICO EL TIP'
     *  'O : ',I3,/,' CON COEFICIENTE EN EL VECTOR DE RECURSOS ',F10.4,
     *  /,' DONDE (-1 INDICA >=),( 1 INDICA <=),( 0 INDICA =)',/,
     *  ' CUALQUIER OTRO VALOR INDICA TERMINAR',//)
7150    FORMAT(/,' EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA',
     *  /,' VARIABLE ',I4,' ES ',I4,//)
7500    FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES ',I2,/,
     *  ' EL CUAL CORRESPONDE A UNA UNIDAD CENTRAL Y UN CONJUNTO DE',/,
     *  ' UNIDADES ADMINISTRATIVAS',/)
7550    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA VARIABLE ',I4,/,
     *  ' SE CONSIDERAN ',I4,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO',/)
8000    FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES :',I3,/)
8100    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA UNIDAD OP. ',I4,/,
     *  ' DE LA VARIABLE ',I4,' SE CONSIDERAN',I4,' COEFS. DIFS.',/,
     *  ' DE CERO',/)
8500    FORMAT(/,' NUMERO DE NIVELES : ',I3,/)
8550    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     *  'D OP. ',I3,/,' PARA LA VARIABLE  ',I3,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     *  ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
8600    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     *  'D OP. ',I3,/,' SUB-SUB UNIDAD OPERATIVA ',I3,
     *  ' PARA LA VARIABLE  ',I3,/,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     *  ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
9000    FORMAT(///,'        M O D E L O  D E  A S I G N A C I O N  D E',
     *  ' R E C U R S O S',//,7X,'E N  O R G A N I S M O S   D E S C',
     *  'E N T R A L I Z A D O S  D E L',//,13X,'S E C T O R',
     *  '  P U B L I C O',//,'  DESARROLLADO POR:',/,
     *  12X,' OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE',//,'  PARA OBTENER EL GRADO',
     *  /,'  DE MAESTRO EN INGENIERIA',//,20X,'D.E.P.F.I.',3(/))
9100    FORMAT(///,' INDICAR NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS',///)
        END
```

```
C**
$STORAGE:2
$LARGE
      SUBROUTINE ACTIVO
C**
C=====================================================================
C==                                                                ==
C==          PROGRAMA QUE ES UTILIZADO PARA LA SOLUCION DE :       ==
C==          ----------------------------------------------        ==
C==                                                                ==
C==         UN MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS      ==
C==         DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO .                  ==
C==               SOLUCION EN FORMA INTERACTIVA                    ==
C==     ___________________________________________________       ==
C==                                                                ==
C==    ____________________________________________________       ==
C==                                                                ==
C==    DESARROLLADO POR : OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE               ==
C==                       ---------------------------------        ==
C==                                                                ==
C=====================================================================
C**
      COMMON /U1/ NOMVAR( 6 ) , COEF( 50 ) , NRESTRIC(50)
      COMMON /U2/ ALFANUM(36) , NRVARS , NRES
      LOGICAL TRUBLE
      CHARACTER*1 BLANCO , ALFANUM , NOMVAR
      DATA BLANCO/' '/
      WRITE(*,9100)
      OPEN(32,FILE=' ')
      INFILE=22
      CALL LUNGET(INFILE,1,0)
      IN1 = INF
C*********************************************************************
C** SE PROCEDE A LEER LA INFORMACION QUE DESCRIBE A EL ORGANISMO    **
C** DESCENTRALIZADO DEL SECTOR PUBLICO.                             **
C** CONSTRUYENDO EL MODELO DE OPTIMIZACION QUE LO REPRESENTA        **
C** Y PROCEDIENDO A RESOLVERLO POSTERIORMENTE                       **
C*********************************************************************
C==                                                                ==
C== SE PRESUPONE QUE SE HA FORMULADO EL PROBLEMA EN TERMINOS DE UN  ==
C== MODELO DE OPTIMIZACION LINEAL Y QUE NO SE CONSIDERAN MAS DE     ==
C== 2000 VARIABLES Y MAS DE 4000 RESTRICCIONES .                    ==
C== -------------------------------------------------------------- ==
C== EL LIMITE SERAN ENTONCES:                                       ==
C==          VARIABLES      - A LO MAS 2000 VARIABLES .             ==
C==          RESTRICCIONES  - A LO MAS 4000 RESTRICCIONES .         ==
C==          ----------------------------------------------------- ==
C== LO CUAL SON LAS LIMITACIONES A QUE ESTA SUJETO EL PAQUETE LINDO ==
C==         ( LINEAR, INTERACTIVE AND DISCRETE OPTIMIZER ).         ==
C=====================================================================
      CALL INIT
      WRITE(*,9000)
      DO 107 I=1,3000
      A=0.
```

```
107     CONTINUE
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==                    DESCRIPCION DE VARIABLES                     ==
C==                    ------------------------                     ==
C==                                                                 ==
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==  NOMVAR - SE UTILIZA PARA ASIGNAR EL NOMBRE DE LAS VARIABLES    ==
C==  COEF   - SE UTILIZA PARA LOS COEFICIENTES DISTINTOS DE CERO    ==
C==           DE CADA VARIABLE.                                     ==
C==  NRESTRIC-SE UTILIZA PARA INDICAR LA RESTRICCION A LA CUAL      ==
C==           CORRESPONDE EL COEFICIENTE.                           ==
C==  ALFANUM- CONTIENE CADA UNO DE LOS CARACTERES QUE PUEDEN SER    ==
C==           UTILIZADOS PARA LA DEFINICION DE UN NOMBRE DE VARIABLE=
C==  BLANCO - ES UTILIZADO PARA INICIALIZAR UNA CUERDA DE CARACTERES=
C==  NNIV   - ES DONDE SE ASIGNA EL NUMERO DE NIVELES DE EL         ==
C==           ORGANISMO.                                            ==
C==  NRES   - INDICA EL NUMERO DE RESTRICCIONES QUE SE CONSIDERAN   ==
C==           EN EL MODELO                                          ==
C==  NUAS   - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS          ==
C==  NUA    - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD ADMINISTRATIVA   ==
C==  NUOPS  - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES OPERATIVAS               ==
C==  NUOP   - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD OPERATIVA        ==
C==  NUSOPS - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES SUB-OPERATIVAS           ==
C==  NUSOP  - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD SUB-OPERATIVA    ==
C==  NUSSOPS- INDICA EL NUMERO DE UNIDADES SUB-SUB-OPERATIVAS       ==
C==  NUSSOP - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD SUB-SUB-OPERATIVA=
C==  NRVARS - VARIABLE EN LA QUE SE ASIGNA EL NUMERO TOTAL DE       ==
C==           VARIABLES DEL MODELO                                  ==
C==  NVARS  - CONTADOR DE VARIABLES PARA CADA UNIDAD EN EL ULTIMO   ==
C==           NIVEL                                                 ==
C==  NV     - INDICADOR DE CADA VARIABLE DE EL MODELO               ==
C==  KOND   - INICADOR DE EL TIPO DE SOLUCION QUE SE OBTUVO         ==
C==           2 - SOLUCION NO FACTIBLE                              ==
C==           4 - SOLUCION OPTIMA                                   ==
C==           5 - SOLUCION NO ACOTADA                               ==
C==                                                                 ==
C=====================================================================
      WRITE(*,6100)
      READ(*,*) NNIV
      IF((NNIV.GT.5) .OR. (NNIV.LT.1)) THEN
          WRITE(*,10) NNIV
10        FORMAT(//,' NUMERO INADECUADO DE NIVELES ',I4,'<<<<<',//
     *              ,' SE DEBEN CONSIDERAR A LO MAS 5 NIVELES',//
     *              ,' Y POR LO MENOS UNO (AL CONSIDERAR SOLO',//
     *              ,' LA UNIDAD CENTRAL)',//)
          STOP
          ELSE
      ENDIF
```

```
      IF( NNIV .EQ. 1 ) THEN
C===============================================================
C==   EL ORGANISMO CONSIDERA SOLO UN NIVEL JERARQUICO, ESTO ES :  ==
C==   -------------------------------------------------------    ==
C==                     NIVEL   UNIDAD   CENTRAL                  ==
C===============================================================
      NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
      DO 100 I = 3 , 8
        NOMVAR(I) = BLANCO
100   CONTINUE
      WRITE(*,7005) NNIV
      READ(*,*) IND , NRES , NVARS
      WRITE(*,7050) IND
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
        CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
       ELSE
        STOP
      ENDIF
      DO 200 I=2,NRES+1
        WRITE(*,7075) I
        READ(*,*) IND , B
        IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
          CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
         ELSE
          WRITE(*,7100) I , IND , B
          STOP
        ENDIF
200   CONTINUE
      NRVARS=NVARS
      DO 300 I=1,NVARS
        NV=NVARS-I+1
        WRITE(*,7155) NV
        READ(*,*) NCOEF
        READ(*,*)(COEF(N),NRESTRIC(N),N=1,NCOEF)
        NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NV)
        CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
300   CONTINUE
      ELSE
      ENDIF
      IF( NNIV .EQ. 2 ) THEN
C===============================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CONFORMADO POR UNA UNIDAD CENTRAL Y ==
C== UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS.  ++++++++++++++++++ ==
C== ------------------------------------------------------------ ==
C==          ORGANISMO  DE  DOS  NIVELES  JERARQUICOS             ==
C===============================================================
      NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
      DO 400 I = 4 , 8
        NOMVAR(I) = BLANCO
400   CONTINUE
      WRITE(*,7500) NNIV
      WRITE(*,7010)
      READ(*,*) IND , NRES , NUAS
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
```

```
      CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
     ELSE
      STOP
    ENDIF
    DO 500 I=2,NRES+1
       WRITE(*,7075) I
       READ(*,*) IND , B
       IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
          CALL DEFROW(IND,B,1,TRUBLE)
         ELSE
          WRITE(*,7100) I , IND , B
          STOP
         ENDIF
500 CONTINUE
    NRVARS=0
    DO 700 I=1,NUAS
       NUA=NUAS-I+1
       NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
       WRITE(*,7080) NUA
       READ(*,*) NVARS
       NRVARS=NRVARS+NVARS
       DO 600 J=1,NVARS
          NV=NVARS-J+1
          NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NV)
          WRITE(*,7555) NUA , NV
          READ(*,*) NCOEF
          READ(*,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
          CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
600    CONTINUE
700 CONTINUE
    ELSE
    ENDIF
    IF( NNIV .EQ. 3 ) THEN
C===============================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CONFORMADO POR UNA UNIDAD CENTRAL Y ==
C== UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS LAS CUALES A SU VEZ   ==
C== CONSIDERAN UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS.+++++++++++++++ ==
C== ------------------------------------------------------------ ==
C==          ORGANISMO DE TRES NIVELES JERARQUICOS                ==
C===============================================================
    NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
    DO 800 I = 5 , 8
       NOMVAR(I) = BLANCO
800 CONTINUE
    WRITE(*,8000) NNIV
    WRITE(*,7010)
    READ(22,*) IND , NRES , NUAS
    IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
       CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
      ELSE
       STOP
    ENDIF
    DO 900 I=2,NRES+1
       WRITE(*,7075) I
```

```
          READ(*,*) IND , B
          IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
            CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
           ELSE
            WRITE(*,7100) I , IND , B
            STOP
           ENDIF
900     CONTINUE
        NRVARS=0
        DO 1200 I=1,NUAS
          NUA=NUAS-I+1
          NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
          WRITE(*,7085) NUA
          READ(*,*) NUOPS
          DO 1100 J=1,NUOPS
            NUOP = NUOPS - J + 1
            NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
            WRITE(*,7090) NUA , NUOP
            READ(*,*) NVARS
            NRVARS=NRVARS+NVARS
            DO 1000 K=1,NVARS
              NV=NVARS-K+1
              NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NV)
              WRITE(*,7095) NUA , NUOP , NV
              READ(*,*) NCOEF
              READ(*,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
              CALL AFFCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
1000        CONTINUE
1100      CONTINUE
1200    CONTINUE
        ELSE
        ENDIF
        IF( NNIV .EQ. 4 ) THEN
C==================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CON LA ESTRUCTURA SIGUIENTE:       ==
C== - UNA UNIDAD CENTRAL DE LA CUAL DEPENDEN                     ==
C==    - UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS                 ==
C==      DE LAS CUALES DEPENDEN                                  ==
C==    - UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS                      ==
C==    - Y DE CADA UNIDAD OPERATIVA DEPENDEN UN CONJUNTO DE      ==
C==      UNIDADES SUBOPERATIVAS.                                 ==
C==  --------------------------------------------------------   ==
C==   SE CONSIDERA EN ESTE CASO UN ORGANISMO DE CUATRO NIVELES   ==
C==                          JERARQUICOS                         ==
C==================================================================
        NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
        NOMVAR(6) = BLANCO
        NOMVAR(7) = BLANCO
        NOMVAR(8) = BLANCO
        WRITE(*,6500) NNIV
        WRITE(*,7010)
        READ(*,*) IND , NRES , NUAS
        IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
          CALL DEFROW(IND,0.,IRNS,TRUBLE)
```

```
          ELSE
            STOP
        ENDIF
        DO 1300 I=2,NRES+1
           WRITE(*,7075) I
           READ(*,*) IND , B
           IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
              CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
             ELSE
              WRITE(*,7100) I , IND , B
              STOP
            ENDIF
 1300   CONTINUE
        NRVARS=0
        DO 1700 I=1,NUAS
           NUA=NUAS-I+1
           NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
           WRITE(*,7065) NUA
           READ(*,*) NUOPS
           DO 1600 J=1,NUOPS
              NUOP = NUOPS - J + 1
              NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
              WRITE(*,7096) NUA , NUOP
              READ(*,*) NUSOPS
              DO 1500 K=1,NUSOPS
                 NUSOP=NUSOPS-K+1
                 NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NUSOP)
                 WRITE(*,8010) NUA , NUOP , NUSOP
                 READ(*,*) NVARS
                 NRVARS=NRVARS+NVARS
                 DO 1400 L=1,NVARS
                    NV=NVARS-L+1
                    NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NV)
                    WRITE(*,7097) NUA , NUOP , NUSOP , NV
                    READ(*,*) NCOEF
                    READ(*,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
                    CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
 1400            CONTINUE
 1500         CONTINUE
 1600      CONTINUE
 1700   CONTINUE
        ELSE
        ENDIF
        IF( NNIV .EQ. 5 ) THEN
```

```
C=====================================================================
C==             ORGANISMO DE CINCO NIVELES JERARQUICOS              ==
C=====================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CON LA ESTRUCTURA SIGUIENTE:          ==
C== - UNA UNIDAD CENTRAL DE LA QUE DEPENDEN UN CONJUNTO DE UNIDADES  ==
C==   ADMINISTRATIVAS.                                              ==
C== - UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS LAS CUALES SE ENCUENTRAN=
C==   CONFORMADAS POR UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS.           ==
C== - UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS CONFORMADAS POR UN         ==
C==   CONJUNTO DE SUB-UNIDADES OPERATIVAS.                          ==
C== - UN CONJUNTO DE SUB-UNIDADES OPERARTIVAS DE LAS CUALES DEPENDEN ==
C==   UN SUBCONJUNTO DE SUB-SUB-UNIDADES OPERATIVAS.                 ==
C== - SUBCONJUNTO DE SUB-SUB-UNIDADES OPERATIVAS EN EL QUINTO NIVEL  ==
C==   DENTRO DE EL ORGANISMO.                                       ==
C=====================================================================
      NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
      NOMVAR(7)= BLANCO
      NOMVAR(8)= BLANCO
      WRITE(*,7010)
      WRITE(32,7050) IND
      READ(*,*) IND , NRES , NUAS
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
         CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
        ELSE
         STOP
      ENDIF
      DO 1600 I=2,NRES+1
         WRITE(32,7075) I
         READ(22,*) IND , B
         IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
            CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
           ELSE
            WRITE(*,7100) I , IND , B
            STOP
          ENDIF
1600  CONTINUE
      NRVARS=0
      DO 2300 I=1,NUAS
         NUA=NUAS-I+1
         NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
         WRITE(*,7085) NUA
         READ(*,*) NUOPS
         DO 2200 J=1,NUOPS
            NUOP = NUOPS - J + 1
            NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
            WRITE(*,7095) NUA , NUOP
            READ(*,*) NUSOPS
            DO 2100 K=1,NUSOPS
               NUSOP=NUSOPS-K+1
               NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NUSOP)
               WRITE(*,7098) NUA , NUOP , NUSOP
               READ(*,*) NSSUOPS
               DO 2000 L=1,NUSSOPS
                  NUSSOP=NUSSOPS-L+1
```

```
                 NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NUSSOP)
                 WRITE(*,8020) NUA , NUOP , NUSOP , NUSSOP
                 READ(*,*) NVARS
                 NRVARS=NRVARS+NVARS
               DO 1900 M=1,NVARS
                 NV=NVARS-M+1
                 NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NV)
                 WRITE(*,8030) NUA , NUOP , NUSOP , NUSSOP , NV
                 READ(*,*) NCOEF
                 READ(*,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
                 CALL AFPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
1900           CONTINUE
2000          CONTINUE
2100         CONTINUE
2200       CONTINUE
2300     CONTINUE
         ELSE
         ENDIF
         RETURN
6000     FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES: ',I4)
6100     FORMAT(//,' INDIQUE EL NUMERO DE NIVELES DE EL ORGANIZACION',/)
7000     FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADOS ES: ',I4,/,
     *   ' EL CUAL CORRESPONDE A LA UNIDAD CENTRAL UNICAMENTE',//)
7005     FORMAT(//,' EL ORGANIZACION ES DE ',I3,' NIVELES',/,
     *   ' INDIQUE EL TIPO DE PROBLEMA , NUMERO DE RESTRICCIONES ,',/,
     *   ' Y NUMERO DE VARIABLES EN EL MODELO. DONDE TIPO = ',/,
     *   '  1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION',/,
     *   ' -1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION',/,
     *   '  0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR ',//)
7010     FORMAT(/,' INDIQUE EL TIPO DE PROBLEMA , NUMERO DE ',
     *   'RESTRICCIONES , Y NUMERO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS ',/,
     *   ' DONDE EL TIPO DE PROBLEMA CONSIDERA LO SIGUIENTE:',/,
     *   '  1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION',/,
     *   ' -1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION',/,
     *   '  0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR ',//)
7050     FORMAT(/,' LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO : ',I3,/,
     *   ' DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:',/,
     *   '  1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION',/,
     *   ' -1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION',/,
     *   '  0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR ',//)
7075     FORMAT(/,' INDIQUE PARA LA  RESTRICCION ',I4,/,' EL TIPO DE ',/,
     *   'RESTRICCION INDICANDO CON (0 ,=) , (1 , <=), (-1, >=); ',/,
     *   ' ASI COMO LA CANTIDAD DE RECURSOS DISP., O REQUERIMIENTOS',/)
7080     FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,' INDIQUE EL',/,
     *   ' NUMERO DE VARIABLES QUE SE CONSIDERAN',/)
7100     FORMAT(/,' EN LA RESTRICCION NUMERO : ',I4,/,' SE INDICO EL TIP'
     *   'O : ',I3,/,' CON COEFICIENTE EN EL VECTOR DE RECURSOS ',F10.4,
     *   /,' DONDE (-1 INDICA >=),( 1 INDICA <=),( 0 INDICA =)',/,
     *   ' CUALQUIER OTRO VALOR INDICA TERMINAR',//)
7155     FORMAT(/,' PARA LA VARIABLE ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *   'COEFICIENTES',/,' DIFERENTES DE CERO, Y A CONTINUACION INDIQUE'
     *   'LOS',/,' INDICANDO COEF. , NUM REST. ... , COEF. , NUM REST.',
     *   /,' RECORDANDO QUE LA FUNCION OBJETIVO SE CONSIDERA COMO LA ',/,
     *     ' RESTRICCION NUMERO UNO',/)
```

```
7150    FORMAT(/,' EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA',
     *  /,' VARIABLE ',I4,' ES ',I4,//)
7500    FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES ',I2,/,
     *  ' EL CUAL CORRESPONDE A UNA UNIDAD CENTRAL Y UN CONJUNTO DE',/,
     *  ' UNIDADES ADMINISTRATIVAS',/)
7550    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA VARIABLE ',I4,/,
     *  ' SE CONSIDERAN ',I4,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO',/)
7555    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,' PARA LA '
     *  'VARIABLE ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES'
     *  ,/,' DE CERO ; Y A CONTINUACION INDIQUELOS CONSIDERANDO ',/,
     *  ' INDICAR COEF , REST ... , COEF , REST .',/,
     *  ' RECORDANDO QUE LA FUNCION OBJETIVO ES LA RESTRICCION UNO',/)
7085    FORMAT(/,' INDIQUE EL NUMERO DE UNIDADES OPERATIVAS QUE ',/,
     *  ' QUE CONFORMAN A LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/)
7090    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,
     *  ' PARA LA UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *  'VARIABLES QUE SE CONSIDERAN EN EL MODELO ',/)
7095    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I4,/,' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' PARA LA VARIABLE ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE COEFICIENTES',/
     *  ,' DIFERENTES DE CERO',/,' DE ACUERDO A LO SIGUIENTE :',/,
     *  ' INDICAR COEF , REST ... , COEF , REST .',/,
     *  ' RECORDANDO QUE LA FUNCION OBJETIVO ES LA RESTRICCION UNO',/)
7096    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,
     *  ' Y PARA LA UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *  'SUBUNIDADES OPERATIVAS',/,' QUE LA CONFORMAN ',/)
7097    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I4,/,' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD SUB-OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' PARA LA VARIABLE ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE COEFICIENTES',/
     *  ,' DIFERENTES DE CERO',/,' DE ACUERDO A LO SIGUIENTE :',/,
     *  ' INDICAR COEF , REST ... , COEF , REST .',/,
     *  ' RECORDANDO QUE LA FUNCION OBJETIVO ES LA RESTRICCION UNO',/)
7098    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,' UNIDAD SUB-OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *  'SUBUNIDADES OPERATIVAS',/,' QUE LA CONFORMAN ',/)
8000    FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES :',I3,/)
8010    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,' UNIDAD SUB-OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *  'VARIABLES QUE SE CONSIDERAN EN EL MODELO ',/)
8020    FORMAT(/,' PARA LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,' UNIDAD SUB-OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD SUB-SUB-OPERATIVA ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE ',
     *  'VARIABLES QUE SE CONSIDERAN EN EL MODELO ',/)
8030    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I4,/,' UNIDAD OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' UNIDAD SUB-OPERATIVA ',I4,/,' UNIDAD SUB-SUB-OPERATIVA ',I4,/,
     *  ' PARA LA VARIABLE ',I4,/,' INDIQUE EL NUMERO DE COEFICIENTES',/
     *  ,' DIFERENTES DE CERO',/,' DE ACUERDO A LO SIGUIENTE :',/,
     *  ' INDICAR COEF , REST ... , COEF , REST .',/,
     *  ' RECORDANDO QUE LA FUNCION OBJETIVO ES LA RESTRICCION UNO',/)
8100    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA UNIDAD OP. ',I4,/,
     *  ' DE LA VARIABLE ',I4,' SE CONSIDERAN',I4,' COEFS. DIFS.',/,
     *  ' DE CERO',/)
8500    FORMAT(/,' NUMERO DE NIVELES : ',I3,/)
```

```
8550    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     *  'D OP. ',I3,/,' PARA LA VARIABLE  ',I3,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     *  ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
8600    FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     *  'D OP. ',I3,/,' SUB-SUB UNIDAD OPERATIVA ',I3,
     *  ' PARA LA VARIABLE  ',I3,/,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     *  ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
9000    FORMAT(///,'         M O D E L O  D E  A S I G N A C I O N  D E',
     *  ' R E C U R S O S',//,7X,'E N  O R G A N I S M O S  D E S C',
     *  'E N T R A L I Z A D O S  D E L',//,13X,'S E C T O R',
     *  ' P U B L I C O',/////,'  DESARROLLADO POR:',/,
     *  12X,' OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE',///,'  PARA OBTENER EL GRADO',
     *  /,'  DE MAESTRO EN INGENIERIA',///,20X,'D.E.P.F.I.',7(/))
9100    FORMAT(///,' INDICAR NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS',///)
        END
```

```
C**
$STORAGE:2
$LARGE
      SUBROUTINE ARCHIVO
C**
C=====================================================================
C==                                                                ==
C==        PROGRAMA QUE ES UTILIZADO PARA LA SOLUCION DE :         ==
C==        ---------------------------------------------           ==
C==                                                                ==
C==       UN MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS        ==
C==       DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO .                    ==
C==                                                                ==
C==   ---------------------------------------------------------   ==
C==                                                                ==
C==   DESARROLLADO POR : OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE                ==
C==                      ---------------------------------------   ==
C==                                                                ==
C=====================================================================
C**
      COMMON /U1/ NOMVAR( 8 ) , COEF( 50 ) , NRESTRIC(50)
      COMMON /U2/ ALFANUM(36) , NAVARS , NRES
      LOGICAL TAUBLE
      CHARACTER*1 BLANCO , ALFANUM , NOMVAR
      DATA BLANCO/' '/
      WRITE(*,9100)
      OPEN(32,FILE=' ')
      INFILE=22
      CALL LUNGET(INFILE,1,0)
      IN1 = INF
C*******************************************************************
C** SE PROCEDE A LEER LA INFORMACION QUE DESCRIBE A EL ORGANISMO   **
C** DESCENTRALIZADO DEL SECTOR PUBLICO.                            **
C** CONSTRUYENDO EL MODELO DE OPTIMIZACION QUE LO REPRESENTA       **
C** Y PROCEDIENDO A RESOLVERLO POSTERIORMENTE                      **
C*******************************************************************
C==                                                                ==
C== SE PRESUPONE QUE SE HA FORMULADO EL PROBLEMA EN TERMINOS DE UN ==
C== MODELO DE OPTIMIZACION LINEAL Y QUE NO SE CONSIDERAN MAS DE    ==
C== 2000 VARIABLES Y MAS DE 4000 RESTRICCIONES .                   ==
C== -------------------------------------------------------------- ==
C== EL LIMITE SERAN ENTONCES:                                      ==
C==         VARIABLES      - A LO MAS 2000 VARIABLES .             ==
C==         RESTRICCIONES  - A LO MAS 4000 RESTRICCIONES .         ==
C==         ------------------------------------------------------ ==
C== LO CUAL SON LAS LIMITACIONES A QUE ESTA SUJETO EL PAQUETE LINDO ==
C==        ( LINEAR, INTERACTIVE AND DISCRETE OPTIMIZER ).         ==
C=====================================================================
      CALL INIT
      WRITE(*,9000)
      DO 107 I=1,3000
      A=0.
107   CONTINUE
```

```
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==                 DESCRIPCION DE VARIABLES                        ==
C==                 ------------------------                        ==
C==                                                                 ==
C=====================================================================
C==                                                                 ==
C==  NOMVAR - SE UTILIZA PARA ASIGNAR EL NOMBRE DE LAS VARIABLES    ==
C==  COEF   - SE UTILIZA PARA LOS COEFICIENTES DISTINTOS DE CERO    ==
C==           DE CADA VARIABLE.                                     ==
C==  NRESTRIC-SE UTILIZA PARA INDICAR LA RESTRICCION A LA CUAL      ==
C==           CORRESPONDE EL COEFICIENTE.                           ==
C==  ALFANUM- CONTIENE CADA UNO DE LOS CARACTERES QUE PUEDEN SER    ==
C==           UTILIZADOS PARA LA DEFINICION DE UN NOMBRE DE VARIABLE=
C==  BLANCO - ES UTILIZADO PARA INICIALIZAR UNA CUERDA DE CARACTERES=
C==  NNIV   - ES DONDE SE ASIGNA EL NUMERO DE NIVELES DE EL         ==
C==           ORGANISMO.                                            ==
C==  NRES   - INDICA EL NUMERO DE RESTRICCIONES QUE SE CONSIDERAN  ==
C==           EN EL MODELO                                          ==
C==  NUAS   - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS          ==
C==  NUA    - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD ADMINISTRATIVA  ==
C==  NUOPS  - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES OPERATIVAS               ==
C==  NUOP   - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD OPERATIVA        ==
C==  NUSOPS - INDICA EL NUMERO DE UNIDADES SUB-OPERATIVAS           ==
C==  NUSOP  - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD SUB-OPERATIVA    ==
C==  NUSSOPS- INDICA EL NUMERO DE UNIDADES SUB-SUB-OPERATIVAS       ==
C==  NUSSOP - CONTADOR PARA DETERMINAR CADA UNIDAD SUB-SUB-OPERATIVA=
C==  NRVARS - VARIABLE EN LA QUE SE ASIGNA EL NUMERO TOTAL DE       ==
C==           VARIABLES DEL MODELO                                  ==
C==  NVARS  - CONTADOR DE VARIABLES PARA CADA UNIDAD EN EL ULTIMO  ==
C==           NIVEL                                                 ==
C==  NV     - INDICADOR DE CADA VARIABLE DE EL MODELO               ==
C==  KOND   - INICADOR DE EL TIPO DE SOLUCION QUE SE OBTUVO         ==
C==           2 - SOLUCION NO FACTIBLE                              ==
C==           4 - SOLUCION OPTIMA                                   ==
C==           5 - SOLUCION NO ACOTADA                               ==
C==                                                                 ==
C=====================================================================
      READ(22,*) NNIV
      WRITE(32,6000) NNIV
      IF((NNIV.GT.5) .OR. (NNIV.LT.1)) THEN
         WRITE(32,10) NNIV
10       FORMAT(//,' NUMERO INADECUADO DE NIVELES ',I4,'<<<<<',//
     *             ,'  SE DEBEN CONSIDERAR A LO MAS 5 NIVELES',//
     *             ,'  Y POR LO MENOS UNO (AL CONSIDERAR SOLO',//
     *             ,'  LA UNIDAD CENTRAL)',//)
         STOP
         ELSE
      ENDIF
      IF( NNIV .EQ. 1 ) THEN
```

```
C=================================================================
C==   EL ORGANISMO CONSIDERA SOLO UN NIVEL JERARQUICO, ESTO ES :   ==
C==   ---------------------------------------------------------    ==
C==                    NIVEL   UNIDAD   CENTRAL                    ==
C=================================================================
      NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
      DO 100 I = 3 , 8
         NOMVAR(I) = BLANCO
100   CONTINUE
      WRITE(32,7000) NNIV
      READ(22,*) IND , NRES , NVARS
      WRITE(32,7050) IND
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
         CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
        ELSE
         STOP
      ENDIF
      DO 200 I=2,NRES+1
         READ(22,*) IND , B
         IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
            CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
           ELSE
            WRITE(32,7100) I , IND , B
            STOP
         ENDIF
200   CONTINUE
      NSVARS=NVARS
      DO 300 I=1,NVARS
         NV=NVARS-I+1
         READ(22,*) NCOEF
         WRITE(32,7150) NV , NCOEF
         READ(22,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
         WRITE(32,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
         NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NV)
         CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
300   CONTINUE
      ELSE
      ENDIF
      IF( NNIV .EQ. 2 ) THEN
C=================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CONFORMADO POR UNA UNIDAD CENTRAL Y ==
C== UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS.  ++++++++++++++++++ ==
C== ------------------------------------------------------------ ==
C==         ORGANISMO  DE  DOS  NIVELES  JERARQUICOS              ==
C=================================================================
      NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
      DO 400 I = 4 , 8
         NOMVAR(I) = BLANCO
400   CONTINUE
      WRITE(32,7500) NNIV
      READ(22,*) IND , NRES , NUAS
      WRITE(32,7050) IND
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
         CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
```

```
         ELSE
           STOP
        ENDIF
        DO 500 I=2,NRES+1
           READ(22,*) IND , B
           IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
              CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
             ELSE
              WRITE(32,7100) I , IND , B
              STOP
             ENDIF
500     CONTINUE
        NRVARS=0
        DO 700 I=1,NUAS
           NUA=NUAS-I+1
           NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
           READ(22,*) NVARS
           NRVARS=NRVARS+NVARS
           DO 600 J=1,NVARS
              NV=NVARS-J+1
              NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NV)
              READ(22,*) NCOEF
              WRITE(32,7550) NUA , NV , NCOEF
              READ(22,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
              WRITE(32,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
              CALL AFPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
600        CONTINUE
700     CONTINUE
        ELSE
        ENDIF
        IF( NNIV .EQ. 3 ) THEN
C==================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CONFORMADO POR UNA UNIDAD CENTRAL  Y ==
C== UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS LAS CUALES A SU VEZ    ==
C== CONSIDERAN UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS.++++++++++++++ ==
C== -------------------------------------------------------------- ==
C==            ORGANISMO DE TRES NIVELES JERARQUICOS               ==
C==================================================================
        NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
        DO 800 I = 5 , 8
           NOMVAR(I) = BLANCO
800     CONTINUE
        WRITE(32,8000) NNIV
        READ(22,*) IND , NRES , NUAS
        WRITE(32,7050) IND
        IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
           CALL DEFROW(IND,0.,IRND,TRUBLE)
          ELSE
           STOP
        ENDIF
        DO 900 I=2,NRES+1
           READ(22,*) IND , B
           IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
              CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
```

```
              ELSE
               WRITE(32,7100) I , IND , B
               STOP
             ENDIF
900       CONTINUE
          NRVARS=0
          DO 1200 I=1,NUAS
             NUA=NUAS-I+1
             NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
             READ(22,*) NUOPS
             DO 1100 J=1,NUOPS
                NUOP = NUOPS - J + 1
                NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
                READ(22,*) NVARS
                NRVARS=NRVARS+NVARS
                DO 1000 K=1,NVARS
                   NV=NVARS-K+1
                   NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NV)
                   READ(22,*) NCOEF
                   WRITE(32,8100) NUA , NUOP , NV , NCOEF
                   READ(22,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
                   WRITE(32,*)(COEF(MS),NRESTRIC(MS),MS=1,NCOEF)
                   CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
1000            CONTINUE
1100         CONTINUE
1200      CONTINUE
          ELSE
          ENDIF
          IF( NNIV .EQ. 4 ) THEN
C=================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CON LA ESTRUCTURA SIGUIENTE:      ==
C== - UNA UNIDAD CENTRAL DE LA CUAL DEPENDEN                     ==
C==     - UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS                ==
C==       DE LAS CUALES DEPENDEN                                 ==
C==     - UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS                     ==
C==     - Y DE CADA UNIDAD OPERATIVA DEPENDEN UN CONJUNTO DE     ==
C==       UNIDADES SUBOPERATIVAS.                                ==
C==  ---------------------------------------------------------   ==
C==   SE CONSIDERA EN ESTE CASO UN ORGANISMO DE CUATRO NIVELES   ==
C==                          JERARQUICOS                         ==
C=================================================================
          NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
          NOMVAR(6) = BLANCO
          NOMVAR(7) = BLANCO
          NOMVAR(8) = BLANCO
          WRITE(32,8500) NNIV
          READ(22,*) IND , NRES , NUAS
          WRITE(32,7050) IND
          IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
             CALL DEFROW(IND,0.,IRND,TRUBLE)
            ELSE
             STOP
          ENDIF
          DO 1300 I=2,NRES+1
```

```
         READ(22,*) IND , B
         IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
           CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
          ELSE
           WRITE(32,7100) I , IND , B
           STOP
          ENDIF
1300    CONTINUE
        NRVARS=0
        DO 1700 I=1,NUAS
           NUA=NUAS-I+1
           NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
           READ(22,*) NUOPS
           DO 1600 J=1,NUOPS
              NUOP = NUOPS - J + 1
              NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
              READ(22,*) NUSOPS
              DO 1500 K=1,NUSOPS
                 NUSOP=NUSOPS-K+1
                 NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NUSOP)
                 READ(22,*) NVARS
                 NRVARS=NRVARS+NVARS
                 DO 1400 L=1,NVARS
                    NV=NVARS-L+1
                    NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NV)
                    READ(22,*) NCOEF
                    WRITE(32,8550) NUA , NUOP , NUSOP , NV , NCOEF
                    READ(22,*)(COEF(M),NRESTRIC(M),M=1,NCOEF)
                    WRITE(32,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
                    CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
1400             CONTINUE
1500          CONTINUE
1600       CONTINUE
1700    CONTINUE
        ELSE
        ENDIF
        IF( NNIV .EQ. 5 ) THEN
C=====================================================================
C==             ORGANISMO DE CINCO NIVELES JERARQUICOS              ==
C=====================================================================
C== SE CONSIDERA UN ORGANISMO CON LA ESTRUCTURA SIGUIENTE:          ==
C== - UNA UNIDAD CENTRAL DE LA QUE DEPENDEN UN CONJUNTO DE UNIDADES ==
C==   ADMINISTRATIVAS.                                              ==
C== - UN CONJUNTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS LAS CUALES SE ENCUENTRAN=
C==   CONFORMADAS POR UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS.           ==
C== - UN CONJUNTO DE UNIDADES OPERATIVAS CONFORMADAS POR UN         ==
C==   CONJUNTO DE SUB-UNIDADES OPERATIVAS.                          ==
C== - UN CONJUNTO DE SUB-UNIDADES OPERARTIVAS DE LAS CUALES DEPENDEN ==
C==   UN SUBCONJUNTO DE SUB-SUB-UNIDADES OPERATIVAS.                ==
C== - SUBCONJUNTO DE SUB-SUB-UNIDADES OPERATIVAS EN EL QUINTO NIVEL  ==
C==   DENTRO DE EL ORGANISMO.                                       ==
C=====================================================================
        NOMVAR(1)=ALFANUM(11)
        NOMVAR(7)= BLANCO
```

```
      NOMVAR(8)= BLANCO
      WRITE(32,8500) NNIV
      READ(22,*) IND , NRES , NUAS
      WRITE(32,7050) IND
      IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1)) THEN
         CALL DEFROW(IND,0.,IRNO,TRUBLE)
        ELSE
         STOP
      ENDIF
      DO 1800 I=2,NRES+1
         READ(22,*) IND , B
         IF((IND.EQ.1) .OR. (IND.EQ.-1) .OR. (IND.EQ.0)) THEN
            CALL DEFROW(IND,B,I,TRUBLE)
           ELSE
            WRITE(32,7100) I , IND , B
            STOP
          ENDIF
1800  CONTINUE
      NRVARS=0
      DO 2300 I=1,NUAS
         NUA=NUAS-I+1
         NOMVAR(2)=ALFANUM(10+NUA)
         READ(22,*) NUOPS
         DO 2200 J=1,NUOPS
            NUOP = NUOPS - J + 1
            NOMVAR(3)=ALFANUM(10+NUOP)
            READ(22,*) NUSOPS
            DO 2100 K=1,NUSOPS
               NUSOP=NUSOPS-K+1
               NOMVAR(4)=ALFANUM(10+NUSOP)
               READ(22,*) NUSSOPS
               DO 2000 L=1,NUSSOPS
                  NUSSOP=NUSSOPS-L+1
                  NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NUSSOP)
                  READ(22,*) NVARS
                  NRVARS=NRVARS+NVARS
               DO 1900 M=1,NVARS
                  NV=NVARS-M+1
                  NOMVAR(5)=ALFANUM(10+NV)
                  READ(22,*) NCOEF
                  WRITE(32,8600) NUA,NUOP,NUSOP,NUSSOP,NV,NCOEF
                  READ(22,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
                  WRITE(32,*)(COEF(M5),NRESTRIC(M5),M5=1,NCOEF)
                  CALL APPCOL(NOMVAR,NCOEF,COEF,NRESTRIC,TRUBLE)
1900           CONTINUE
2000          CONTINUE
2100        CONTINUE
2200     CONTINUE
2300  CONTINUE
      ELSE
      ENDIF
      RETURN
6000  FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES: ',I4)
```

```
7000   FORMAT(//,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADOS ES: ',I4,/,
     * ' EL CUAL CORRESPONDE A LA UNIDAD CENTRAL UNICAMENTE',//)
7050   FORMAT(/,' LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO : ',I3,/,
     * ' DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:',/,
     * '  1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION',/,
     * ' -1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION',/,
     * '  0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR ',//)
7100   FORMAT(/,' EN LA RESTRICCION NUMERO : ',I4,/,' SE INDICO EL TIP'
     * 'O : ',I3,/,' CON COEFICIENTE EN EL VECTOR DE RECURSOS ',F10.4,
     * /,' DONDE (-1 INDICA >=),( 1 INDICA <=),( 0 INDICA =)',/,
     * ' CUALQUIER OTRO VALOR INDICA TERMINAR',//)
7150   FORMAT(/,' EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA',
     * /,' VARIABLE ',I4,' ES ',I4,//)
7500   FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES ',I2,/,
     * ' EL CUAL CORRESPONDE A UNA UNIDAD CENTRAL Y UN CONJUNTO DE',/,
     * ' UNIDADES ADMINISTRATIVAS',/)
7550   FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA VARIABLE ',I4,/,
     * ' SE CONSIDERAN ',I4,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO',/)
8000   FORMAT(/,' EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES :',I3,/)
8100   FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' PARA LA UNIDAD OP. ',I4,/,
     * ' DE LA VARIABLE ',I4,' SE CONSIDERAN',I4,' COEFS. DIFS.',/,
     * ' DE CERO',/)
8500   FORMAT(/,' NUMERO DE NIVELES : ',I3,/)
8550   FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     * 'D OP. ',I3,/,' PARA LA VARIABLE  ',I3,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     * ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
8600   FORMAT(/,' EN LA UNIDAD ADM. ',I3,' UNIDAD OP. ',I3,' SUB-UNIDA'
     * 'D OP. ',I3,/,' SUB-SUB UNIDAD OPERATIVA ',I3,
     * ' PARA LA VARIABLE  ',I3,/,'SE CONSIDERAN ',I4,/
     * ,' COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO ',/)
9000   FORMAT(///,'         M O D E L O   D E   A S I G N A C I O N   D E',
     * '  R E C U R S O S',//,7X,'E N   O R G A N I S M O S   D E S C',
     * 'E N T R A L I Z A D O S   D E L',//,13X,'S E C T O R',
     * '  P U B L I C O',///,'  DESARROLLADO POR:',/,
     * 12X,' OSCAR AUGUSTO FERRAEZ LEPE',//,'  PARA OBTENER EL GRADO',
     * /,'  DE MAESTRO EN INGENIERIA',///,20X,'D.E.P.F.I.',7(/))
9100   FORMAT(///,' INDICAR NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS',///)
       END
```

```
      SUBROUTINE AYUDA
C=================================================================
C== EL PROPOSITO DE ESTA SUBRUTINA ES EL DE DAR UNA PEQUEÑA      ==
C== EXPLICACION ACERCA DE EL MODELO :                            ==
C== -------------------------------------------------------------==
C==                                                              ==
C==      MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS          ==
C==      DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO.                    ==
C=================================================================
C==  ADEMAS ES ADECUADO MENCIONAR QUE ESTA DOCUMENTACION SE      ==
C==  PUEDE ACCESAR POR MEDIO DE UN PROCESADOR DE TEXTOS ASCII.   ==
C=================================================================
C==                                                              ==
C==  ESTE TRABAJO FUE DESARROLLADO POR : OSCAR AUGUSTO FERRAEZ   ==
C==                                                              ==
C==  PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA,  1988.      ==
C=================================================================
      DIMENSION A(10)
      CHARACTER*8 A
      CHARACTER*1 C
      OPEN(44,FILE='AYUDA.DAT')
100   CONTINUE
      DO 150 I=1,20
          READ(44,200) (A(I1),I1=1,10)
          IF(A(1).EQ.'FIN     ') THEN
               RETURN
             ELSE
          ENDIF
          WRITE(*,200) (A(I1),I1=1,10)
150   CONTINUE
        WRITE(*,*) '         DESEA CONTINUAR   S/N '
        READ(*,210) C
        IF(C.EQ.'N') THEN
          RETURN
          ELSE
          GO TO 100
        ENDIF
      GO TO 100
200   FORMAT(10A8)
210   FORMAT(A1)
      END
```

A Y U D A

MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN

ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS DEL

SECTOR PUBLICO

LA ASIGNACION DE RECURSOS EN UN ORGANISMO SE PUEDE DESCRIBIR A TRAVES DE SUS NIVELES JERARQUICOS. POR LO CUAL SE CONSIDERO EL DESARROLLO DE UN MODELO DE OPTIMIZACION QUE PERMITA LA ASIGNACION DE RECURSOS EN FORMA OPTIMA.

EL MODELO DE ASIGNACION DE RECURSOS EN ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS DEL SECTOR PUBLICO CONSIDERA LO SIGUIENTE:

Una estructura jerárquica.

Un conjunto de niveles jerárquicos de acuerdo con los cuales se desarrollan las actividades funcionales de el organismo.

Los organismos que representa el modelo pueden ser de los tipos siguientes:

1. Organismo de un nivel jerárquico.

Una unidad central.

En este caso se trata de un organismo de un solo nivel jerárquico, por lo que la solución a la asignación de sus recursos en forma optima considerara lo siguiente:

1.1. Una descripción detallada de los recursos de que dispone el organismo.

1.2. Una descripción detallada de las actividades que se planean desarrollar con esos recursos, así como de los recursos que se requieren para llevar a cabo cada actividad .

1.3. Una descripción de los costos o beneficios en que se incurrira por desarrollar cada actividad ya que sera en base a esto que se optimizara la asignación de recursos, minimizando costos y maximizando beneficios.

2. Organismo de dos niveles jerárquicos.

Una unidad central de la cual dependen un conjunto de unidades administrativas.

En este caso la unidad central sera la responsáble de el conjunto de actividades que. llevaran a cabo cada una de sus unidades administrativas y vigilar que la asignación de recursos sea lo mejor posible de acuerdo a el conjunto de actividades que se planean desarrollar en cada unidad administrativa, por lo que sera necesario para la asignación optima de recursos considerar lo siguiente:

2.1. Determinar el numero de unidades administrativas que dependen de la unidad central.

2.2. El nivel de recursos disponibles para cada unidad administrativa, así como el nivel de recursos globales que compartiran las unidades administrativas.

2.3. Tener definidas las actividades que se planean desarrollar en cada una de las unidades administrativas.

2.4. Conocer los recursos que se requeriran para llevar a cabo cada una de las actividades en las distintas unidades administrativas.

2.5. Conocer los costos y beneficios que se tendrán por llevar a cabo cada una de las actividades dentro de cada unidad administrativa que conforma a la unidad central.

3. Organismo de tres niveles jerárquicos.

Una unidad central de la cual dependen un conjunto de unidades administrativas y las cuales a su vez se encuentran conformadas por un conjunto de unidades operativas.

En este caso la unidad central sera la responsable de el conjunto de actividades que llevaran a cabo cada una de sus unidades administrativas y vigilar que la asignación de recursos sea lo mejor posible de acuerdo a el conjunto de actividades que se planean desarrollar en cada unidad administrativa, pero en este caso cada unidad administrativa sera responsable de el adecuado funcionamiento de cada unidad operativa que depende de ella ,por lo que sera necesario para la asignación optima de recursos considerar lo siguiente:

3.1. Determinar el numero de unidades administrativas que conforman a la unidad central.

3.2. Determinar el numero de unidades operativas que conforman a cada una de las unidades operativas.

3.3. Determinar los recursos disponibles para cada unidad operativa así como lo recursos globales disponibles para las unidades operativas de cada unidad administrativa.

3.4. Determinar los recursos globales de que dispone el unidad central y que se tendrán como recursos globales para las unidades administrativas que conforman a la unidad central.

3.5. Determinar los recursos que se requeriran para llevar a cabo cada una de las actividades dentro de cada unidad operativa.

3.6. Determinar los costos y beneficios que tendrá que incurrir la unidad central por el hecho de que se lleven a cabo las actividades en cada unidad operativa, para que el funcionamiento en las unidades administrativas sea lo mejor y de esta forma el funcionamiento de la unidad central, así como la asignación de sus recursos sea en forma optima.

4. Organismo de cuatro niveles jerárquicos.

Una unidad central de la cual dependen un conjunto de unidades administrativas y las cuales a su vez se encuentran conformadas por un conjunto de unidades operativas las cuales para llevar a cabo sus actividades se conforman de un conjunto de unidades sub-operativas

En este caso la unidad central sera la responsable de el conjunto de actividades que llevaran a cabo cada una de sus unidades administrativas y vigilar que la asignación de recursos sea lo mejor posible de acuerdo a el conjunto de actividades que se planean desarrollar en cada unidad administrativa, pero en este caso cada unidad administrativa sera responsable de el adecuado funcionamiento de cada unidad operativa que depende de ella , de la misma forma cada unidad operativa sera responsable de el adecuado funcionamiento de cada unidad suboperativa que la conforma ,por lo que sera necesario para la asignacion optima de recursos considerar lo siguiente:

4.1. Determinar el numero de unidades administrativas que conforman a la unidad central.

4.2. Determinar el numero de unidades operativas que conforman a cada una de las unidades operativas.

4.3. Determinar el numero de unidades sub-operativas que conforman a cada unidad operativa, para las distintas unidades administrativas que conforman a la unidad central.

4.4. Determinar los recursos disponibles para cada unidad sub-operativa así como lo recursos globales disponibles para las unidades sub-operativas de cada unidad operativa.

4.5. Determinar los recursos globales de que dispone cada unidad administrativa y que se tendrán como recursos globales para las unidades operativas que conforman a cada unidad administrativa.

4.6. Determinar los recursos globales de que dispone el unidad central y que se tendrán como recursos globales para las unidades administrativas que conforman a la unidad central.

4.7. Determinar los recursos que se requeriran para llevar a cabo cada una de las actividades dentro de cada unidad sub_operativa.

4.8. Determinar los costos y beneficios que tendrá que incurrir la unidad central por el hecho de que se lleven a cabo las actividades en cada unidad sub-operativa, para que el funcionamiento en las unidades operativas sea lo mejor y de esta forma el funcionamiento de cada unidad administrativa sea el mas adecuado, así como la asignación de sus recursos de la unidad central y que esta sea en forma optima.

5. El modelo de optimización que se genera para la asignación optima de recursos y que se ha analisado a en esta tesis aporta no solo la solución sino también la interpretación de resultados económicos que se obtienen de la solución de este modelo.

El modelo de asignación de recursos en organismos descentralizados del sector publico propuesto en esta tesis se a implantado para ser utilizado en computadoras personales IBM/PC y/o compatibles. Para esto el trabajo se apoya en el paquete de programación lineal lindo, habiendose desarrollado e implantado el programa fortran que genera y resuelve este modelo con la utileria del paquete lindo, con la mezcla de programación y el uso de las utilerias de lindo se resuelve el problema de dimensionalidad en que se incurre al plantear este modelo y que hace unos años no se hubiera podido ni pensar en su solución en una maquina de gran tamaño.

Este trabajo se podría considerar dentro de el área de grandes problemas prácticos que requieren para su solución tanto un espíritu creativo como el empuje para resolverlo . Mostrandose en este trabajo el planteamiento, la interpretación de resultados y un programa computacional que lo resuelve.

FIN

```
1                                NUMERO DE NIVELES
-1  5 6                          TIPO (NUM DE REST) NUM DE VARS.
1 30.                            TIPO DE REST ( COEF DEL VECTOR DE RECURSOS)
1 45.
1 45.
1 60.
1 75.
3                                COEF <> DE CERO DE LA VARIABLE 1
10. 1 15. 2 20. 3                COEF (RESTRICCION)
4                                COEF <> DE CERO DE LA VARIABLE 2
15. 1 20. 3 14. 5 17. 6          COEF (RESTRICCION)
6
12. 1 16. 2 15. 3 17. 4 18. 5 19. 6
3
15. 1 15. 3 2. 6
4
10. 1 17. 2 19. 3 25. 4
3
20. 1 18. 5 13. 6
0                                     NO EFECTUAR ANALISIS DE SENSIBILIDAD
```

```
2                              NIVELES
-1 23 3                        TIPO  (NUM DE REST.)  UNIDS. AD.
1 500.                         TIPO DE REST, NIVEL DE RECURSOS O REQS.
1 700.
1 800.
1 700.
1 100.
1 700.
1 800.
1 900.
1 800.
1 800.
1 800.
1 850.
1 1700.
1 1400.
1 1600.
1 800.
1 2000.
1 2500.
1 2800.
1 2500.
1 2200.
1 2000.
1 1500.
6                              VARIABLES PRIMER UNID. ADMINISTRATIVA
7                              COEFS. DISTINTOS DE CERO  PRIMER VAR.
6. 1 4. 2 2. 4 1. 5 6. 16 5. 17 4. 24  COEF Y RESTRICCION PRIMER VARIABLE
8
5. 1 4. 2 3. 3 2. 4 1. 5 5. 20 1. 22 2. 23
8
4. 1 4. 2 2. 4 1. 5 4. 19 3. 21 3. 22 3. 24
8
3. 1 3. 2 2. 3 1. 4 1. 17 1. 20 2. 21 1. 24
8
2. 1 2. 2 1. 3 3. 4 4. 5 1. 19 2. 20 2.  22
8
2. 1 1. 2 2. 3 3. 4 4. 5 2. 17 3. 18 4. 19
6                              VARIABLES SEGUNDA UNID. ADMINISTRATIVA
7                              COEF. DISTINTOS DE CERO PRIMER VARIABLE
2. 1 5. 2 6. 3 7. 4 1. 12 3. 14 2. 16
8
10. 1 3. 2 3. 3 3. 4 3. 5 2. 14 1. 15 2. 16
7
9. 1 4. 2 6. 4 6. 5 3. 11 5. 13 1. 15
4
8. 1 3. 2 4. 3 4. 14
6
5. 1 2. 3 2. 4 2. 5 2. 12 2. 13
6
4. 1 1. 2 1. 3 1. 5 1. 11 4. 12
6,                             VARIABLES TERCER UNIDAD ADMINISTRATIVA
7,                             COEF. DISTINTOS DE CERO PRIMER VARIABLE
6. 1 1. 2 2. 3 4. 5 1. 6 1. 8 3. 10
```

```
6
5. 1 1. 2 1. 3 1. 4 1. 5 1. 10
6
10. 1  2. 2  2. 3  2.  4  2.  5 1. 9
5
7. 1 1. 2 2. 3 1. 7 2. 9
8
6. 1 3. 2 4. 3 5. 4 6. 5 2. 6 2. 7 1. 8
7
5. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5 1. 6 2. 10
3                                        NO EFECTUAR ANALISIS DE SENSIBILIDAD
```

```
3                                  NIVELES
-1 24  4                           TIPO  ( NUM. DE RESTRICCIONES) UNDS. AD.
1  1000.                            TIPO DE REST (NIVEL DE RECURSOS O REQS)
1   800.
1   800.
1   750.
1   400.
1   500.
1   1000.
1   200.
1   300.
1   500.
1   200.
1   1500.
1   700.
1   200.
1   250.
1   300.
1   1500.
1   1000.
1   800.
1   750.
1   500.
1   600.
1   450.
1   300.
2                                  NUM DE UNIDADES OP. EN LA UN. AD. 1
3                                  NUM DE VARS. EN LA PRIMER UN. OPER.
8                                  NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER V.
1. 1 1. 2 1. 3 2. 5 1. 20 3. 21 1. 24 3. 25
7
1. 1 3. 2 1. 4 2. 5 2. 21 2. 24 1. 25
7
3. 1 3. 2 2. 4 1. 5 1. 20 1. 21 1. 24
3                                  NUM DE VARS EN LA SEG. UNIDAD OPERATIVA
6                                  NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER VAR
3. 1 2. 3 1. 5 1. 20 4. 22 2. 23
6
2. 1 2. 2 1. 4 2. 21 1. 22 3. 23
7
2. 1 1. 3 3. 5 1. 20 1. 21 1. 22 2. 23
```

```
3                                NUM DE UNIDS. OP. EN LA SEGUNDA UN AD.
2                                NUM DE VARS. EN LA PRIMER UNIDAD OP.
6                                NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER V.
3. 1 1. 2 2. 4 3. 5 1. 14 1. 18
6
2. 1 1. 3 2. 5 2. 14 3. 18 3. 19
2
6
1. 1 3. 2 1. 4 2. 5 1. 14 5. 17
6
1. 1 3. 2 2. 4 1. 5 2. 14 4. 17
2
6
1. 1 2. 3 1. 5 1. 14 1. 15 1. 16
6
3. 1 2. 2 1. 4 3. 5 1. 14 1. 15
2                                NUM DE UNIDADES OP. EN LA TERCER UNID. AD.
2                                NUM DE VARS EN LA PRIMER UNIDAD OPERATIVA
5                                NUM DE COEF <> DE CERO DE LA PRIMER VAR.
2. 1 1. 3 3. 4 2. 11 2. 13
6
1. 1 1. 2 3. 3 2. 4 2. 11 1. 13
2
6
1. 1 1. 2 3. 3 2. 5 1. 11 2. 12
6
2. 1 1. 3 3. 4 2. 5 1. 11 1. 12
2                                NUM DE UNIDADES OP. EN LA CUARTA UNIDAD AD.
3                                NUM DE VARS EN LA PRIMER UNIDAD OPERATIVA
5                                NUM DE COEF <> DE CERO DE LA PRIMER VAR.
2. 1 1. 4 3. 5 1. 6 1. 10
6
1. 1 2. 3 3. 4 1. 5  2. 7 1. 10
6
1. 1 2. 2 3. 4 1. 5 1. 6  1. 10
3
7
1. 1 3. 2 2. 3 1. 4 3. 7 1. 8 1. 9
7
2. 1 3. 2 1. 3 2. 4 1. 6 2. 8 2. 9
8
3. 1 1. 2 3. 3 2. 5 1. 6 2. 7 1. 8 2. 9
3                                EFECTUAR ANALISIS DE SENSIBILIDAD
```

```
4                                NIVELES
-1 23  2                         TIPO  ( NUM. DE RESTRICCIONES) UNDS. AD
1  2000.                          TIPO DE REST  (NIVEL DE RECURSOS O REQS)
1  1500.
1  1400.
1   900.
1   800.
1   700.
1   500.
1   400.
1   400.
1   600.
1   300.
1   2000.
1   2000.
1   800.
1   400.
1   500.
1   500.
1   300.
1   2000.
1   2000.
1   400.
1   2000.
1   2000.
2                                NUM DE UNIDADES OP. EN LA UN. AD. 1
2                                NUM DE SUB-U-OPS EN LA PRIMER UN. OPER.
2                                NUM DE VARS EN LA PRIMER SUB-UNIDAD OP.
8                                NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER V.
2. 1 2. 3 1. 4 2. 5 2. 15 1. 16 2. 21 3. 24
9
2. 1 2. 2 1. 3 3. 5 2. 15 1. 16 3. 17 3. 22 3. 24
2                                 NUM DE VARS EN LA SEG. SUB-UNIDAD OP.
8
1. 1 1. 2 2. 3 3. 4 2. 15 2. 16 2. 22 2. 23
9
1. 1 1. 2 3. 3 2. 4 1. 15 1. 16 1. 17 1. 22 2. 23
2                                NUM DE SUB-U-OPS EN LA SEG. UNIDAD OP.
3                                NUM DE VARS EN LA PRIMER SUB-UNIDAD OP.
10                               NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER VAR
5. 1 3. 2 1. 3 2. 5  2. 15 1. 16 2. 17 3. 18 2. 20 2. 21
10
4. 1 3. 2 1. 4 2. 5 1. 15 1. 16 1. 17 1. 18 2. 20 3. 21
9
4. 1 3. 3 2. 4 1. 5 2. 15 2. 16 2. 17 2. 18 1. 20
```

```
2                                    NUM DE VARS EN LA SEGUNDA SUB-UNIDAD OP
8
3. 1 2. 3 1. 5 2. 15 1. 16 2. 17 2. 18 1. 19
9
3. 1 2. 2 1. 4 3. 5 1. 15 1. 16 2. 17 2. 18 2. 19
2                                    NUM DE UNIDADES OP. EN LA UN. AD. 2
2                                    NUM DE SUB-U-OPS EN LA PRIMER UN. OPER.
2                                    NUM DE VARS EN LA PRIMER SUB-UNIDAD OP.
8                                    NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER V.
1. 1 2. 2 1. 3 3. 4 3. 6 2. 7 2. 12 2. 14
7
1. 1 1. 2 2. 3 1. 6 2. 7 2. 12 2. 14
2                                     NUM DE VARS EN LA SEG. SUB-UNIDAD OP.
8
1. 1 3. 2 1. 3 2. 4 2. 6 3. 7 1. 12 1. 13
8
2. 1 3. 2 1. 4 2. 5 1. 6 1. 7 1. 12 2. 13
2                                    NUM DE SUB-U-OPS EN LA SEG. UNIDAD OP.
2                                    NUM DE VARS EN LA PRIMER SUB-UNIDAD OP.
8                                    NUM DE COEF. <> DE CERO DE LA PRIMER VAR
2. 1 3. 3 2. 4 1. 5 1. 6 2. 7 1. 8 3. 11
8
2. 1 2. 3 3. 4 1. 5 1. 6 1. 7 1. 8 2. 11
3                                    NUM DE VARS EN LA SEGUNDA SUB-UNIDAD OP
9
1. 1 2. 2 1. 4 3. 5 2. 6 3. 7 2. 8 1. 9 1. 10
8
1. 1 2. 2 1. 3 3. 5 1. 7 2. 8 1. 9 2. 10
9
1. 1 1. 2 2. 3 3. 4 1. 6 1. 7 1. 8 2. 9 1. 10
2                                     ANALISIS DE SENSIBILIDAD
```

```
EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES:     1


EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADOS ES:     1
EL CUAL CORRESPONDE A LA UNIDAD CENTRAL UNICAMENTE



LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO :  -1
DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:
 1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION
-1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION
 0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR



EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE    6 ES    3


     10.000000           1       15.000000           2       20.000000
         3

EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE    5 ES    4


     15.000000           1       20.000000           3       14.000000
         5       17.000000           6

EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE    4 ES    6


     12.000000           1       16.000000           2       15.000000
         3       17.000000           4       18.000000           5
     19.000000           6

EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE    3 ES    3


     15.000000           1       15.000000           3        2.000000
         6

EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE    2 ES    4


     10.000000           1       17.000000           2       19.000000
         3       25.000000           4
```

EL NUMERO DE COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO DE LA
VARIABLE 1 ES 3

20.000000 1 18.000000 5 13.000000
6

<<(*******>> SOLUCION OPTIMA <<*******>>

VARIABLE	VALOR PRIMAL	PRECIO SOMBRA
1	.0000	10.0000
2	.0000	20.5556
3	.0000	23.0000
4	3.0000	.0000
5	.0000	9.0000
6	3.3333	.0000

<<< SOLUCION OPTIMA >>>

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 111.6667

VARIABLE	V. PRIMAL	COSTO RED.		
	111.66670	1.0000000	F	.10000000E+31
AF	.00000000	10.000000	C	.10000000E+31
AE	.00000000	20.555560	C	.10000000E+31
AD	.00000000	23.000000	C	.10000000E+31
AC	3.0000000	.00000000	C	.10000000E+31
AB	.00000000	9.0000000	C	.10000000E+31
AA	3.3333330	.00000000	C	.10000000E+31

EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES: 2

EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES 2
EL CUAL CORRESPONDE A UNA UNIDAD CENTRAL Y UN CONJUNTO DE
UNIDADES ADMINISTRATIVAS

LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO : -1
DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:
1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION
-1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION
0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 6
SE CONSIDERAN 7 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

6.000000	1	4.000000	2	2.000000
4	1.000000	5	6.000000	16
5.000000	17	4.000000	24	

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 5
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

5.000000	1	4.000000	2	3.000000
3	2.000000	4	1.000000	5
5.000000	20	1.000000	22	2.000000
23				

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 4
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

4.000000	1	4.000000	2	2.000000
4	1.000000	5	4.000000	19
3.000000	21	3.000000	22	3.000000
24				

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 3
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

3.000000	1	3.000000	2	2.000000
3	1.000000	4	1.000000	17
1.000000	20	2.000000	21	1.000000
24				

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 2
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

2.000000	1	2.000000	2	1.000000
3	3.000000	4	4.000000	5
1.000000	19	2.000000	20	2.000000
22				

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA VARIABLE 1
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

2.000000	1	1.000000	2	2.000000
3	3.000000	4	4.000000	5
2.000000	17	3.000000	18	4.000000
19				

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA VARIABLE 6
SE CONSIDERAN 7 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

2.000000	1	5.000000	2	6.000000
3	7.000000	4	1.000000	12
3.000000	14	2.000000	16	

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA VARIABLE 5
SE CONSIDERAN 8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

10.000000	1	3.000000	2	3.000000
3	3.000000	4	3.000000	5
2.000000	14	1.000000	15	2.000000
16				

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA VARIABLE 4
SE CONSIDERAN 7 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

9.000000	1	4.000000	2	6.000000
4	6.000000	5	3.000000	11
5.000000	13	1.000000	15	

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA VARIABLE 3
SE CONSIDERAN 4 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

8.000000	1	5.000000	2	4.000000
3	4.000000	14		

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA VARIABLE 2
SE CONSIDERAN 6 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

5.000000	1	2.000000	3	2.000000
4	2.000000	5	2.000000	12
2.000000	13			

```
EN LA UNIDAD ADM.   2 PARA LA VARIABLE    1
SE CONSIDERAN    6 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      4.000000          1        1.000000          2         1.000000
         3       1.000000          5       1.000000          11
      4.000000          12

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    6
SE CONSIDERAN    7 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      6.000000          1        1.000000          2         2.000000
         3       4.000000          5       1.000000           6
      1.000000          8        3.000000          10

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    5
SE CONSIDERAN    6 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      5.000000          1        1.000000          2         1.000000
         3       1.000000          4       1.000000           5
      1.000000          10

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    4
SE CONSIDERAN    6 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

     10.000000          1        2.000000          2         2.000000
         3       2.000000          4       2.000000           5
      1.000000          9

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    3
SE CONSIDERAN    5 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      7.000000          1        1.000000          2         2.000000
         3       1.000000          7       2.000000           9

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    2
SE CONSIDERAN    8 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      6.000000          1        3.000000          2         4.000000
         3       5.000000          4       6.000000           5
      2.000000          6        2.000000          7         1.000000
         8

EN LA UNIDAD ADM.   1 PARA LA VARIABLE    1
SE CONSIDERAN    7 COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      5.000000          1        2.000000          2         3.000000
         3       4.000000          4       5.000000           5
      1.000000          6        2.000000          10


<<*******>>  SOLUCION OPTIMA <<*******>>
```

VARIABLE	VALOR PRIMAL	PRECIO SOMBRA
1	.0000	4.2500
2	.0000	12.0000
3	.0000	6.2500
4	.0000	9.0000
5	.0000	6.2500
6	.0000	6.0000
7	.0000	24.0000
8	.0000	5.0000
9	.0000	2.5000
10	.0000	8.5000
11	100.0000	.0000
12	.0000	1.0000
13	.0000	2.0000
14	500.0000	.0000
15	.0000	.0000
16	.0000	.0000
17	.0000	12.0000
18	.0000	8.0000

<<< SOLUCION OPTIMA >>>

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 3000.0000

VARIABLE	V. PRIMAL	COSTO RED.		
	3000.0000	1.0000000	F	.10000000E+31
ACF	.00000000	4.2500000	C	.10000000E+31
ACE	.00000000	12.000000	C	.10000000E+31
ACD	.00000000	6.2500000	C	.10000000E+31
ACC	.00000000	9.0000000	C	.10000000E+31
ACB	.00000000	6.2500000	C	.10000000E+31
ACA	.00000000	6.0000000	C	.10000000E+31
ABF	.00000000	24.000000	C	.10000000E+31
ABE	.00000000	5.0000000	C	.10000000E+31
ABD	.00000000	2.5000000	C	.10000000E+31
ABC	.00000000	8.5000000	C	.10000000E+31
ABB	100.00000	.00000000	C	.10000000E+31
ABA	.00000000	1.0000000	C	.10000000E+31
AAF	.00000000	2.0000000	C	.10000000E+31
AAE	500.00000	.00000000	C	.10000000E+31
AAD	.00000000	.00000000	C	.10000000E+31
AAC	.00000000	.00000000	C	.10000000E+31
AAB	.00000000	12.000000	C	.10000000E+31
AAA	.00000000	8.0000000	C	.10000000E+31

SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE
LOS COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO

VARIABLE	COEF. FUNCION OBJETIVO	CAMBIO HACIA ARRIBA	CAMBIO HACIA ABAJO
1	6.0000	4.2500	**********
2	5.0000	12.0000	**********
3	4.0000	6.2500	**********
4	3.0000	9.0000	**********
5	2.0000	6.2500	**********
6	2.0000	6.0000	**********
7	2.0000	24.0000	**********
8	10.0000	5.0000	**********
9	9.0000	2.5000	**********
10	8.0000	8.5000	**********
11	5.0000	2.4286	1.0000
12	4.0000	1.0000	**********
13	6.0000	2.0000	**********
14	5.0000	4.5000	.0000
15	10.0000	.0000	**********
16	7.0000	.5000	4.2500
17	6.0000	12.0000	**********
18	5.0000	8.0000	**********

SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE

EL VECTOR DE RECURSOS

RESTRICCION	COEFICIENTE DEL RECURSO	CAMBIO HACIA ARRIBA	CAMBIO HACIA ABAJO
2	500.0000	200.0000	500.0000
3	700.0000	900.0000	.0000
4	900.0000	**********	100.0000
5	700.0000	.0000	400.0000
6	100.0000	**********	100.0000
7	700.0000	**********	700.0000
8	800.0000	**********	800.0000
9	900.0000	**********	900.0000
10	800.0000	**********	300.0000
11	800.0000	**********	800.0000
12	800.0000	**********	600.0000
13	850.0000	**********	650.0000
14	1700.0000	**********	1700.0000
15	1400.0000	**********	1400.0000

16	1600.0000	***********	[illegible]
17	800.0000	***********	800.0000
18	2000.0000	***********	2000.0000
19	2500.0000	***********	2500.0000
20	2800.0000	***********	2800.0000
21	2500.0000	***********	2500.0000
22	2200.0000	***********	2200.0000
23	2000.0000	***********	2000.0000
24	1500.0000	***********	1500.0000

EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES: 3

EL NUMERO DE NIVELES SELECCIONADO ES : 3

LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO : -1
DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:
1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION
-1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION
0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 3 SE CONSIDERAN 8 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	1.000000	2	1.000000
3	2.000000	5	1.000000	20
3.000000	21	1.000000	24	3.000000
25				

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 7 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	3.000000	2	1.000000
4	2.000000	5	2.000000	21
2.000000	24	1.000000	25	

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 7 COEFS. DIFS.
DE CERO

3.000000	1	3.000000	2	2.000000
4	1.000000	5	1.000000	20
1.000000	21	1.000000	24	

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 3 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

3.000000	1	2.000000	3	1.000000
5	1.000000	20	4.000000	22
2.000000	23			

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	2.000000	2	1.000000
4	2.000000	21	1.000000	22
3.000000	23			

EN LA UNIDAD ADM. 4 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 7 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	1.000000	3	3.000000
5	1.000000	20	1.000000	21
1.000000	22	2.000000	23	

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 3
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

3.000000	1	1.000000	2	2.000000
4	3.000000	5	1.000000	14
1.000000	18			

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 3
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	1.000000	3	2.000000
5	2.000000	14	3.000000	18
3.000000	19			

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	3.000000	2	1.000000
4	2.000000	5	1.000000	14
5.000000	17			

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	3.000000	2	2.000000
4	1.000000	5	2.000000	14
4.000000	17			

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	2.000000	3	1.000000
5	1.000000	14	1.000000	15
1.000000	16			

EN LA UNIDAD ADM. 3 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

3.000000	1	2.000000	2	1.000000
4	3.000000	5	1.000000	14
1.000000	15			

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 5 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	1.000000	3	3.000000
4	2.000000	11	2.000000	13

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	1.000000	2	3.000000
3	2.000000	4	2.000000	11
1.000000	13			

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	1.000000	2	3.000000
3	2.000000	5	1.000000	11
2.000000	12			

EN LA UNIDAD ADM. 2 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	1.000000	3	3.000000
4	2.000000	5	1.000000	11
1.000000	12			

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 3 SE CONSIDERAN 5 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	1.000000	4	3.000000
5	1.000000	6	1.000000	10

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	2.000000	3	3.000000
4	1.000000	5	2.000000	7
1.000000	10			

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 2
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 6 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	2.000000	2	3.000000
4	1.000000	5	1.000000	6
1.000000	10			

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 3 SE CONSIDERAN 7 COEFS. DIFS.
DE CERO

1.000000	1	3.000000	2	2.000000
3	1.000000	4	3.000000	7
1.000000	8	1.000000	9	

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 2 SE CONSIDERAN 7 COEFS. DIFS.
DE CERO

2.000000	1	3.000000	2	1.000000
3	2.000000	4	1.000000	6
2.000000	8	2.000000	9	

EN LA UNIDAD ADM. 1 PARA LA UNIDAD OP. 1
DE LA VARIABLE 1 SE CONSIDERAN 8 COEFS. DIFS.
DE CERO

3.000000	1	1.000000	2	3.000000
3	2.000000	5	1.000000	6
2.000000	7	1.000000	8	2.000000
9				

<<*******>> SOLUCION OPTIMA <<*******>>

VARIABLE	VALOR PRIMAL	PRECIO SOMBRA
1	.0000	1.2222
2	.0000	2.3333
3	206.6667	.0000
4	90.0000	.0000
5	140.0000	.0000
6	.0000	1.7333
7	.0000	1.5556
8	126.6667	.0000
9	.0000	2.3333
10	.0000	2.0000
11	.0000	.0000
12	.0000	1.1111
13	82.2222	.0000
14	.0000	.5556
15	.0000	1.2222
16	.0000	2.0000
17	.0000	1.6667
18	.0000	2.0000
19	.0000	2.4444
20	.0000	.7222
21	.0000	.7778
22	100.0000	.0000

<<< SOLUCION OPTIMA >>>

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 1887.7780

VARIABLE	V. PRIMAL	COSTO RED.		
	1887.7780	1.0000000	F	.10000000E+31
ADBC	.00000000	1.2222220	C	.10000000E+31
ADBB	.00000000	2.3333330	C	.10000000E+31
ADBA	206.66670	.00000000	C	.10000000E+31
ADAC	90.000000	.00000000	C	.10000000E+31
ADAB	140.00000	.00000000	C	.10000000E+31
ADAA	.00000000	1.7333330	C	.10000000E+31
ACCB	.00000000	1.5555560	C	.10000000E+31
ACCA	126.66670	.00000000	C	.10000000E+31
ACBB	.00000000	2.3333330	C	.10000000E+31
ACBA	.00000000	2.0000000	C	.10000000E+31
ACAB	.00000000	.00000000	C	.10000000E+31
ACAA	.00000000	1.1111110	C	.10000000E+31
ABBB	82.222220	.00000000	C	.10000000E+31
ABBA	.00000000	.55555560	C	.10000000E+31

ABAB	.00000000	1.2222220	C	.10000000E+31
ABAA	.00000000	2.0000000	C	.10000000E+31
AABC	.00000000	1.6666670	C	.10000000E+31
AABB	.00000000	2.0000000	C	.10000000E+31
AABA	.00000000	2.4444440	C	.10000000E+31
AAAC	.00000000	.72222210	C	.10000000E+31
AAAB	.00000000	.77777770	C	.10000000E+31
AAAA	100.00000	.00000000	C	.10000000E+31

SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE
LOS COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO

VARIABLE	COEF. FUNCION OBJETIVO	CAMBIO HACIA ARRIBA	CAMBIO HACIA ABAJO
1	1.0000	1.2222	**********
2	1.0000	2.3333	**********
3	3.0000	.5833	.6667
4	3.0000	1.5556	1.4074
5	2.0000	2.1111	.3889
6	2.0000	1.7333	**********
7	3.0000	1.5556	**********
8	2.0000	.5833	.0000
9	1.0000	2.3333	**********
10	1.0000	2.0000	**********
11	1.0000	.0000	**********
12	3.0000	1.1111	**********
13	2.0000	1.0000	1.2500
14	1.0000	.5556	**********
15	1.0000	1.2222	**********
16	2.0000	2.0000	**********
17	2.0000	1.6667	**********
18	1.0000	2.0000	**********
19	1.0000	2.4444	**********
20	1.0000	.7222	**********
21	2.0000	.7778	**********
22	3.0000	**********	.7778

SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE

EL VECTOR DE RECURSOS

RESTRICCION	COEFICIENTE DEL RECURSO	CAMBIO HACIA ARRIBA	CAMBIO HACIA ABAJO
2	1000.0000	370.0000	285.7143
3	800.0000	**********	111.1111
4	800.0000	333.3333	246.6667
5	750.0000	222.2222	253.3333
6	400.0000	**********	300.0000
7	500.0000	**********	300.0000
8	1000.0000	**********	900.0000
9	200.0000	93.0233	200.0000
10	300.0000	**********	300.0000
11	500.0000	**********	335.5555
12	200.0000	**********	200.0000
13	1500.0000	**********	1335.5560
14	700.0000	**********	446.6667
15	200.0000	**********	200.0000
16	250.0000	**********	250.0000
17	300.0000	**********	300.0000
18	1500.0000	**********	1120.0000
19	1000.0000	**********	620.0000
20	800.0000	**********	503.3333
21	750.0000	**********	263.3333
22	500.0000	307.6923	300.0000
23	600.0000	493.7500	350.0000
24	450.0000	**********	243.3333
25	300.0000	**********	300.0000

```
EL NUMERO DE NIVELES QUE SE CONSIDERAN ES:    4

NUMERO DE NIVELES :   4

LA OPTIMIZACION DE RECURSOS ES DEL TIPO :  -1
DONDE EL TIPO DE SELECCION CONSIDERA LO SIGUIENTE:
 1 - SI EL PROBLEMA ES DE MINIMIZACION
-1 - SI EL TIPO DE PROBLEMA ES DE MAXIMIZACION
 0 - U OTRO VALOR INDICA TERMINAR


EN LA UNIDAD ADM.   2 UNIDAD OP.   2 SUB-UNIDAD OP.   2
PARA LA VARIABLE    2SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      2.000000          1        2.000000          3        1.000000
         4       2.000000          5       2.000000          15
      1.000000         16        2.000000         21        3.000000
        24

EN LA UNIDAD ADM.   2 UNIDAD OP.   2 SUB-UNIDAD OP.   2
PARA LA VARIABLE    1SE CONSIDERAN    9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      2.000000          1        2.000000          2        1.000000
         3       3.000000          5       2.000000          15
      1.000000         16        3.000000         17        3.000000
        22       3.000000         24

EN LA UNIDAD ADM.   2 UNIDAD OP.   2 SUB-UNIDAD OP.   1
PARA LA VARIABLE    2SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      1.000000          1        1.000000          2        2.000000
         3       3.000000          4       2.000000          15
      2.000000         16        2.000000         22        2.000000
        23

EN LA UNIDAD ADM.   2 UNIDAD OP.   2 SUB-UNIDAD OP.   1
PARA LA VARIABLE    1SE CONSIDERAN    9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      1.000000          1        1.000000          2        3.000000
         3       2.000000          4       1.000000          15
      1.000000         16        1.000000         17        1.000000
        22       2.000000         23
```

EN LA UNIDAD ADM. 2 UNIDAD OP. 1 SUB-UNIDAD OP. 2
PARA LA VARIABLE 3SE CONSIDERAN 10
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

5.000000	1	3.000000	2	1.000000
3	2.000000	5	2.000000	15
1.000000	16	2.000000	17	3.000000
18	2.000000	20	2.000000	21

EN LA UNIDAD ADM. 2 UNIDAD OP. 1 SUB-UNIDAD OP. 2
PARA LA VARIABLE 2SE CONSIDERAN 10
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

4.000000	1	3.000000	2	1.000000
4	2.000000	5	1.000000	15
1.000000	16	1.000000	17	1.000000
18	2.000000	20	3.000000	21

EN LA UNIDAD ADM. 2 UNIDAD OP. 1 SUB-UNIDAD OP. 2
PARA LA VARIABLE 1SE CONSIDERAN 9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

4.000000	1	3.000000	3	2.000000
4	1.000000	5	2.000000	15
2.000000	16	2.000000	17	2.000000
18	1.000000	20		

EN LA UNIDAD ADM. 2 UNIDAD OP. 1 SUB-UNIDAD OP. 1
PARA LA VARIABLE 2SE CONSIDERAN 8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

3.000000	1	2.000000	3	1.000000
5	2.000000	15	1.000000	16
2.000000	17	2.000000	18	1.000000
19				

EN LA UNIDAD ADM. 2 UNIDAD OP. 1 SUB-UNIDAD OP. 1
PARA LA VARIABLE 1SE CONSIDERAN 9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

3.000000	1	2.000000	2	1.000000
4	3.000000	5	1.000000	15
1.000000	16	2.000000	17	2.000000
18	2.000000	19		

EN LA UNIDAD ADM. 1 UNIDAD OP. 2 SUB-UNIDAD OP. 2
PARA LA VARIABLE 2SE CONSIDERAN 8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

1.000000	1	2.000000	2	1.000000
3	3.000000	4	3.000000	6
2.000000	7	2.000000	12	2.000000
14				

```
EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    2 SUB-UNIDAD OP.    2
PARA LA VARIABLE     1SE CONSIDERAN    7
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      1.000000           1        1.000000          2        2.000000
         3        1.000000            6       2.000000            7
      2.000000          12        2.000000         14

EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    2 SUB-UNIDAD OP.    1
PARA LA VARIABLE     2SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      1.000000           1        3.000000          2        1.000000
         3        2.000000            4       2.000000            6
      3.000000           7        1.000000         12        1.000000
        13

EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    2 SUB-UNIDAD OP.    1
PARA LA VARIABLE     1SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      2.000000           1        3.000000          2        1.000000
         4        2.000000            5       1.000000            6
      1.000000           7        1.000000         12        2.000000
        13

EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    1 SUB-UNIDAD OP.    2
PARA LA VARIABLE     2SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      2.000000           1        3.000000          3        2.000000
         4        1.000000            5       1.000000            6
      2.000000           7        1.000000          8        3.000000
        11

EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    1 SUB-UNIDAD OP.    2
PARA LA VARIABLE     1SE CONSIDERAN    8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      2.000000           1        2.000000          3        3.000000
         4        1.000000            5       1.000000            6
      1.000000           7        1.000000          8        2.000000
        11

EN LA UNIDAD ADM.    1 UNIDAD OP.    1 SUB-UNIDAD OP.    1
PARA LA VARIABLE     3SE CONSIDERAN    9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

      1.000000           1        2.000000          2        1.000000
         4        3.000000            5       2.000000            6
      3.000000           7        2.000000          8        1.000000
         9        1.000000           10
```

EN LA UNIDAD ADM.   1 UNIDAD OP.   1 SUB-UNIDAD OP.   1
PARA LA VARIABLE   2SE CONSIDERAN   8
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

1.000000	1	2.000000	2	1.000000
3	3.000000	5	1.000000	7
2.000000	8	1.000000	9	2.000000
10				

EN LA UNIDAD ADM.   1 UNIDAD OP.   1 SUB-UNIDAD OP.   1
PARA LA VARIABLE   1SE CONSIDERAN   9
COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO

1.000000	1	1.000000	2	2.000000
3	3.000000	4	1.000000	6
1.000000	7	1.000000	8	2.000000
9	1.000000	10		

<<*******>> SOLUCION OPTIMA <<*******>>

VARIABLE	VALOR PRIMAL	PRECIO SOMBRA
1	.0000	1.4118
2	.0000	2.5294
3	.0000	.8235
4	29.4118	.0000
5	64.7059	.0000
6	305.8824	.0000
7	.0000	.1176
8	.0000	.1176
9	.0000	2.8824
10	.0000	.5294
11	150.0000	.0000
12	.0000	.2059
13	.0000	1.2647
14	41.1765	.0000
15	117.6471	.0000
16	.0000	3.7353
17	.0000	3.2059
18	200.0000	.0000

<<< SOLUCION OPTIMA >>>

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 2244.1180

VARIABLE	V. PRIMAL	COSTO RED.		
	2244.1180	1.0000000	F	.10000000E+31
ABBBB	.00000000	1.4117650	C	.10000000E+31
ABBBA	.00000000	2.5294110	C	.10000000E+31
ABBAB	.00000000	.82352940	C	.10000000E+31
ABBAA	29.411760	.00000000	C	.10000000E+31
ABABC	64.705880	.00000000	C	.10000000E+31
ABABB	305.88240	.00000000	C	.10000000E+31
ABABA	.00000000	.11764730	C	.10000000E+31
ABAAB	.00000000	.11764720	C	.10000000E+31
ABAAA	.00000000	2.8823530	C	.10000000E+31
AABBB	.00000000	.52941190	C	.10000000E+31
AABBA	150.00000	.00000000	C	.10000000E+31
AABAB	.00000000	.20588240	C	.10000000E+31
AABAA	.00000000	1.2647060	C	.10000000E+31
AAABB	41.176470	.00000000	C	.10000000E+31
AAABA	117.64710	.00000000	C	.10000000E+31
AAAAC	.00000000	3.7352940	C	.10000000E+31
AAAAB	.00000000	3.2058820	C	.10000000E+31
AAAAA	200.00000	.00000000	C	.10000000E+31

SE EFECTUA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD SOBRE

EL VECTOR DE RECURSOS

RESTRICCION	COEFICIENTE DEL RECURSO	CAMBIO HACIA ARRIBA	CAMBIO HACIA ABAJO
2	2000.0000	**********	508.8235
3	1500.0000	**********	388.2353
4	1400.0000	175.0000	250.0000
5	900.0000	62.5000	150.0000
6	800.0000	**********	291.1765
7	700.0000	175.0000	53.8462
8	500.0000	**********	141.1765
9	400.0000	125.0000	246.4848
10	400.0000	**********	200.0000
11	600.0000	**********	241.1765
12	300.0000	53.8462	195.2381
13	2000.0000	**********	2000.0000
14	2000.0000	**********	1700.0000
15	800.0000	**********	335.2941
16	400.0000	40.0000	38.4615
17	500.0000	**********	35.2941
18	500.0000	66.6667	122.2222
19	300.0000	**********	300.0000
20	2000.0000	**********	1258.8230
21	2000.0000	**********	952.9412
22	400.0000	**********	370.5882
23	2000.0000	**********	1941.1770
24	2000.0000	**********	2000.0000

BIBLIOGRAFIA

1: ACKOFF, R.L. (1974). "Un Concepto de Planeacion de Empresas" Ed. Limusa S.A.

2: ACKOFF, R. L. y M. W. SASIENI (1961). Fundamentals of Operations Research, J. Wiley u Sons.

3: ARROW, K. (1959). "Optimization, Decentralization, and Internal Pricing in Business Firms", in Contributions to Scientific Research, U.C.L.A., Western Data Procesing Center.

4: ARROW, K. y L. HURWICZ (1960). "Decentralization and Computation in Resource Allocation", in Essays in Economics and Econometrics, editado por R. W. Pfouts, The Univ. of Carolina Press, Chapel Hill.

5: AUMANN, R. J. (1976). "Agreeing to Disagree", Annals of Statistics" 4, pag. 1236-1239.

6: BALAS, E. (1966)."An Infeasibility-Pricing Decomposition Method for Linear Programming",Operation Research, 14, pag. 847-873.

7: BENDERS, J.F.(1962)."Partitioning Procedures for Solving Mixed Variables Programming Problems", Numerische Mathematik, 4,pag. 238-252.

8: BERGER, R.L.(1981) "A Necessary and Sufficient Condition for Reaching a Consensus Using DeGroot's Method", 76,415-418.

9: B.I.D. ESCUELA INTERAMERICANA DE ADMINISTRACION PUBLICA, FUNDACION GETULIO VARGAS, "Proyectos de Desarrollo, Planificacion,Implementacion y Control", Editorial Limusa S.A.

10: CHARNES, A.,R.W. CLOWER y K.O. KORTANEK (1967). "Effective Control throught Coherent Decentralization with Premtive Goals" , Econometrica, 35, 2.

11: CHARNES, A. y W.W. COOPER (1961). Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, J. Wiley u Sons.

12: CHARNES, A.,COOPER, W.W. Y FERGUSON, R. (1955),"Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming". Management Sciences, Vol. 1-2, pp. 138-151.

13: DANTZIG, G. B. y P. WOLFE (1960). "The Decomposition Algorithm for Linear Programming", Econometrica, 9, 4.

14: DANTZIG, G.B. (1963). Linear Programming and Extensions, Princeton Univ. Press.

15: DANTZIG, G.B., A.Orden y P.WOLFE (1963)."The Generalized Simplex Method for Minimizing a Linear Form under Linear Inequality Restraints.", Pacific Journal of Math., 5, pag. 183-195.

16: DANTZIG, G.B. (1963). Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, Princeton, N. J., Cap. 22.

17: DAVIS, W. J., y D. T. WHITFORD (1985). "A Note on the Optimality on the Modified Generalized Goal Decomposition Model", Management Science, 31, pag. 640-642.

18: DE GROOT, M.H. (1974). "Reaching a Consensus", J.A.S.A., 69, 118-121.

19: FREELAND, J.R. (1976). "A Note on Goal Decomposition in a Decentralized Organization", Management Science, 23 pag. 100-102.

20: HADLEY,G.(1974).Linear Programming,Addison-Wesley Pu.Co.

21: HASS, J.E. (1967). "Transfer Pricing in a Decentralized Firm: A Decomposition Algorithm for Non-Linear Programming" Management Science, 14,6, pag. B-310.

22: HUBBER, G.P. y McDANIEL,R.R.(1986)."The Decision-Making Paradigm of Organizational Design". Management Science, Vol. 32, No. 5, pp. 572-58

23: KOOPMANS,T.O.(1951).Activity Analysis of Production and Allocation, editado por el mismo. J.Wiley u Sons.

24: KOOPMANS, T. O. (1951). "Analysis of Production as an Efficient Combination of Resources", in (4), pag. 33-94.

25: KOOPMANS, T.O. (1957). Three Essays on the State of Economic Sciences, McGraw Hill, N. York.

26: LASDON, L.S. (1974). Optimization Theory for Large Systems. McMillan, New York.

27: MACIARIELLO, JOSEPH A. (1981). "Sistemas de Control en Administracion por Programas". Ed. Limusa.

28: PRAWDA, W. J. (1981). Metodos y Modelos de Investigacion de Operaciones; Editorial Limusa.

29: RUEFLI, T. W. (1971). "A Generalized Goal Decomposition Model", Management Science, 17, pag. B505-B518.

30: RUEFLI, T. W. (1974). " Analytic Models of Resource Allocation in Hierarchical Multi-level Systems", Socio Economic.

31: SHARDA, R. y MUSSER, K. D. (1986). " Finantial Futures Hedging via Goal Programming", Management Science, Vol. 32, No. 8, pp. 933-947.

32: (1982). Sistema Nacional de Planeacion Democratica: Principios y Organizacion". Publicacion de la Secretaria de Programacion y Presupuesto. Talleres Graficos de la Nacion. Mexico.