

01168

7  
2ej

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA

APLICACION DE LA TEORIA DE REDES EN LA ASIGNACION DE  
VIVIENDA CAMPESINA

ANDRES ROMO BECERRIL

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO, COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA  
(INVESTIGACION DE OPERACIONES)

CIUDAD UNIVERSITARIA  
SEPTIEMBRE DE 1990

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>II. BREVE DESCRIPCION DE LA TEORIA DE REDES.....</b>	<b>9</b>
II.1 CONCEPTOS BASICOS DE TEORIA DE REDES	
II.2 EVALUACION DE LAS RUTAS OPTIMAS	
II.3 FLUJO A COSTO MINIMO EN REDES	
<b>III. EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL Y SU PROBLEMATICA.....</b>	<b>23</b>
III.1 INTRODUCCION: SITUACION DE LA VIVIENDA EN EL ESTADO DE MEXICO.	
III.2 EL PROGRAMA DE VIVIENDA CAMPESINA	
III.3 EL SUBPROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL Y SU PROBLEMATICA.	
<b>IV. SOLUCION Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
IV.1 DETERMINACION DE LA DEMANDA	
IV.2 DETERMINACION DE LA OFERTA Y LOS PARAMETROS DE COSTO DE TRANSPORTE	
IV.3 APLICACION DEL MODELO DE FLUJO A COSTO MINIMO EN REDES	
IV.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>
1.- PROGRAMAS	
2.- LISTADO DE DATOS Y DE RESULTADOS	
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>76</b>

## I. I N T R O D U C C I O N

En su más amplia concepción, un sistema se podría definir como un conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre si contribuyen a determinado objetivo.

La Investigación de Operaciones aplica métodos científicos a la operación de aquellos sistemas que tengan alternativas para conseguir sus objetivos específicos, para dar a los que tienen control sobre el sistema, las soluciones óptimas a los problemas dados.

La mayoría de los problemas de Investigación de Operaciones se orientan hacia la toma de decisiones de carácter técnico o administrativo, y su poder radica en su habilidad de predecir el impacto de las distintas alternativas con respecto al éxito de una operación o a la ganancia en algún negocio.

Ya que todos los sistemas tienen un número finito de componentes y recursos, las técnicas que se utilizan consiguen sus objetivos de la siguiente manera:

- a) Asignación óptima de los recursos disponibles.
- b) Optimización de las interrelaciones que se dan entre los componentes de un sistema.

Visto de ésta manera es irrelevante el hecho de que el sistema se describa por medio de un modelo analítico o sea simulado con el uso de alguna técnica adecuada. La clave de la Investigación de Operaciones radica en encontrar la solución óptima, de todas las alternativas conocidas, dado un objetivo bien definido.

Aparte de su papel obvio en la toma de decisiones en el área administrativa, se han encontrado aplicaciones muy importantes en la operación óptima de sistemas de transporte y distribución, en los procesos de planeación y control y en la supervisión de complejos proyectos tecnológicos y militares.

Los métodos más utilizados en la Investigación de Operaciones se pueden dividir principalmente en programación matemática (programación lineal, no lineal, entera y dinámica), teoría de colas teoría de redes, simulación e inventarios.

La teoría de redes es un área nueva, hace sólo treinta años que se publicaron los primeros estudios en donde se dieron las bases teóricas y se pudieron abarcar sus aspectos computacionales, organizacionales y de sus aplicaciones en problemas de magnitud considerable.

Nadie pensaba que la teoría de redes iba a tener un crecimiento tan veloz y en tan corto tiempo, tanto en la

cobertura de sus aplicaciones como en lo teórico y lo metodológico.

Una muy importante causa de este fenómeno, es la disponibilidad de las computadoras y sus mejoras tecnológicas.

Pero aún con la ayuda de la computación, si no se desarrollan métodos eficientes para la solución de problemas, no es posible llegar a resultados satisfactorios.

Para ejemplificar esta situación, con el problema del cartero chino (ver [16]), en donde se tienen que recorrer todas las calles, caminando la menor distancia posible, si se utiliza un método exhaustivo, con una computadora que pudiese procesar mil millones de soluciones por segundo, para un problema con diez calles se tendrían un total de  $20!$  (factorial) soluciones y por lo tanto se tardaría aproximadamente 77 años en resolverlo. Para 11 calles ( $22!$  soluciones) serían casi 36 mil años, y para 12 tardaría casi 20 millones de años.

Para esta tesis se hizo énfasis en el flujo acotado a costo mínimo en redes, donde en comparación con el problema del cartero chino, no se tiene un recurso (cartero) sino n recursos que tienen que ser movidos en determinada forma hacia los nodos, en arcos con una capacidad finita. Esto significa que se tiene una mayor complejidad, y por tanto se requiere del uso de algoritmos más eficientes. El algoritmo de etiquetado que se propone, constituye un medio muy veloz para la solución efectiva de éste problema.

Todo este marco teórico, que aquí sólo se esboza, se aplicó a la asignación de paquetes de mejoramiento de vivienda, entre un máximo de 104 posibles municipios a beneficiar por el programa de vivienda campesina, cuyo objetivo es disminuir el grado de marginación del medio rural en el Estado de México.

Este documento está dividido en tres partes: En la primera, se describen los aspectos básicos de la teoría de redes, enfocándose en el flujo a costo mínimo en redes, y en especial, del algoritmo de etiquetado, del cual hago algunas modificaciones, que lo hacen más eficaz en su funcionamiento. Su aplicación no sólo es para el uso particular de ésta tesis, sino para su posible uso en otros problemas. Se desarrolló además, un programa en lenguaje "C" que permite resolver los problemas a una gran velocidad.

En la segunda parte se esboza la situación urbano-rural del Estado de México, con sus graves implicaciones a nivel Nacional; también, se detalla el programa de vivienda campesina, programa que procura el arraigo del campesino en sus tierras, siendo que, por la falta de recursos, no es posible aplicarlo en todo el Estado.

En la tercera parte se propone, un algoritmo, basado en la minimización de los costos de transportación en la red

propuesta, permitiendo distribuir de manera más uniforme e imparcial, las viviendas entre los municipios del Estado.

En síntesis, la principal aportación de este trabajo, es la implantación del algoritmo de etiquetado, para su aplicación en un problema real, que implica complicaciones no tomadas en cuenta en la teoría y por supuesto, implica también un volumen de datos que le da una magnitud considerable.





## II. BREVE DESCRIPCION DE LA TEORIA DE REDES

## II. BREVE DESCRIPCION DE LA TEORIA DE REDES

Este capítulo está dividido en tres secciones principales: en la primera y la segunda, se hará una breve reseña de la teoría de redes, a manera de introducción a la tercera sección, que es la más importante y que explica con mayor precisión el problema de flujo a costo mínimo en redes.

La principal aportación del capítulo son algunas mejoras al algoritmo de etiquetado que propone Bazaraa [1] y el desarrollo del programa en lenguaje "C" que hacen posible la obtención de resultados rápidamente.

### II.1 CONCEPTOS BASICOS DE TEORIA DE REDES

Una red o una gráfica, es un conjunto de nodos interrelacionados por medio de un conjunto de arcos. Esta descripción abre un gran campo de posibles aplicaciones en sistemas, desde el flujo en tuberías, sistemas de transporte, redes telefónicas, diagramas organizacionales, hasta la utilización ampliamente conocida del método de la ruta crítica, en la planeación y programación de obra.

Existe una gran variedad de aplicaciones todavía desconocidas, pero muy útiles en áreas científicas, políticas, sociales y económicas; donde se pueden aplicar criterios de optimización en situaciones que presentan un

flujo de bienes que pasan a través de arcos, hacia o desde los nodos.

Como señala Müeller [14]: se han desarrollado una gran cantidad de métodos para el análisis de redes, tomando poca atención en la teoría de gráficas. Estos métodos para el análisis de redes forman parte de una disciplina más general: la "Teoría de Gráficas", siendo muy conveniente para aplicaciones más complicadas, saber los principios básicos de ésta teoría.

Una gráfica es conexa si existe unión directa o indirecta entre todos los nodos. Una red conexa con  $n$  nodos, tiene por lo menos  $n-1$  arcos y si dos nodos están unidos directamente por un solo arco, entonces tendrá un máximo de  $n/2(n-1)$  arcos. Se llama árbol a una red no dirigida conexa, con  $n$  nodos y  $n-1$  arcos. Una cadena es un árbol sin ramificaciones. Una gráfica conexa no dirigida con  $n$  nodos y más de  $n-1$  arcos, contiene ciclos. Una trayectoria es una sucesión de arcos, en los que el nodo inicial de cada arco es el mismo que el nodo terminal del arco que le precede en la sucesión. Por último, un ciclo es una cadena cerrada.

En los métodos de análisis de redes más conocidos como el Critical Path Method (CPM), Project Evaluation (PERT), sólo se consideran las gráficas dirigidas conexas, la mayoría de éstos métodos no permiten circuitos (como el CPM

y el PERT); y aquellos programas como el MPM, sólo permiten circuitos si su longitud total (suma de las duraciones de los arcos) es 'no positiva'.

## II.2 EVALUACION DE LAS RUTAS OPTIMAS

Una de las preguntas más comunes que se asocian con las redes es la determinación de ¿Cuáles son las rutas óptimas?. Definiendo por "óptima" como la más corta, la más larga, la más segura, etc.

En general estas rutas óptimas son fáciles de calcular, a menos de que se trate de obtener la ruta más larga en una red con ciclos de longitud positiva.

Siendo el objetivo de esta Tesis, aplicar el algoritmo adecuado de redes, en éste caso un algoritmo de flujo a costo mínimo, enfocaremos nuestra atención a este tipo de problemas únicamente.

## II.3 FLUJO A COSTO MINIMO EN REDES

De acuerdo como lo define Bazaraa [1] "Considérese una red dirigida  $G$ , que consiste de un conjunto finito de nodos (puntos)  $N = \{1, 2, \dots, m\}$  y un conjunto de arcos dirigidos (líneas)  $S = \{(i, j), (k, l), \dots, (s, t)\}$  que tienen parejas de nodos en  $N$ . El arco  $(i, j)$  se dice que es incidente con los nodos  $i$  y  $j$  y está dirigido del nodo  $i$  al nodo  $j$ . Se supondrá que la red consiste de  $m$  nodos y  $n$  arcos.

Con cada nodo  $i$  en  $G$  se asocia un número  $b_i$ , que representa los recursos disponibles de un artículo (si  $b_i > 0$ ). Algunas veces, los nodos  $b_i > 0$  se llaman orígenes y los  $b_i < 0$  se llaman destinos. Si  $b_i = 0$ , entonces ningún artículo está disponible en el nodo  $i$ , por lo cual se llama nodo intermedio o de transbordo. Asociado con cada arco se tienen las cantidades  $X_{ij}$ , que representan el flujo sobre el arco y  $C_{ij}$  que es el costo unitario de transporte a lo largo del arco.

Se supondrá que la oferta total en la red es igual a la demanda total, en caso contrario se añade un nodo ficticio, que compense la diferencia.

El problema de flujo a costo mínimo en una red se puede enunciar como sigue: Embárense los recursos disponibles a través de la red, para satisfacer la demanda a un costo mínimo.

Como menciona Jensen [11] la representación gráfica del modelo y sus parámetros son suficientes para definirlo y su función objetivo está implícita en la definición, sin embargo, la representación algebraica es más específica, porque explícitamente establece todas las suposiciones y restricciones del modelo.

Una red puede ser representada por medio de un modelo de programación lineal como se muestra a continuación:

$$\begin{array}{ll} \text{Mín.} & Z = h \cdot \bar{x} \\ \text{s.a.} & A \bar{x} = \bar{b} \\ & \bar{x} \leq \bar{c} \\ & \bar{x} \geq 0 \end{array}$$

Cuyo dual sería:

$$\begin{aligned} \text{Min } U &= D b + \check{s} \bar{c} \\ \text{s.a. } D A + \check{s} I &\leq -h \\ D &\text{ no restringido} \\ \check{s} &\geq 0 \end{aligned}$$

donde:

$A_{mn}$  : Es la matriz de incidencia  
 $b_m$  : Vector de disponibilidades  
 $\bar{x}_n$  : Vector de flujos  
 $\bar{h}_n$  : Vector de costos  
 $\bar{c}_n$  : Vector de capacidades  
 $D_m$  : Vector de potencialidades  
 $I$  : Matriz identidad

Se han desarrollado algoritmos basados en la programación dinámica, por ejemplo para el problema de transporte en donde se utiliza el método de aproximaciones sucesivas [2][3][4], o por medio de métodos no lineales [7], pero éstos requieren de una gran cantidad de iteraciones o llega a ser muy compleja su solución.

Los algoritmos primales para la obtención del flujo a costo mínimo, tienen básicamente tres pasos:

- 1.- Encontrar un flujo factible inicial que satisfaga las ecuaciones.
- 2.- Averiguar si el flujo es óptimo parar, de otra manera ir al paso 3.
- 3.- Modificar el flujo en la red y regresar al paso 2.

El primer paso es el más importante en cuanto tiempo de proceso se refiere. Para problemas de transporte o asignación hay algoritmos sencillos para obtener esta solución inicial. Para redes con densidad de arcos menor al 100% se puede decir que hay dos métodos: a) La Utilización del algoritmo a flujo máximo, y b) El Uso de arcos artificiales.

### II.3.1 Algoritmos

El algoritmo presentado en 1962 por Ford y Fulkerson [5], se puede tomar como una generalización del algoritmo de flujo máximo, y tiene la desventaja que no toma en cuenta flujos acotados.

Gondran y Minoux en su libro "Graphs and Algorithms" [6] mencionan que el algoritmo "Out of Kilter" es muy eficiente, sin embargo los métodos simples primales, convenientemente especializados, pueden superarlo con facilidad.

Estos mismos autores proponen un algoritmo publicado por Klein [12] en 1967, que sirve de base para el algoritmo de etiquetado, ya que parte de una solución factible inicial, y en cada iteración busca los costos reducidos de los arcos, hasta lograr la solución óptima.

#### Algoritmo de etiquetado

Este algoritmo se basa en el método simplex para redes en donde se tienen arcos con flujos acotados, es decir



tienen tanto límite superior como inferior en su cantidad de flujo.

La descripción de Bazaraa [1] es como sigue:

1. "(Cálculense las variables duales.) Tómese  $w=0$ , si  $w$  ya se calculó,  $w$  no se ha calculado, y el arco  $(i,j)$  es un arco básico, entonces tómese  $w = w - c$ . Si  $w$  ya se calculó,  $w$ , no se ha calculado, y el arco  $(j,i)$  es un arco básico, entonces tómese  $w = w + c$ . Repítase el paso 1 hasta que todas las  $w$  se hayan calculado.
2. (Verifíquense la optimalidad o selecciónese la variable entrante.) Si cada variable no básica tiene  $x_{ij} = L_{ij}$  y  $z_{ij} - c_{ij} \leq 0$ , o bien  $x_{ij} = u_{ij}$  y  $z_{ij} - c_{ij} \geq 0$ , deténgase; se ha obtenido la solución óptima. En caso contrario, borre todas las etiquetas. Si  $z_{pq} - c_{pq} < 0$  y  $x_{pq} = u_{pq}$ , entonces tómese  $s=p$ ,  $t=q$ ,  $(g,h) = (p,q)$  y  $L(s) = (-t, x_{pq} - L_{pq})$ ; o bien si  $z_{pq} - c_{pq} > 0$  y  $x_{pq} = L_{pq}$ , tómese  $s=q$ ,  $t=p$ ,  $(g,h) = (p,q)$  y  $L(s) = (t, u_{pq} - x_{pq})$ .
- 3.a) (Determínese el ciclo). Si el nodo  $i$  tiene etiqueta, el nodo  $j$  no tiene etiqueta, y el arco  $(i,j)$  es básico, entonces tómese  $L(j) = (+i, j)$ , en donde  $j = \text{mínimo} (i, u_{ij} - x_{ij})$ . Si  $u_{ij} - x_{ij} < D_j$  tómese  $(g,h) = (i,j)$ .
- 3.b) Si el nodo  $i$  no tiene etiqueta y el nodo  $j$  tiene etiqueta, y el arco  $(i,j)$  es básico, entonces tómese  $L(j) = (-i, D_j)$ , en donde  $D_j = \text{mínimo} (D_j, x_{ij} - L_{ij})$ . Si  $x_{ij} - L_{ij} < D_j$  tómese  $(g,h) = (j,i)$ .
4. Cámbiese el flujo a lo largo del ciclo y determínese la variable de salida). Sea  $d = D_t$ . Si la primera componente en  $L(t)$  es  $+k$ , entonces súmese  $d$  a  $x_{kt}$ ; en caso contrario, si la primera componente es  $-k$ , réstese  $d$  de  $x_{tk}$ . Se busca hacia atrás el nodo  $k$  y se repite el proceso hasta que el nodo  $t$  sea alcanzado en el proceso de buscar hacia atrás.
5. (Actualícese la base). Si  $(g,h) = (p,q)$ , se regresa al paso 2. En caso contrario, añada  $(p,q)$  a la base, elimine  $(g,h)$  de la base, y repítase el paso 1."

El programa hecho en lenguaje "basic" para éste algoritmo en particular; se puede ver en el anexo 1, pero gracias a la aplicación del mismo, descubrí que el algoritmo en su paso de etiquetado (paso número 3), compara los incrementos de flujo ( $D$ ), en forma indiscriminada, por lo

que toma en cuenta los arcos que no pertenecen al ciclo, y por lo tanto llega a producir errores considerables.

Para resolver esta situación, opté por eliminar la parte donde se asigna  $(g,h) = (i,j)$  ó  $(j,i)$  según sea el caso 3a ó 3b; ya que  $(g,h)$  es el arco que se quita de la base, siendo que tiene que pertenecer al ciclo formado al ingresar a la base la nueva variable o arco.

Para encontrar la variable de salida, una vez concluido el etiquetado, ahora sí es posible delimitar el ciclo, y por lo tanto, localizar el arco, que salga de la base para romper el ciclo, ésto sólo es posible en el paso 4, donde en una búsqueda hacia atrás se cambian los flujos, y es fácil detectar qué variable tiene un flujo en su límite superior o inferior.

Por último para hacer más rápida la búsqueda de los arcos en el ciclo, en el proceso de etiquetado en vez de que  $L(j)$  apunte al siguiente nodo, es más eficiente que apunte al arco que lo une con ése nodo. Esta modificación es muy importante, ya que cuando se tiene una cantidad elevada de arcos, la computadora tiene que localizar aquél arco que empiece en  $j$  y termine en  $L(j)$ , en vez de directamente localizar al arco  $L(j)$  (del cambio propuesto).

La modificación que propongo quedaría como sigue:

Sea  $x_k$ , el flujo que pasa por el arco  $k$ , con origen en el nodo  $i$  y destino en el nodo  $j$ :

1. (Cálculense las variables duales.) Tómesese  $u_i=0$ , si  $w_j$  ya se calculó,  $w_j$  no se ha calculado, y el arco  $k$  es un arco básico, entonces tómesese  $w_j = w_i - c_{ij}$ . Si  $w_j$  ya se calculó,  $w_i$  no se ha calculado, y el arco  $k$  es un arco básico, entonces tómesese  $w_i = w_j + c_{ij}$ . Repítase el paso 1 hasta que todas las  $w_j$  se hayan calculado.
2. (Verifíquense la optimalidad o selecciónese la variable entrante.) Si cada variable no básica tiene  $x_k = l_k$  y  $z_k - c_k \leq 0$ , o bien  $x_k = u_k$  y  $z_k - c_k \geq 0$ , deténgase; se ha obtenido la solución óptima. En caso contrario, borre todas las etiquetas. Si  $z_k - c_k < 0$  y  $x_k = u_k$ , entonces tómesese  $s=i$ ,  $t=j$ ,  $(g,h) = (i,j)$  y  $L(s) = (-k, x_k - l_k)$ ; o bien si  $z_k - c_k > 0$  y  $x_k = l_k$ , tómesese  $s=j$ ,  $t=i$ ,  $(g,h) = (i,j)$  y  $L(s) = (+k, u_k - x_k)$ .
- 3a. (Determinación del ciclo) Si el arco  $j$  es básico y si  $i$  tiene etiqueta y  $j$  no la tiene, entonces tómesese  $L(j) = (+k, D_j)$ , en donde  $D_j = \min(D_i, u_{ij} - x_{ij})$ .
- 3b. Si el arco  $j$  es básico y si  $i$  no tiene etiqueta y  $j$  sí la tiene, entonces tómesese  $L(i) = (-k, D_i)$ , en donde  $D_i = \min(D_j, x_{ij} - l_{ij})$ .
4. (Cambio de flujo en el ciclo y determinación del arco de salida). Sea  $d=D_t$ . Si la primera componente en  $L(t)$  es  $+k$ , entonces súmese  $d$  a  $x_k$ ; en caso contrario, si la primera componente es  $-k$ , réstese  $d$  de  $x_k$ . Si  $x_k = l_k$  ó  $x_k = u_k$ , entonces el arco que sale es  $k$  y  $(g,h) = (i,j)$ . Se busca hacia atrás y se repite el proceso hasta que el nodo  $t$  sea alcanzado.
5. (Actualícese la base). Si  $(g,h) = (p,q)$ , se regresa al paso 2. En caso contrario, añada  $(p,q)$  a la base, elimine  $(g,h)$  de la base, y repítase el paso 1.

El programa se re-escribió en lenguaje "C" permitiendo que el algoritmo funcione 30 veces más rápido que el escrito en "Basic", además de poseer las mejoras del algoritmo antes expuestas. El listado se encuentra también en el anexo, para su consulta.

El programa toma de la entrada estándar los datos que deberán estar arreglados de la siguiente manera:

```

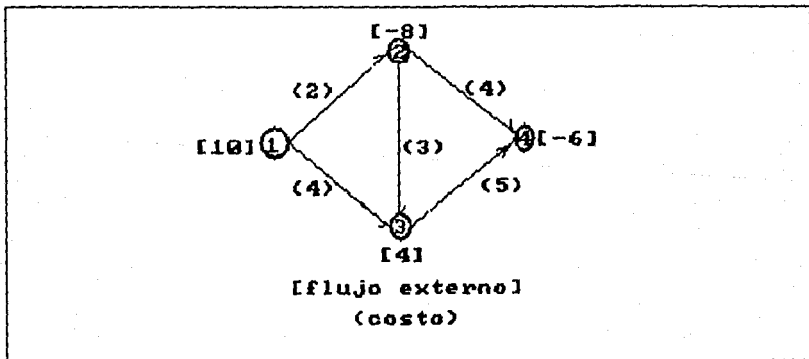
N M
origen1 destino1 flujo minimo capacidad costo tipo flujo 1
origen2 destino2 flujo minimo capacidad costo tipo flujo 2
origen3 destino3 flujo minimo capacidad costo tipo flujo 3
.
.
.
origenn destinon flujo minimo capacidad costo tipo flujo n

```

Donde N es el número de arcos y M es el número de nodos, tipo<sub>i</sub> es 0 si no es b-sico y distinto de cero en caso contrario.

Es imperante que los arcos (i,j) estén ordenados primero con j en forma creciente y luego con i.

### II.3.1 EJEMPLO DEL USO DEL ALGORITMO.



Como solución factible inicial propongo: Arco(1,2) con flujo=10; Arco(2,3) con flujo=2; Arco(3,4) con flujo=6. Con un costo de 56 u.

El archivo de datos que se genera, considerando un flujo mínimo y una capacidad  $\infty$  0 y 99 respectivamente, quedaría de la siguiente forma:

5	4						
1	2	0	99	2	-1	10	
1	3	0	99	4	0	0	
2	3	0	99	3	-1	2	
2	4	0	99	4	0	0	
3	4	0	99	5	-1	6	

La salida del programa queda de la siguiente manera:

agrego el arco 2, borro el arco 3  
agrego el arco 4, borro el arco 2

! solucion optima

#### RESULTADOS

ORIGEN	DESTINO	MINIMO	MAXIMO	COSTO - TIPO
arco 1 ,flujo= 10				
1	2	0	99	2.000000 - T '-1'
arco 2 ,flujo= 0				
1	3	0	99	4.000000 - T '0'
arco 3 ,flujo= 0				
2	3	0	99	3.000000 - T '0'
arco 4 ,flujo= 2				
2	4	0	99	4.000000 - T '1'
arco 5 ,flujo= 4				
3	4	0	99	5.000000 - T '-1'
costo total= 48.00000				

**III. EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL Y SU  
PROBLEMATICA.**

### III. EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL Y SU PROBLEMÁTICA

Este capítulo se encuentra dividido en tres secciones: En la primera se da una idea global de la situación urbana que tiene el Estado de México con relación a la del País; en la segunda parte se describe el programa de vivienda campesina como una aportación muy positiva en la búsqueda de una solución al dilema urbano-rural que vivimos; y por último, en la tercera parte se mencionan las características más importantes del subprograma de mejoramiento de la vivienda rural y su problemática.

#### III.1 INTRODUCCION: SITUACION DE LA VIVIENDA EN EL ESTADO DE MEXICO.

Siendo el Estado de México una de las entidades federativas más importantes del País, presenta una serie de conflictos que retratan en forma dramática la situación urbana Nacional. Por un lado tiene los efectos del acelerado crecimiento de la Capital de la República via los Municipios conurbados, y, por otro lado resiente los efectos del abandono del campo, para emigrar a la ciudad.

Para ilustrar con mayor precisión, la zona conurbada tiene un crecimiento poblacional promedio, del 8 %, cifra superior a la del Distrito Federal y teniendo municipios

que llegan a tener un crecimiento del 21 % como es el caso de Chalco, donde vive la gente en condiciones subhumanas.

Por cuestiones geográficas, económicas e históricas, el Estado de México ha albergado a una población marginal, que de acuerdo a datos obtenidos por el IEPES [10], actualmente se eleva a casi la mitad del estado, ocupando aproximadamente el 80% del total del territorio.

Esta región está integrada en gran medida por indígenas mazahuas, otomíes y mexicas; que no disponen de los mínimos de bienestar social.

Siendo que los flujos migratorios no se pueden evitar, lo que se busca es revertir la tendencia, bajar los índices mediante un ataque frontal de su causa directa: la continua pauperización del campo debido a políticas agrarias erróneas.

A la fecha se le ha dado prioridad a la atención de los asentamientos humanos de la gran zona conurbada, pero mucho mejores resultados a mediano y largo plazo traería proporcionar servicios, infraestructura, vivienda y equipamiento, en las áreas rurales.

De esta manera se estaría atacando a uno de los tres elementos principales, que refuerzan la necesidad de arraigo de la población en sus comunidades de origen: Empleo, vivienda y educación.



En el aspecto de vivienda rural, el Estado de México, por medio del Instituto de Acción Urbana e Integración Social (AURIS), realiza el programa denominado: "Mejoramiento de la Vivienda Rural". Este Programa está dedicado a proporcionar asistencia técnica y materiales de construcción actualmente con un subsidio hasta del 50%, a los campesinos de comunidades marginadas.

Dadas las políticas económicas actuales, se buscará la reducción de los subsidios y, hacer más eficiente la recuperación de las inversiones, con el objetivo de tener una cobertura de beneficio social más amplia, con el consiguiente efecto multiplicador económico.

Ya que el "Mejoramiento de la vivienda rural" es un programa de interés social, y por lo tanto, su objetivo no radica en obtener ganancia alguna (directa); es menester que su asignación a nivel municipio, comunidad e inclusive beneficiario, sea imparcial; al mismo tiempo de que busque maximizar su cobertura social, minimizando los costos a que se incurra.

Antes de llegar a alguna propuesta para la asignación de este programa, es conveniente hacer una descripción de éste, para conocer sus aspectos principales y llegar así a una solución más efectiva.

### III.2 EL PROGRAMA DE VIVIENDA CAMPESINA

Aunque AURIS se creó en 1970, con la finalidad de promover, proyectar y construir viviendas para venta o renta, para la población económicamente débil; no fue hasta 1983 que fijó su atención en el sector rural del Estado de México, por medio de la Dirección de Acción Rural (DAR). Su principal objetivo fue y sigue siendo a la fecha, el de contribuir al mejoramiento de las comunidades rurales, en el área de vivienda y aquellas actividades productivas relacionadas con ésta.

Sus principales funciones son:

- Participar en la planeación e investigación que sobre habitación y vivienda se hagan en el Estado de México.
- Proponer a las autoridades respectivas las normas urbanísticas y de carácter técnico, que propicien el desarrollo y bienestar de la comunidad rural.
- Propiciar la autoconstrucción y el mejoramiento de viviendas de bajo costo y promover la regeneración de zonas, tugurios y viviendas insalubres.

- Impulsar la realización de las obras que mejoren las condiciones generales de ambiente y habitación, por medio de la cooperación económica y el trabajo colectivo, de los habitantes de poblados rurales.
  
- Establecer parques de apoyo a la vivienda, con el fin de reducir los gastos y los problemas en cuanto a suministros de materiales para la construcción.
  
- Apoyar la autoconstrucción de viviendas por medio de la asistencia técnica y social y la promoción de créditos. De los programas de Vivienda Campesina que operan en el Estado de México.

Sobresale por la magnitud de recursos aplicados, el programa de mejoramiento de la vivienda rural, al cual dedicaremos toda nuestra atención y se describirá con mayor detalle, en el siguiente apartado.

### II.3 EL SUBPROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL Y SU PROBLEMÁTICA

El objetivo de este programa es dar acceso a las comunidades más marginadas del Estado a una vivienda digna,

por medio del otorgamiento de créditos a los campesinos, que les proporcionen materiales industrializados y asistencia técnica para que, eventualmente, mediante la autoconstrucción, puedan mejorar su morada.

A su vez, la DAR imparte un curso de capacitación en técnicas de autoconstrucción, en cada una de las comunidades participantes, a través de su personal técnico. Los tópicos fundamentales que se manejan son: Planeación de la vivienda, selección de materiales, refuerzos horizontales y verticales, muros, techumbre y acabados. Este curso se imparte con apoyo de material impreso y audiovisual.

Lo anterior se refuerza con asesorías y supervisión directa a cada beneficiario durante el proceso constructivo, por parte del personal técnico.

Para llevar al cabo estas funciones; el Instituto (AURIS) realiza las siguientes actividades a nivel comunidad:

- 1.- Análisis socioeconómico de los pobladores.
- 2.- Organizar "Comités permanentes para el mejoramiento de la vivienda rural".
- 3.- Otorgamiento de crédito en materiales de construcción industrializados.
- 4.- Proporcionar asesoría técnica y capacitación para la autoconstrucción de viviendas.

- 5.- Supervisar las obras en proceso.
- 6.- Una vez terminado el mejoramiento, comienza la labor de cobranza del crédito otorgado a largo plazo, actualizado de acuerdo al precio de garantía del maíz.

El trabajo que se realiza en las comunidades tiene como antecedente un proceso de selección, que si bien es muy flexible, se tiene que ajustar a determinados lineamientos específicos en cuanto al solicitante:

- Ser mayor de edad.
- Preferentemente asalariado.
- Tener ingresos equivalentes hasta de 2.5 veces el salario mínimo de la región.
- No tener en propiedad otro inmueble.
- Ser Jefe de familia o tener dependientes económicos directos.
- Tener arraigo en la localidad.

La única garantía que se pide es la palabra del campesino; quien se compromete a destinar el material exclusivamente a su vivienda, aportar los materiales de la región necesarios para complementar el mejoramiento de la vivienda y cubrir el monto de su crédito de acuerdo a las condiciones pactadas con AURIS.

### II.3.1 PROBLEMÁTICA

Uno de los problemas más importantes que enfrenta el Instituto, es la falta de un sistema de asignación adecuada de los créditos entre los municipios y, subsecuentemente, entre las comunidades y los campesinos.

Por "adecuada" me refiero a un sistema que permita realizar la asignación, desechando la posibilidad de irregularidades o favoritismos a los que se pueda llegar por la naturaleza humana.

Sin embargo el término "adecuado" también tendría en consideración, los compromisos sociales adquiridos por las instituciones que tengan que ver con este proceso de toma de decisiones, como lo son: La Presidencia de la República, el Gobernador del Estado, el Director General de AURIS, el organismo que otorgue el crédito (FONHAPO) y, en última instancia, el Director de Acción Rural.

**IV. SOLUCION Y CONCLUSIONES**

#### IV. SOLUCION Y CONCLUSIONES

El objetivo de hacer este sistema de asignación de vivienda, es proporcionar un método ordenado que permita designar el número de viviendas que se habrán de mejorar para cada comunidad, buscando hacer un uso extensivo de los recursos disponibles, es decir minimizando los costos para este caso.

Ya que el mejoramiento de las viviendas se lleva al cabo con una cantidad sensiblemente fija de materiales de construcción y puede decirse que no depende de la comunidad en la que se trabaje, se considerará que la función objetivo para minimizar costos, se restringirá a los de transporte, tanto el de materiales, como el del personal técnico que realice la supervisión de las obras así como la capacitación de los autoconstructores y la cobranza.

De acuerdo con la naturaleza de los gastos, se podrán considerar unos en función de la distancia y otros se podrán aplicar como costos fijos adicionales en la comunidad específica que se este estudiando.

La metodología de solución que propongo se basa primero en establecer el nivel de demanda potencial, de cada una de las zonas de la región designada.



Como segundo paso, es menester investigar la oferta de vivienda, que para este caso, consiste en averiguar cuál es el programa y los presupuestos Federales y Estatales destinados para ella.

Por último se aplicará el algoritmo de etiquetado para la solución de flujo a costo mínimo, en una red donde se definirán los nodos como las comunidades o municipios con su respectiva demanda, y los arcos que representarán su conexidad y tendrán como parámetro principal el costo de transportación anteriormente comentado.

#### **IV.1 DETERMINACION DE LA DEMANDA**

Para hacer una estimación aproximada del número de demandantes del mejoramiento de la vivienda rural, se hará un estudio que comprenda todas las comunidades registradas en el X Censo Nacional de Población y Vivienda 1980 [9], ya que los datos del nuevo censo todavía no se publican.

Este estudio implica el manejo de un vasto volumen de información, ya que se tendrá que establecer la demanda de los 121 municipios del Estado de México, basados en las 3400 comunidades que los conforman.

Para hacer el proceso más rápido, se eliminaron los 17 municipios conurbados a la Ciudad de México, y el de Toluca, ya que al considerarse de carácter urbano, los proyectos de vivienda que se tienen en esta región tienen otra orientación social.

Municipios no considerados en el estudio:

- Atizapán de Zaragoza
- Coacalco
- Cuautitlán
- Cuautitlán Izcalli
- Chalco
- Chicoloapan
- Chimalhuacán
- Ecatepec
- Huixquilucan
- Ixtapaluca
- La Paz
- Naucalpan
- Nezahualcóyotl
- Nicolás Romero
- Tecámac
- Tlalnepantla
- Toluca
- Tultitlán

El criterio principal para tomar en cuenta a una comunidad como una posible receptora de los beneficios de este programa, se basa en el hecho de que éste se ha diseñado para actuar en las comunidades rurales más marginadas.

Por otro lado, se consideró también que las comunidades muy pequeñas debían ser eliminadas también puesto que resulta antieconómico hacer visitas en poblados o rancherías donde a lo sumo, se tendría una demanda de 3 viviendas.

En base a estos criterios se fijaron los límites de población entre 120 y 10,000 habitantes, rango en la que deberán estar las comunidades elegidas.

Basados en lo anterior, de los 3400 asentamientos humanos registrados, se eliminaron 874. En la tabla II.1 que se muestra a continuación; se enlistan los totales obtenidos a nivel municipio, relacionados con las personas que habitan en las comunidades delimitadas por las cotas de 120 y 10,000 habitantes, anteriormente justificadas.

TABLA IV.1  
 ESTADO DE MEXICO  
 TOTAL DE PERSONAS QUE VIVEN EN COMUNIDADES DE 120 A 10000 HABITANTES,  
 POBLACION ANALFABETA Y ECONOMICAMENTE ACTIVA POR MUNICIPIO.

M U N I C I P I O	P O B L A C I O N	
	T O T A L	ANALFABETA ECONOMICAMENTE ACTIVA
T O T A L	2,122,078.00	292,498.00 690,612.00
1 ACAMBAY	36,541.00	6,488.00 13,012.00
2 ACOLMAN	32,316.00	1,973.00 9,113.00
3 ACULCO	23,719.00	4,271.00 8,956.00
4 ALMOLOYA DE ALQUISIRAS	10,216.00	1,715.00 3,456.00
5 ALMOLOYA DE JUAREZ	64,506.00	10,495.00 22,501.00
6 ALMOLOYA DEL RIO	6,193.00	487.00 2,120.00
7 AMANALCO	13,899.00	2,943.00 5,076.00
8 AMATEPEC	20,346.00	3,934.00 7,138.00
9 AMECAMECA	7,843.00	795.00 2,432.00
10 APAXCO	15,130.00	1,345.00 4,178.00
11 ATENCO	16,418.00	776.00 4,487.00
12 ATIZAPAN	4,806.00	480.00 1,501.00
14 ATLACOMULCO	38,632.00	5,732.00 13,184.00
15 ATLAUTLA	16,840.00	2,438.00 5,447.00
16 AXAPUSCO	12,030.00	1,400.00 3,768.00
17 AYAPANGO	2,909.00	245.00 868.00
18 CALIMAYA	21,876.00	2,368.00 6,651.00
19 CAPULHUAC	6,456.00	554.00 1,876.00
21 COATEPEC MARINAS	22,412.00	3,947.00 7,044.00
22 COCOTITLAN	7,510.00	413.00 2,233.00
23 COYOTEPEC	8,537.00	946.00 2,384.00
26 CHAPA DE MOTA	13,350.00	2,582.00 4,801.00
27 CHAPULTEPEC	3,417.00	201.00 910.00
28 CHIAUTLA	10,618.00	570.00 3,050.00
30 CHICONCUAC	11,371.00	583.00 3,409.00
32 DONATO GUERRA	13,671.00	3,277.00 5,401.00
34 ECATZINGO	4,414.00	548.00 1,575.00
35 HUEHUETOCA	9,765.00	1,018.00 3,287.00
36 HUEYPOXTLA	19,288.00	2,861.00 6,575.00
38 ISIDRO FABELA	3,845.00	522.00 1,326.00
40 IXTAPAN DE LA SAL	8,463.00	1,588.00 3,334.00
41 IXTAPAN DEL ORO	4,044.00	685.00 1,306.00
42 IXTLAHUACA	68,586.00	12,448.00 23,486.00
43 JALATLACO	12,091.00	1,397.00 3,702.00
44 JALTENCO	7,847.00	433.00 2,235.00
45 JILOTEPEC	44,965.00	5,433.00 14,494.00
46 JILOTZINGO	5,970.00	816.00 1,882.00
47 JIQUIPILCO	29,483.00	5,975.00 11,251.00
48 JOCOTITLAN	32,698.00	4,053.00 11,568.00
49 JOQUICINGO	7,198.00	942.00 2,258.00

M U N I C I P I O	P O B L A C I O N		
	T O T A L	ANALFABETA ECONOMICAMENTE ACTIVA	
50 JUCHITEPEC	13,040.00	1,611.00	4,090.00
51 LERMA	57,168.00	6,437.00	15,656.00
52 MALINALCO	13,716.00	2,277.00	5,014.00
53 MELCHOR OCAMPO	5,876.00	391.00	1,707.00
54 METEPEC	67,287.00	3,155.00	20,429.00
55 MEXICALTZINGO	5,955.00	495.00	1,654.00
56 MORELOS	18,865.00	4,354.00	6,502.00
59 NEXTLALPAN	7,103.00	321.00	2,062.00
61 NOPALTEPEC	3,810.00	464.00	1,241.00
62 OCOYOACAC	33,491.00	3,037.00	10,400.00
63 OCUILAN	15,059.00	2,348.00	5,580.00
64 ORO EL	22,538.00	3,551.00	7,511.00
65 OTUMBA	14,036.00	1,379.00	4,183.00
66 OTZOLOAPAN	2,885.00	601.00	943.00
67 OTZOLOTEPEC	29,112.00	5,271.00	8,952.00
68 OZUMBA	5,063.00	463.00	1,456.00
69 PAPANOTLA	1,673.00	103.00	444.00
71 POLOTLILAN	8,829.00	934.00	3,019.00
72 RAYON	5,579.00	519.00	1,631.00
73 SAN ANTONIO LA ISLA	9,476.00	907.00	2,890.00
74 SAN FELIPE DEL PROGRESO	94,151.00	21,964.00	34,759.00
75 SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES	10,430.00	674.00	3,125.00
76 SAN MATEO ATENCO	20,815.00	1,873.00	5,705.00
77 SAN SIMON DE GUERRERO	3,187.00	580.00	1,116.00
78 SANTO TOMAS	5,768.00	972.00	1,754.00
79 SOYANIQUELIPAN DE JUAREZ	5,858.00	590.00	1,859.00
80 SULTEPEC	19,300.00	4,881.00	7,747.00
82 TEJUPILCO	50,541.00	10,893.00	18,020.00
83 TEMAMATLA	3,663.00	215.00	1,106.00
84 TEMASCALAPA	12,566.00	1,247.00	4,045.00
85 TEMASCALCIINGO	45,520.00	8,137.00	16,446.00
86 TEMASCALTEPEC	19,497.00	3,100.00	7,205.00
87 TEMOAYA	34,005.00	5,650.00	12,425.00
88 TENANCINGO	27,795.00	3,912.00	8,518.00
89 TENANGO DEL AIRE	8,577.00	671.00	2,555.00
90 TENANGO DEL VALLE	24,852.00	3,595.00	8,403.00
91 TEOLOYUCAN	28,765.00	2,128.00	9,147.00
92 TEOTIHUACAN	30,027.00	1,744.00	8,878.00
93 TEPETLAOXTOC	9,959.00	963.00	3,181.00
94 TEPETLIXPA	10,179.00	934.00	3,649.00
95 TEPOTZOTLAN	13,496.00	1,279.00	3,279.00
96 TEQUIXQUIAC	15,357.00	1,067.00	4,775.00
97 TEXCALTITLAN	10,944.00	1,822.00	3,421.00
98 TEXCALYACAC	2,207.00	110.00	710.00

M U N I C I P I O	T O T A L	P O B L A C I O N	
		ANALFABETA	ECONOMICAMENTE ACTIVA
99 TEZCOCO	75,108.00	4,991.00	21,058.00
100 TEZOYUCA	7,567.00	300.00	2,257.00
101 TIANGUISTENCO	36,688.00	3,543.00	11,446.00
102 TIMILPAN	11,427.00	1,700.00	3,374.00
103 TLALMAHALCO	34,017.00	1,721.00	9,265.00
105 TLATLAYA	27,941.00	5,592.00	9,342.00
107 TONATICO	9,722.00	924.00	3,281.00
108 TULTEPEC	5,048.00	252.00	1,345.00
110 VALLE DE BRAVO	24,221.00	3,091.00	7,712.00
111 VILLA DE ALLENDE	23,790.00	4,897.00	8,883.00
112 VILLA DEL CARBON	19,535.00	3,834.00	6,981.00
113 VILLA GUERRERO	28,683.00	3,355.00	10,002.00
114 VILLA VICTORIA	46,858.00	11,427.00	17,030.00
115 XONACATLAN	19,129.00	2,341.00	5,705.00
116 ZACAZONAPAN	1,804.00	375.00	568.00
117 ZACUALPAN	11,772.00	1,980.00	4,029.00
118 ZINACANTEPEC	43,615.00	6,223.00	13,442.00
119 ZUMPAHUACAN	9,539.00	2,263.00	3,392.00
120 ZUMPANGO	21,600.00	2,008.00	6,482.00

#### IV.1.1 COTA SUPERIOR DE LA DEMANDA

Para determinar la cota superior de la demanda aproximada, se utilizó un criterio basado en el número de viviendas con piso de tierra multiplicado por el factor impreso en la tabla II.2, factor que toma en cuenta para cada municipio: la fracción del total de hogares cuyos habitantes estarían dispuestos a participar, y que cumplirían con los requisitos mencionados en el capítulo anterior; y por otro lado, consideraría cubrir hasta un 10 % de la demanda total, puesto que no se pretende, hacer una cobertura total, en los municipios con gran demanda (por razones de presupuestos reducidos y estratégicos).

Si bien es cierto que al proceder de esta manera, se hacen a un lado los diferentes grados de confianza que tienen las comunidades, con respecto a la autoridad, y que inciden directamente en el apoyo o falta de éste, al programa; hay que entender que el objetivo de esta investigación es determinar los niveles gruesos de demanda a nivel municipal, para tenerlos como parámetros en un programa que esta seriamente limitado en sus recursos.

Actualmente el monto del financiamiento tiene un alcance muy restringido y prácticamente sirve sólo de placebo para la situación urbana crítica de la región, y no por esta razón, se deberá tomar como excusa para asignar recursos sin ningún orden, sino que se deberán aplicar de la

manera más imparcial y eficiente, para lograr un efecto un poco más duradero.

Para hacer frente al problema de que se asignaran pocas viviendas a un municipio: se "normalizarán" las cotas superiores, dividiéndolas entre 20 unidades, que son el número mínimo de viviendas económicamente factibles de mejorar. De esta manera, dado que el algoritmo de solución que se utilizará, sólo maneja números enteros; o no asigna vivienda del todo, o lo hace en bloques de 20 en 20.



TABLA IV.2  
 ESTADO DE MEXICO  
 ESTADISTICA DE VIVIENDA EN COMUNIDADES DE 120 A 10000 HABITANTES Y  
 COTA SUPERIOR DE DEMANDA.

M U N I C I P I O	V I V I E N D A S			COTA SUPERIOR ENTERA	COTA SUPERIOR NORMALIZADA
	PARTICULARES	CON PISO DE TIERRA	FACTOR		
T O T A L	349,944.00	153,994.00			
2 ACAMBAY	6,245.00	3,859.00	0.1051347	405.00	20
3 ACOLMAN	5,102.00	568.00	0.1566712	88.00	4
4 ACULCO	4,230.00	2,449.00	0.1102559	270.00	14
5 ALMOLOYA DE ALQUISIRAS	1,784.00	1,220.00	0.1243752	151.00	8
6 ALMOLOYA DE JUAREZ	10,272.00	5,883.00	0.1020746	600.00	30
7 ALMOLOYA DEL RIO	1,097.00	355.00	0.1929299	68.00	3
8 AMANALCO	2,268.00	1,392.00	0.1208987	168.00	8
9 AMATEPEC	3,522.00	2,681.00	0.1090430	292.00	15
10 AMECAMECA	1,275.00	693.00	0.1457709	101.00	5
11 APAXCO	2,253.00	337.00	0.1980944	66.00	3
12 ATENCO	2,496.00	296.00	0.2122026	62.00	3
13 ATIZAPAN	742.00	332.00	0.1996283	66.00	3
14 ATLACOMULCO	6,604.00	3,006.00	0.1076588	323.00	16
15 ATLAUTLA	2,642.00	1,380.00	0.1211131	167.00	8
16 AXAPUSCO	1,953.00	615.00	0.1520529	93.00	5
17 AYAPANGO	495.00	221.00	0.2515564	55.00	3
18 CALIMAYA	3,266.00	1,238.00	0.1239661	153.00	8
19 CAPULHUAC	1,071.00	268.00	0.2243181	60.00	3
20 COATEPEC MARINAS	3,875.00	2,022.00	0.1132157	228.00	11
21 COCOTITLAN	1,213.00	377.00	0.1872876	70.00	4
22 COYOTEPEC	1,353.00	441.00	0.1740743	76.00	4
23 CHAPA DE MOTA	2,285.00	1,285.00	0.1229520	157.00	8
24 CHAPULTEPEC	501.00	144.00	0.3346076	48.00	2
25 CHIAUTLA	1,567.00	266.00	0.2252811	59.00	3
26 CHICONCUAC	1,591.00	215.00	0.2558909	55.00	3
27 DONATO GUERRA	2,536.00	1,700.00	0.1164311	197.00	10
28 ECATZINGO	747.00	471.00	0.1691167	79.00	4
29 HUEHUETOCA	1,719.00	316.00	0.2048632	64.00	3
30 HUEYPOXTLA	3,028.00	1,030.00	0.1295651	133.00	7
31 ISIDRO FABELA	693.00	392.00	0.1838036	72.00	4
32 IXTAPAN DE LA SAL	1,589.00	1,057.00	0.1287139	136.00	7
33 IXTAPAN DEL ORO	729.00	398.00	0.1824835	72.00	4
34 IXTLAHUACA	11,447.00	7,247.00	0.1009764	731.00	37
35 JALATLACO	1,972.00	933.00	0.1330298	124.00	6
36 JALTENCO	1,224.00	182.00	0.2848385	51.00	3
37 JILOTEPEC	7,555.00	2,827.00	0.1083818	306.00	15
38 JILOTZINGO	994.00	495.00	0.1655833	81.00	4
39 JIQUIPILCO	5,634.00	2,261.00	0.1114213	251.00	13
40 JOCOTITLAN	5,578.00	1,994.00	0.1134541	226.00	11
41 JOQUICINGO	1,263.00	663.00	0.1480121	98.00	5

M U N I C I P I O	V I V I E N D A S			COTA SUPERIOR ENTERA	COTA SUPERIOR NORMALIZADA
	PARTICULARES	CON PISO DE TIERRA	FACTOR		
42 JUCHITEPEC	2,083.00	912.00	0.1338770	122.00	6
43 LERMA	8,865.00	2,725.00	0.1088363	296.00	15
44 MALINALCO	2,411.00	1,604.00	0.1176396	188.00	9
45 MELCHOR OCAMPO	876.00	175.00	0.2923825	51.00	3
46 METEPEC	11,340.00	1,482.00	0.1194012	176.00	9
47 MEXICALTZINGO	866.00	216.00	0.2551517	55.00	3
48 MORELOS	3,383.00	2,227.00	0.1116530	248.00	12
49 NEXTLALPAN	1,161.00	179.00	0.2879994	51.00	3
50 NOPALTEPEC	670.00	302.00	0.2098987	63.00	3
51 OCOYOACAC	5,147.00	1,332.00	0.1220094	162.00	8
52 OCUILAN	2,606.00	1,630.00	0.1172982	191.00	10
53 ORO EL	3,802.00	1,879.00	0.1145076	215.00	11
54 OTUMBA	2,535.00	865.00	0.1359220	117.00	6
55 OTZOLGAPAN	489.00	360.00	0.1915870	68.00	3
56 OTZOLOTEPEC	4,477.00	2,605.00	0.1094165	285.00	14
57 OZUMBA	827.00	425.00	0.1770045	75.00	4
58 PAPANOTLA	238.00	37.00	0.6756756	25.00	1
59 POLOTITLAN	1,435.00	308.00	0.2076846	63.00	3
60 RAYON	847.00	354.00	0.1932031	68.00	3
61 SAN ANTONIO LA ISLA	1,385.00	677.00	0.1469415	99.00	5
62 SAN FELIPE DEL PROGRESO	15,476.00	9,129.00	0.1000000	912.00	46
63 SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES	1,695.00	404.00	0.1812027	73.00	4
64 SAN MATEO ATENCO	3,197.00	772.00	0.1407023	108.00	5
65 SAN SIMON DE GUERRERO	529.00	332.00	0.1996283	66.00	3
66 SANTO TOMAS	967.00	501.00	0.1647528	82.00	4
67 SOYANQUILPAN DE JUAREZ	1,055.00	194.00	0.2731727	52.00	3
68 SULTEPEC	3,344.00	2,826.00	0.1083861	306.00	15
69 TEJUPILCO	8,686.00	5,449.00	0.1025393	558.00	28
70 TEMAMATLA	631.00	150.00	0.3250729	48.00	2
71 TEMASCALAPA	2,211.00	730.00	0.1432604	104.00	5
72 TEMASCALCINGO	7,465.00	4,016.00	0.1047870	420.00	21
73 TEMASCALTEPEC	3,366.00	2,176.00	0.1120143	243.00	12
74 TEMOAYA	5,715.00	3,938.00	0.1049563	413.00	21
75 TENANCINGO	4,364.00	2,430.00	0.1103655	268.00	13
76 TENANGO DEL AIRE	1,346.00	608.00	0.1526955	92.00	5
77 TENANGO DEL VALLE	4,156.00	2,154.00	0.1121754	241.00	12
78 TEOLOYUCAN	4,601.00	866.00	0.1358762	117.00	6
79 TEOTIHUACAN	5,007.00	815.00	0.1383565	112.00	6
80 TEPETLAOXTOC	1,605.00	484.00	0.1671593	80.00	4
81 TEPETLIXPA	1,814.00	849.00	0.1366698	116.00	6
82 TEPOTZOTLAN	2,199.00	544.00	0.1593373	86.00	4
83 TEQUIXQUIAC	2,537.00	473.00	0.1688086	79.00	4
84 TEXCALTITLAN	1,929.00	1,095.00	0.1275869	139.00	7
85 TEXCALYACAC	393.00	129.00	0.3623248	46.00	2

M U N I C I P I O	V I V I E N D A S			COTA SUPERIOR ENTERA	COTA SUPERIOR NORMALIZADA
	PARTICULARES	CON PISO DE TIERRA	FACTOR		
86 TEZCOCO	11,850.00	2,242.00	0.1115499	250.00	13
87 TEZOYUCA	1,202.00	135.00	0.3504988	47.00	2
88 TIANGUISTENCO	6,044.00	2,306.00	0.1111250	256.00	13
89 TIMILPAN	1,977.00	903.00	0.1342521	121.00	6
90 TLALMANALCO	5,285.00	1,088.00	0.1277886	139.00	7
91 TLATLAYA	4,719.00	3,898.00	0.1050457	409.00	20
92 TOMATICO	1,688.00	670.00	0.1474712	98.00	5
93 TULTEPEC	767.00	113.00	0.4000005	45.00	2
94 VALLE DE BRAVO	4,126.00	1,383.00	0.1210592	167.00	8
95 VILLA DE ALLENDE	3,992.00	1,832.00	0.1149763	210.00	11
96 VILLA DEL CARBON	3,280.00	1,696.00	0.1164787	197.00	10
97 VILLA GUERRERO	5,050.00	2,840.00	0.1083262	307.00	15
98 VILLA VICTORIA	7,316.00	4,534.00	0.1038105	470.00	24
99 XONACATLAN	2,962.00	1,206.00	0.1247018	150.00	8
100 ZACAZONAPAN	281.00	189.00	0.2778534	52.00	3
101 ZACUALPAN	2,134.00	1,488.00	0.1193078	177.00	9
102 ZIMACANTEPEC	6,773.00	3,131.00	0.1072029	335.00	17
103 ZUMPAHUACAN	1,737.00	1,465.00	0.1196700	175.00	9
104 ZUMPANGO	3,697.00	679.00	0.1467922	99.00	5

## IV.2 DETERMINACION DE LA OFERTA Y LOS PARAMETROS DE COSTO DE TRANSPORTE

### IV.2.1 ESTIMACION DEL MINIMO DE VIVIENDAS A MEJORAR

Para conocer el número mínimo de viviendas, es necesario primero establecer los compromisos contraídos del Gobierno del Estado con los municipios o con los grupos de colonos o ejidatarios organizados.

Para este caso, como el fin es puramente académico, se consideraron los municipios originalmente programados en el crédito "Temoaya II" y las cantidades que aparecen en la tabla IV.3, son una proporción de las cantidades originales.

Se utilizó este procedimiento, para acercarnos lo más posible a la realidad, sin pretender, por supuesto, darle un carácter oficial, ni hacer con ésto más importante a determinado municipio.

**TABLA IV.3**

NUMERO MINIMO DE VIVIENDAS MEJORADAS PROPUESTAS

PARA REALIZAR POR MUNICIPIO.

MUNICIPIO	No. DE VIVIENDAS	CANTIDAD NORMALIZ.
TOTAL	740	37
ACAMBAY	40	2

MUNICIPIO	No. DE VIVIENDAS	CANTIDAD NORMALIZ.
ACULCO	20	1
ALMOLOYA DE JUAREZ	20	1
ATLACOMULCO	60	3
IXTAPAN DEL ORO	40	2
IXTLAHUACA	100	5
JIQUIPILCO	80	4
MORELOS	60	3
OTZOLOAPAN	20	1
SAN FELIPE DEL PROGRESO	100	5
TEJUPILCO	20	1
TEMASCALTEPEC	20	1
TENGOYA	40	2
TLATLAYA	20	1
VILLA DE ALLENDE	40	2
VILLA VICTORIA	40	2
XONACATLAN	20	1

#### IV.2.2 FIJACION DE LA OFERTA PARA EL MODELO DE ASIGNACION Y ESTIMACION DEL COSTO DE TRANSPORTE.

Dado que no es posible resolver el problema del déficit de vivienda, puesto que los recursos económicos no son suficientes; es menester basar nuestra estimación en el financiamiento que se pueda negociar para el programa.

Por supuesto que es éste financiamiento depende de una gran variedad de factores que inciden en la fijación tanto del volumen como del plazo, intereses e inclusive en la asignación y en otros aspectos que se pudieran considerar independientes.

En éste caso, consideraremos que se ha conseguido un crédito para 2000 viviendas, que a un costo promedio de 250 salarios mínimos diarios, equivale a conseguir un préstamo de 500,000 salarios mínimos (zona A).

En la tabla IV.4, se presentan los materiales que son proporcionados por el programa actualmente, con una estimación aproximada del costo del transporte, que incluye el transporte de los materiales, así como del personal

técnico que supervisa la construcción y del personal administrativo que realiza la cobranza.

TABLA IV.4  
MATERIALES PROPORCIONADOS POR EL PROGRAMA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE UNITARIO
S U M A				164.04
CEMENTO	TON	2.25	19.410	43.67
CALHIDRA	TON	1.13	12.509	14.07
ARHEX	PZA	13.00	1.917	24.92
BLOCK 12/20/40	MILLAR	0.60	65.079	39.05
TEJA PRACTICA "EUREKA"	PZA	63.00	0.614	38.71
CABALLETE PARA CUMBRERA	PZA	9.00	0.402	3.61
COSTO TRANSPORTE				62.15
COSTO DE TRANSPORTE DE 20 "MEJORAMIENTOS" POR KM RECORRIDO				15.54

NOTA: PRECIOS EN SALARIOS MINIMOS DIARIOS

Como se puede observar el gasto por concepto de transportación es muy elevado, y por lo tanto requiere de mayor atención, para limitarlo al máximo.

Para ello habría que estructurar el programa de tal manera que utilice al máximo el material disponible en la región; y buscar el mayor ahorro posible en el transporte de los materiales, que no se puedan conseguir en la región.

El resto del costo del mejoramiento se debe a indirectos, tanto del Instituto de Acción Urbana e

Integración Social como de la institución que haya facilitado el financiamiento.

En la estimación de los costos de transporte, se consideró únicamente el parámetro de la distancia entre dos nodos, multiplicado por el factor que aparece en la página 40. En éste aspecto, recomiendo la lectura del artículo "User optimized traffic assignment" de Hatfield [8], en donde se usa un algoritmo que selecciona las rutas que minimizan los tiempos de viaje, pero en forma dinámica en el tiempo, es decir, toma en cuenta los incrementos de flujo vehicular por las carreteras, a intervalos discretos de tiempo, ya que los usuarios buscan usar el camino más rápido (en determinado momento) que los lleve a su destino .

Para la determinación de las distancias en la red formada por los municipios; se obtuvo en base a un plano de carreteras del Estado de México, ya que no fue posible determinar su magnitud exacta.

Sin embargo, dada la escala del plano, (1:200000) se puede asegurar una precisión aceptable, es decir que no afecta sensiblemente a nuestra solución, siendo que se aplicó un criterio uniforme en el cálculo de las distancias.

En la tabla IV.5 se muestran las distancias entre los municipios, de acuerdo a la siguiente notación: (Destino, distancia en km). La numeración corresponde a la lista de municipios impresa en las tablas IV.1 y IV.2.







ORIGEN	DEST.	DIST.	DEST.	DIST.	DEST.	DIST.	DEST.	DIST.	DEST.	DIST.	DEST.	DIST.
	(km)		(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)
98	6	38.2	95	22.2	62	29.2	27	27				
99	43	15.8	56	10.2	1	27.2						
100	55	7.2	73	39								
101	4	27	32	34.6	70	38.2						
102	73	23.8	1	16.6	84	34.6	70	48				
103	75	17										
104	83	13.6	45	10.8	78	12.6	71	21.6	30	10.2	49	10.2

### IV.3 APLICACION DEL MODELO DE FLUJO A COSTO MINIMO EN REDES

Considerando las características de nuestro problema de asignación de la vivienda, en donde buscamos distribuir determinado número de viviendas entre los municipios, de tal manera que el costo de transportación sea mínimo, y se pueda cumplir con las restricciones relativas a no excedernos del nivel de la demanda y a cumplir con los compromisos adquiridos como un límite inferior; resulta conveniente aplicar el algoritmo de etiquetado para la solución de problemas de flujo acotado, a costo mínimo.

Para lograr nuestros objetivos, uniremos a todos los nodos con un nodo sumidero [105] a excepción del nodo fuente [1] que es el nodo fuente (Toluca), y para lograr una solución factible inicial; agregaremos un nodo ficticio [106] y lo uniremos con todos los nodos, con un costo muy alto, para que el algoritmo los quite de la base.

Para satisfacer los "compromisos adquiridos" de vivienda con algunos municipios, se usarán éstos arcos ficticios pero con un flujo que iguale a ésta demanda mínima.

Por otro lado, los arcos que unen al nodo fuente y el nodo sumidero con el nodo ficticio tendrán un flujo de 100 y

63 respectivamente; ya que el total de viviendas que vamos a asignar es 2000, que divididas entre 20 viviendas por lote de asignación, nos da 100.

Las 63 unidades de flujo que estamos enviando al nodo sumidero, corresponden a los lotes de asignación no comprometidos.

Los listados de datos y de resultados se pueden ver en los anexos 2 y 3 respectivamente.

#### IV.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede observar que todos los arcos artificiales quedaron sin flujo, y que, a excepción de un arco, todas las variables artificiales salieron de la base.

La razón por la cuál el arco que va del nodo 1 al 106 no salió de la base es porque todos los nodos tienen que estar cubiertos por cuando menos un arco de la base, en éste caso como el objetivo es minimizar costos, el algoritmo no le asignó flujo alguno.

Como era de esperarse, fuera de los nodos donde se pedía determinado número de unidades, el resto de las viviendas fueron asignadas a los municipios con mayor cercanía al nodo 1.

La lista de municipios con el número de mejoramiento de viviendas asignado y la ruta óptima propuesta, se muestra a continuación:

TOTAL DE VIVIENDAS	2000
ACAMBAY	40, VIA ZINACANTEPEC, TEMASCALAPA Y ACULCO
ACULCO	20, VIA ZINACANTEPEC, TEXCALTITLAN
ALMOLOYA DE JUAREZ	20
ATLACOMULCO	60, VIA IXTLAHUACA
CHAPULTEPEC	40, VIA METEPEC Y MEXICALTZINGO
IXTAPAN DEL ORO	40, VIA AMANALCO, VALLE DE BRAVO
IXTLAHUACA	100
JIQUIPILCO	80, VIA SAN FELIPE DEL PROGRESO
METEPEC	180
MEXICALTZINGO	60, VIA METEPEC
MORELOS	60, VIA IXTLAHUACA E IXTAPAN DE LA SAL
OTZOLOAPAN	20, VIA ZINACANTEPEC, TEMASCALTEPEC Y ZACAZOHAPAN
OTZOLOTEPEC	20

S.A. LA ISLA	100 VIA NETEPEC Y MEXICALTZINGO
S. F. DEL PROGRESO	100
S.MATED ATENCO	100
TEJUPILCO	20, VIA ZINACANTEPEC, TEMASCALTEPEC Y S.S.DE GUERRERO
TEMASCALTEPEC	20, VIA ZINACANTEPEC
TEMOAYA	460
TLATLAYA	20, VIA ZINACANTEPEC
VILLA DE ALLENDE	40, VIA ALMOLOYA DE JUAREZ Y VILLA VICTORIA
VILLA VICTORIA	40, VIA ALMOLOYA DE JUAREZ
XONACATLAN	20
ZINACANTEPEC	340

Una computadora P.C.-AT compatible con IBM con una velocidad de 25 Mhz. resolvió el problema en 43 segundos. En Basic le hubiese tomado más de 20 minutos, y considerando la programación lineal por medio de algún paquete como el "LINDO" se tendría un sistema de 1079 desigualdades con una función objetivo para minimizar un conjunto de 487 variables de tipo entero, que simplemente sobrepasaría su capacidad.

En cambio con éste algoritmo es posible resolver problemas mucho más grandes, sin tener problemas en cuanto a memoria, ni en cuanto a tiempo, y permitiría con unas pocas modificaciones en el archivo de datos, encontrar las rutas más cortas entre dos municipios.

Por último, cabe mencionar que este algoritmo es muy flexible, puesto que permite maniobrar libremente con las restricciones, de tal manera que se puede ir "experimentando" con varias opciones, sin tener que llegar a cometer graves errores, si se hiciera directamente en la vida real.

Sin embargo, este algoritmo es dependiente de la estructura de la red que se le alimente, así como de la calidad de información de que se disponga.

Por la que a esta aplicación corresponde, es de vital importancia actualizar y verificar cada uno de los parámetros de la red, en forma constante, para poder dar resultados cada vez más confiables.

Como menciona Pall [15] respecto a los problemas de programación (planeación) y en especial refiriéndose a la programación lineal: "Los métodos matemáticos subyacentes se han refinado a tal punto que se adaptan extremadamente bien a la computación digital y su aplicación tiende a ser mecánica, es decir no importa tanto el conocimiento de las matemáticas, sino una mayor e íntima familiarización con los problemas, para la aplicación exitosa de ésta técnica".



## **A N E X O S**

## ANEXO 1

PROGRAMA ORIGINAL DE ETIQUETADO EN BASIC

```

10 CLS
20 PRINT" FLUJO A COSTO MINIMO EN REDES"
30 PRINT," A L G O R I T M O D E E T I Q U E T A D O":PRINT,"ING. ANDRES ROMO BECERRIL":
PRINT:PRINT:PRINT"%Crea un archivo nuevo .... ":INPUT RS
40 IF RS="N" OR RS="n" THEN GOTO 240
50 INPUT "NO.DE ARCOS,NO.DE NUDOS",N,M
60 DIM AX(N,4),TX(N),COSTO(N),PI(N),EX(M),NX(M),FX(N), DELX(M), LX(M,0), Z(N)
70 PRINT " ORIGEN,DESTINO,MIN,MAX,COSTO,TIPO "
80 FOR I=1 TO N:PRINT "ARCO ";I
90 INPUT AX(I,0),AX(I,1),AX(I,2),AX(I,3),COSTO(I),RS
100 INPUT"FLUJO ",FX(I)
110 IF RS="B" OR RS="b" THEN TX(I)=-1 ELSE TX(I)=0
120 NEXT I
130 INPUT"CORRIJO S-N ",RS:IF RS="S"OR RS="s" THEN PRINT "CORRECCION":PRINT "ORIGEN DESTINO
MINIMO MAXIMO COSTO - TIPO" ELSE GOTO 195
140 FOR I=1 TO N:PRINT "ARCO ";I,"FLUJO=";FX(I)
150 FOR J= 0 TO 3:PRINT AX(I,J),:NEXT J
160 PRINT COSTO(I);:IF TX(I)THEN PRINT " BASICO" ELSE PRINT
170 INPUT "CORRECTO S-N",RS
180 IF RS="N"THEN INPUT"ORIGEN,DESTINO,MIN,MAX,COSTO, TIPO
",AX(I,0),AX(I,1),AX(I,2),AX(I,3),COSTO(I),TX(I):INPUT "FLUJO=";FX(I):GOTO 150
190 NEXT I
195 INPUT"HAGO UN ARCHIVO ";RS:IF RS="N" GOTO 290
200 PRINT"%BAJO QUE NOMBRE?":LINE INPUT RS
210 OPEN "O",#1,RS:PRINT#1,N,M:FOR I= 1 TO N
220 PRINT#1, AX(I,0), AX(I,1), AX(I,2), AX(I,3), COSTO(I), TX(I), FX(I)
230 NEXT I:CLOSE#1:GOTO 290
240 PRINT"%QUE ARCHIVO DE DATOS LEO?":LINE INPUT RS
250 OPEN "I",#1,RS:INPUT#1,N,M
260 DIM PI(M), AX(N,4), TX(N),COSTO(N),EX(M),NX(M), FX(N), DELX(M),LX(M,0),Z(N):FOR I=1 TO N
270 INPUT#1, AX(I,0), AX(I,1), AX(I,2), AX(I,3), COSTO(I), TX(I), FX(I)
280 NEXT I:CLOSE#1:GOTO 130
290 INPUT"IMPRIMO LA RED ";RS:IF RS="S" OR RS="s" GOTO 300 ELSE GOTO 360
300 LPRINT " C A R A C T E R I S T I C A S D E L A R E D"
310 LPRINT:LPRINT "ORIGEN DESTINO MINIMO MAXIMO COSTO - TIPO"
320 FOR I=1 TO N:LPRINT "ARCO ";I,"FLUJO=";FX(I)
330 FOR J= 0 TO 3:LPRINT AX(I,J),:NEXT J
340 LPRINT COSTO(I);:IF TX(I)THEN LPRINT"-BASICO"ELSE LPRINT
350 NEXT I
360 FOR I= 1 TO M-1:NX(I)=-1 :NEXT I:PI(M)=0
460 FOR I=N TO 1 STEP -1
470 IF NOT TX(I) THEN S10
480 II=AX(I,0):J=AX(I,1):print ii;:j;
490 IF NX(II) AND NOT NX(J) THEN PI(II)=PI(J)+COSTO(I):NX(II)=0:print "pi ";pi(ii);
500 IF NOT NX(II) AND NX(J) THEN PI(J)=PI(II)-COSTO(I):NX(J)=0:print "pi ";pi(j);
505 for j=1 to m:print nx(j);:next j
510 NEXT I
520 FOR I=1 TO M:IF NX(I)then print "falta nodo";i: GOTO 460 ELSE NEXT I
530 REM CRITERIO DE OPTIMALIDAD
540 FOR I=1 TO M: IF TX(I) THEN 610
560 Z(I)=PI(AX(I,0))-PI(AX(I,1))-COSTO(I)
570 IF FX(I)=AX(I,2) AND Z(I)<=0 THEN RR=-1 ELSE RR=0

```

```

580 IF FX(1)=AX(1,3) AND Z(1)>=0 THEN SS=-1 ELSE SS=0
590 IF RR OR SS GOTO 610
600 P=AX(1,0):Q=AX(1,1):GOTO 630
610 NEXT I:PRINT" SOLUCION OPTIMA"
620 GOTO 1070
630 ERASE EX,LX,DELX:DIM EX(M),LX(M,1),DELX(M)
640 print"z";I,z(i),f(i),aX(i,3):IF Z(1)<0ANDFX(1)= AX(1,3) THEN S=P:T=Q:G=P:H=Q:LX(S,0)=
    T:LX(S,1)= FX(1)-AX(1,2): DELX(S)=LX(S,1):GOTO 670
650 print "z";I,z(i),f(i), aX(i,2):IF Z(1)>0 AND FX(1)= AX(1,2) THEN
    S=Q:T=P:G=P:H=Q:LX(S,0)=T:LX(S,1)=-FX(1)+AX(1,3):DELX(S)=LX(S,1):GOTO 670
660 PRINT "SOLUCION OPTIMA":GOTO 1070
670 PRINT"AGREGO EL ARCO",I
680 REM ***** E T I Q U E T A D O *****
690 ERASE EX:DIM EX(M):EX(S)=-1:Y=0
694 FOR KX=1 TO M:FOR YX=1 TO M
700 IF EX(T) GOTO 800
710 IF NOT TX(YX) GOTO 800
720 IIX=AX(YX,0):JX=AX(YX,1):IF EX(IIX) =EX(JX) GOTO 800
740 IF EX(IIX) AND NOT EX(JX) THEN KK=AX(YX,3)-FX(YX) ELSE GOTO 770
750 IF DELX(IIX)<KK THEN DELX(JX)=DELX(IIX) ELSE DELX(JX)=KK
760 LX(JX,0)=IIX:LX(JX,1)=DELX(JX):EX(JX)=-1:IF KK<DELX(IIX) THEN G=IIX:H=JX
770 IF NOT EX(IIX) AND EX(JX) THEN KK=-AX(YX,2)+FX(YX) ELSE GOTO 800
780 IF DELX(JX)<KK THEN DELX(IIX)=DELX(JX) ELSE DELX(IIX)=KK
790 LX(IIX,0)=-JX:LX(IIX,1)=DELX(IIX):EX(IIX)=-1:IF KK<DELX(JX) THEN G=IIX:H=JX
800 NEXT YX:NEXT KX:IF NOT EX(T) GOTO 1070
810 REM CAMBIO DE FLUJOS A LO LARGO DEL CICLO
820 D=DELX(T):Z=T
830 W=LX(ABS(Z),0):IF W<0 THEN W=ABS(W):GOTO 860
840 FOR Y=1 TO M
845 IF AX(Y,0)=W AND AX(Y,1)=Z THEN FX(Y)=FX(Y)+D:GOTO 880
850 NEXT Y
860 FOR Y=1 TO M
865 IF AX(Y,0)=Z AND AX(Y,1)=W THEN FX(Y)=FX(Y)-D:GOTO 880
870 NEXT Y
880 Z=W:IF Z<>ABS(T) GOTO 830
890 REM ACTUALIZACION DEL ARBOL BASICO
900 IF G=P AND H=Q THEN GOTO 530
910 TX(I)=-1
920 FOR Y=1 TO M:IF AX(Y,0)=G AND AX(Y,1)=H THEN TX(Y)=0:PRINT "BORRO EL ARCO",Y:GOTO 940
930 NEXT Y
940 GOTO 360
1010 LPRINT " R E S U L T A D O S "
1020 LPRINT:LPRINT "ORIGEN DESTINO MINIMO MAXIMO COSTO - TIPO"
1030 FOR I=1 TO M:LPRINT "ARCO ";I,"FLUJO=";FX(I)
1040 FOR J= 0 TO 3:LPRINT AX(I,J),:NEXT J
1050 LPRINT COSTO(I);:IF TX(I) THEN LPRINT " - BASICO"ELSE LPRINT
1060 NEXT I:LPRINT "COSTO TOTAL= ";SUM:END
1070 PRINT " R E S U L T A D O S "
1080 PRINT:PRINT "ORIGEN DESTINO MINIMO MAXIMO COSTO - TIPO"
1090 SUM=0:FOR I=1 TO M: PRINT "ARCO ";I,"FLUJO=";FX(I):SUM=SUM+FX(I)*COSTO(I)
1100 FOR J= 0 TO 3:PRINT AX(I,J),:NEXT J
1110 PRINT COSTO(I);:IF TX(I) THEN PRINT " - BASICO"ELSE PRINT
1120 NEXT I:PRINT "COSTO TOTAL= ";SUM:INPUT"IMPRIMO LOS RESULTADOS ";RS:IF RS="S" OR RS="s" GOTO
1010 ELSE END

```

## PROGRAMA EN "C"

```

#include <stdio.h>
main()
(
float pi[600],costo[600],z[600],sum=0;
int
arco[600][4],basico[600],etiqueta[200],w_[200],x[600],l[200][2],i,f,j,m,n,p,q,s,t,h,i,k_,y9,k9,j9,u,g
,d,abc,arcosale;

scanf ("%d %d",&n,&m);
for (i=1;i<=n;i++) (
pi[i]=costo[i]=z[i]=sum=0.0;
arco[i][0]=arco[i][1]=arco[i][2]=arco[i][3]=basico[i]=w_[i]=x[i]=0;
)
for (i=1; i<=m;etiqueta[i]=l[i][1]=l[i+1][0]=0);

for (i=1;i<=n;i++) scanf ("%d %d %d %d %f %d
%d",&arco[i][0],&arco[i][1],&arco[i][2],&arco[i][3],&costo[i],&basico[i],&x[i]);

/* CALCULO DE LAS VARIABLES DUALES */
e360:
for ( i= 1; i < m; w_[i+1]=1) ;
pi[m]=0;
e460:
for ( i=n;i>0; i--) (
if ( l basico[i] )continue;
ii=arco[i][0];j=arco[i][1];
if ( w_[ii] && l w_[j] ) ( pi[i]=pi[j]+costo[i];w_[ii]=0; )
if ( l w_[ii] && w_[j] ) ( pi[i]=pi[i]-costo[i];w_[j]=0; )
)
for ( i=1 ;i<=m;i++) if ( w_[i] ) goto e460;

/* criterio de optimalidad y seleccion de la variable entrante */
e530:
for ( i=1 ;i<=n;i++) (
if ( basico[i] ) continue;
z[i]=pi[arco[i][0]]-pi[arco[i][1]]-costo[i];
if ( x[i]==arco[i][2] && z[i]<=0 || x[i]==arco[i][3] && z[i]>=0 ) continue;
p=arco[i][0];q=arco[i][1];goto e630;
)
printf ("! solucion optima\n");
goto e1070;
e630:
for (j=1;j<=m;etiqueta[j]=l[j][0]=l[j+1][1]=0);
if ( z[i]<0 && x[i]==arco[i][3] ) (s=g=p;t=h=q;l[s][0]=-i;l[s][1]=x[i]-arco[i][2];)
else if ( z[i]>0 && x[i]==arco[i][2] ) (s=h=q;t=g=p;l[s][0]=i;l[s][1]=-x[i]+arco[i][3];)
else goto e1070; /* SOLUCION OPTIMA */

printf ("agrego el arco %d, ",i);
/***** e t i q u e t a d o *****/
for (j=1;j<=m; etiqueta[j+1]=0);
etiqueta[s]=i;
for ( k_=1 ;k_<=n;k_++) for ( y9=1 ;y9<=n;y9++) (
if ( etiqueta[t] ) goto e820;

```

```

if ( l basico[y9] ) continue;
ii=arco[y9][0];j9=arco[y9][1];

if ( etiqueta[i] && l etiqueta[j9] ) {
  if((j =arco[y9][3]-x[y9])<l[i][1]) l[j9][1]=j;
  else l[j9][1]=l[i][1];
  etiqueta[j9]=1;
  l[j9][0]=y9;
}
else if ( l etiqueta[i] && etiqueta[j9] ) {
  if((j=-arco[y9][2]+x[y9])<l[j9][1]) l[i][1]=j;
  else l[i][1]=l[j9][1];
  etiqueta[i]=1;
  l[i][0]=-y9;
}
)

/* CAMBIO DE FLUJO A LO LARGO DEL CICLO Y DETERMINACION DEL ARCO QUE SALE */
e820:
d=l[t][1];
arcosale=-1;
w=t;
do {
  if ((w=l[j=w][0])>=0) x[w]=x[w]+d;
  else x[w]=(w=-w , x[w]-d);
  if ( x[w]==arco[w][3] || x[w]==arco[w][2] ) arcosale=w;
  if (arco[w][0]==j) w=arco[w][1];
  else w=arco[w][0];
}
while (w!=s);

if ( l[s][0]>=0 )x[i]=x[i] + d;
else x[i]=x[i] - d;

if (arcosale==-1) arcosale=i;
g=arco[arcosale][0];h=arco[arcosale][1];

/* actualizacion del arbol basico */
if ( g==p && h==q ) goto e530;
basico[i]=1;
basico[arcosale]=0;printf ( "borro el arco %d\n",arcosale);goto e360;

/* SALIDA DE RESULTADOS */
e1070:
printf ("          R E S U L T A D O S\n\nARCO  FLUJO ORIGEN DESTINO MINIMO MAXIMO
COSTO TIPO\n");
for ( i=1 ;i<=n;i++){
  sum=x[i]*costo[i];
  printf ("%3d %5d %6d %6d %6d %6d %12.2f
%2d\n",i,x[i],arco[i][0],arco[i][1],arco[i][2],arco[i][3],costo[i],basico[i]);
}
printf ( "costo total= %.3f\n",sum);
)

```

LISTADO DE DATOS						ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
592	106					1	10	0	100	21.0308	0	0
						6	10	0	100	25.382	0	0
						15	10	0	100	5.18	0	0
						17	10	0	100	2.2792	0	0
						7	10	0	100	5.18	0	0
						90	10	0	100	4.765599	0	0
						106	10	0	8	20000	1	0
						29	11	0	100	10.25639	0	0
						30	11	0	100	9.738399	0	0
						83	11	0	100	4.144	0	0
						88	11	0	100	1.3468	0	0
						106	11	0	8	20000	1	0
						25	12	0	100	3.4188	0	0
						26	12	0	100	2.3828	0	0
						87	12	0	100	1.4504	0	0
						106	12	0	8	20000	1	0
						7	13	0	100	1.2432	0	0
						19	13	0	100	2.3828	0	0
						88	13	0	100	1.2432	0	0
						106	13	0	8	20000	1	0
						2	14	0	100	9.842	0	0
						34	14	0	100	13.7788	0	0
						40	14	0	100	9.945600	0	0
						48	14	0	100	12.7428	0	0
						53	14	0	100	12.53560	0	0
						72	14	0	100	13.67519	0	0
						89	14	0	100	12.95	0	0
						106	14	0	16	20000	1	3
						10	15	0	100	5.18	0	0
						28	15	0	100	6.5268	0	0
						57	15	0	100	2.1756	0	0
						106	15	0	8	20000	1	0
						50	16	0	100	3.8332	0	0
						54	16	0	100	3.5224	0	0
						63	16	0	100	3.4188	0	0
						71	16	0	100	9.6348	0	0
						106	16	0	8	20000	1	0
						10	17	0	100	2.2792	0	0
						90	17	0	100	7.252	0	0
						106	17	0	8	20000	1	0
						60	18	0	100	1.4504	0	0
						61	18	0	100	3.5224	0	0
						77	18	0	100	4.351199	0	0
						106	18	0	8	20000	1	0
						13	19	0	100	2.3828	0	0
						35	19	0	100	5.18	0	0
						51	19	0	100	11.396	0	0
						88	19	0	100	1.3468	0	0
						93	19	0	100	3.5224	0	0
						106	19	0	8	20000	1	0
						6	20	0	100	0.2072	0	0
						7	20	0	100	4.351199	0	0
						35	20	0	100	2.9008	0	0

ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO	ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
52	20	0	100	10.0492	0	0	92	32	0	100	4.972800	0	0
61	20	0	100	6.1125	0	0	97	32	0	100	6.734	0	0
85	20	0	100	6.1124	0	0	101	32	0	100	17.9228	0	0
88	20	0	100	4.8692	0	0	105	32	0	8	20000	1	0
106	20	0	8	20000	1	0	7	33	0	100	9.531199	0	0
9	21	0	100	1.4504	0	0	66	33	0	100	7.9772	0	0
90	21	0	100	4.4548	0	0	94	33	0	100	13.7788	0	0
106	21	0	8	20000	1	0	95	33	0	100	11.6032	0	0
29	22	0	100	4.2476	0	0	106	33	0	4	20000	1	2
78	22	0	100	7.148400	0	0	1	34	0	100	18.3372	0	0
82	22	0	100	8.0808	0	0	14	34	0	100	13.7788	0	0
106	22	0	8	20000	1	0	39	34	0	100	10.0492	0	0
37	23	0	100	9.0132	0	0	40	34	0	100	8.598800	0	0
89	23	0	100	11.70680	0	0	62	34	0	100	26.10720	0	0
96	23	0	100	6.3196	0	0	74	34	0	100	11.49960	0	0
106	23	0	8	20000	1	0	106	34	0	37	20000	1	5
47	24	0	100	2.2792	0	0	7	35	0	100	4.662	0	0
61	24	0	100	3.5224	0	0	19	35	0	100	5.18	0	0
64	24	0	100	5.8016	0	0	20	35	0	100	2.9008	0	0
106	24	0	8	20000	1	0	51	35	0	100	7.8736	0	0
12	25	0	100	3.4188	0	0	85	35	0	100	5.2836	0	0
26	25	0	100	2.9008	0	0	88	35	0	100	3.108	0	0
86	25	0	100	4.2476	0	0	106	35	0	8	20000	1	0
106	25	0	8	20000	1	0	49	36	0	100	3.626	0	0
12	26	0	100	2.3828	0	0	93	36	0	100	2.59	0	0
25	26	0	100	2.9008	0	0	106	36	0	8	20000	1	0
80	26	0	100	7.252	0	0	4	37	0	100	20.92720	0	0
86	26	0	100	2.072	0	0	23	37	0	100	9.0132	0	0
106	26	0	8	20000	1	0	59	37	0	100	16.6796	0	0
33	27	0	100	9.531199	0	0	67	37	0	100	7.3556	0	0
94	27	0	100	5.698	0	0	89	37	0	100	9.842	0	0
95	27	0	100	18.23360	0	0	106	37	0	8	20000	1	0
98	27	0	100	14.08960	0	0	31	38	0	100	5.2836	0	0
106	27	0	8	20000	1	0	106	38	0	8	20000	1	0
15	28	0	100	6.5268	0	0	1	39	0	100	24.55320	0	0
57	28	0	100	6.8376	0	0	31	39	0	100	19.89120	0	0
106	28	0	8	20000	1	0	34	39	0	100	10.0492	0	0
11	29	0	100	10.25639	0	0	40	39	0	100	9.945600	0	0
22	29	0	100	4.2476	0	0	74	39	0	100	12.432	0	0
67	29	0	100	20.92720	0	0	106	39	0	13	20000	1	4
82	29	0	100	7.252	0	0	14	40	0	100	9.945600	0	0
106	29	0	8	20000	1	0	34	40	0	100	8.598800	0	0
11	30	0	100	9.738399	0	0	39	40	0	100	9.945600	0	0
83	30	0	100	6.216	0	0	48	40	0	100	12.7428	0	0
104	30	0	100	5.2836	0	0	89	40	0	100	14.40039	0	0
106	30	0	8	20000	1	0	106	40	0	8	20000	1	0
38	31	0	100	5.2836	0	0	44	41	0	100	8.702399	0	0
39	31	0	100	19.89120	0	0	77	41	0	100	6.3196	0	0
74	31	0	100	19.47679	0	0	106	41	0	8	20000	1	0
106	31	0	8	20000	1	0	76	42	0	100	3.8332	0	0
4	32	0	100	16.4725	0	0	81	42	0	100	8.0808	0	0
5	32	0	100	16.47239	0	0	106	42	0	8	20000	1	0
70	32	0	100	9.2204	0	0	1	43	0	100	14.40039	0	0

ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO	ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
51	43	0	100	9.945600	0	0	10	57	0	100	5.18	0	0
56	43	0	100	5.698	0	0	15	57	0	100	2.1756	0	0
64	43	0	100	6.423199	0	0	28	57	0	100	6.8376	0	0
99	43	0	100	8.184400	0	0	81	57	0	100	2.59	0	0
106	43	0	8	20000	1	0	36	57	0	8	20000	1	0
41	44	0	100	8.702399	0	0	80	58	0	100	5.076400	0	0
52	44	0	100	8.0808	0	0	86	58	0	100	4.0404	0	0
75	44	0	100	14.50399	0	0	106	58	0	8	20000	1	0
106	44	0	8	20000	1	0	2	59	0	100	11.8105	0	0
104	45	0	100	5.5944	0	0	4	59	0	100	11.8104	0	0
106	45	0	8	20000	1	0	37	59	0	100	16.6796	0	0
1	46	0	100	3.626	0	0	67	59	0	100	16.1616	0	0
47	46	0	100	2.2792	0	0	106	59	0	8	20000	1	0
106	46	0	8	20000	1	0	18	60	0	100	1.4504	0	0
24	47	0	100	2.28	0	0	61	60	0	100	1.554	0	0
46	47	0	100	2.2792	0	0	77	60	0	100	4.351199	0	0
61	47	0	100	2.9008	0	0	106	60	0	8	20000	1	0
106	47	0	8	20000	1	0	18	61	0	100	3.5224	0	0
14	48	0	100	12.745	0	0	20	61	0	100	6.1124	0	0
40	48	0	100	12.7428	0	0	24	61	0	100	3.5224	0	0
89	48	0	100	8.4952	0	0	47	61	0	100	2.9008	0	0
96	48	0	100	10.87800	0	0	60	61	0	100	1.554	0	0
106	48	0	12	20000	1	3	106	61	0	8	20000	1	0
36	49	0	100	3.626	0	0	34	62	0	100	26.10720	0	0
104	49	0	100	5.2836	0	0	53	62	0	100	10.56719	0	0
106	49	0	8	20000	1	0	95	62	0	100	19.58040	0	0
16	50	0	100	3.8332	0	0	98	62	0	100	15.12560	0	0
106	50	0	8	20000	1	0	106	62	0	46	20000	1	5
19	51	0	100	11.396	0	0	16	63	0	100	3.4188	0	0
35	51	0	100	7.8736	0	0	54	63	0	100	2.7972	0	0
43	51	0	100	9.945600	0	0	79	63	0	100	3.626	0	0
64	51	0	100	7.252	0	0	106	63	0	8	20000	1	0
85	51	0	100	12.84639	0	0	1	64	0	100	6.9412	0	0
106	51	0	8	20000	1	0	24	64	0	100	5.8016	0	0
20	52	0	100	10.0492	0	0	43	64	0	100	6.423199	0	0
44	52	0	100	8.0808	0	0	51	64	0	100	7.252	0	0
106	52	0	8	20000	1	0	106	64	0	8	20000	1	0
14	53	0	100	12.53560	0	0	69	65	0	100	7.77	0	0
62	53	0	100	10.56719	0	0	73	65	0	100	8.909600	0	0
72	53	0	100	8.598800	0	0	84	65	0	100	17.094	0	0
106	53	0	8	20000	1	0	106	65	0	8	20000	1	0
16	54	0	100	3.5224	0	0	33	66	0	100	7.9772	0	0
63	54	0	100	2.7972	0	0	55	66	0	100	7.4592	0	0
79	54	0	100	7.9772	0	0	94	66	0	100	9.2372	0	0
106	54	0	8	20000	1	0	106	66	0	8	20000	1	0
66	55	0	100	7.4592	0	0	4	67	0	100	20.92720	0	0
100	55	0	100	3.7296	0	0	29	67	0	100	20.92720	0	0
106	55	0	3	20000	1	1	37	67	0	100	7.3556	0	0
1	56	0	100	10.25639	0	0	59	67	0	100	16.1616	0	0
43	56	0	100	5.698	0	0	106	67	0	8	20000	1	0
74	56	0	100	3.626	0	0	4	68	0	100	15.3335	0	0
99	56	0	100	5.2836	0	0	5	68	0	100	15.3328	0	0
106	56	0	8	20000	1	0	9	68	0	100	24.4496	0	0

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO	ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
84	68	0	100	12.12119	0	0	63	79	0	100	3.626	0	0
106	68	0	8	20000	1	0	106	79	0	8	20000	1	0
9	69	0	100	11.396	0	0	26	80	0	100	7.252	0	0
65	69	0	100	7.77	0	0	58	80	0	100	5.076400	0	0
106	69	0	28	20000	1	1	5	80	0	100	7.3556	0	0
4	70	0	100	18.02639	0	0	106	80	0	8	20000	1	0
5	70	0	100	18.03	0	0	42	81	0	100	8.0808	0	0
32	70	0	100	9.2204	0	0	57	81	0	100	2.59	0	0
84	70	0	100	17.81920	0	0	77	81	0	100	7.148400	0	0
101	70	0	100	19.78759	0	0	106	81	0	8	20000	1	0
102	70	0	100	24.86400	0	0	22	82	0	100	8.0808	0	0
106	70	0	8	20000	1	0	29	82	0	100	7.252	0	0
16	71	0	100	9.6348	0	0	78	82	0	100	6.6304	0	0
104	71	0	100	11.1888	0	0	96	82	0	100	21.75600	0	0
106	71	0	8	20000	1	0	106	82	0	8	20000	1	0
2	72	0	100	11.70680	0	0	11	83	0	100	4.144	0	0
4	72	0	100	25.89999	0	0	30	83	0	100	6.216	0	0
14	72	0	100	13.67519	0	0	104	83	0	100	7.044800	0	0
53	72	0	100	8.598800	0	0	106	83	0	8	20000	1	0
106	72	0	8	20000	1	0	4	84	0	100	4.87	0	0
65	73	0	100	8.909600	0	0	5	84	0	100	4.8692	0	0
84	73	0	100	15.54	0	0	65	84	0	100	17.094	0	0
94	73	0	100	20.51279	0	0	68	84	0	100	12.12119	0	0
100	73	0	100	20.20199	0	0	70	84	0	100	17.81920	0	0
102	73	0	100	12.32839	0	0	73	84	0	100	15.54	0	0
106	73	0	12	20000	1	1	102	84	0	100	17.9228	0	0
1	74	0	100	9.738399	0	0	106	84	0	8	20000	1	0
31	74	0	100	19.47679	0	0	7	85	0	100	2.072	0	0
34	74	0	100	11.49960	0	0	20	85	0	100	6.1124	0	0
39	74	0	100	12.432	0	0	35	85	0	100	5.2836	0	0
56	74	0	100	3.626	0	0	51	85	0	100	12.84639	0	0
106	74	0	21	20000	1	2	77	85	0	100	7.4592	0	0
44	75	0	100	14.50399	0	0	88	85	0	100	3.8332	0	0
77	75	0	100	8.184400	0	0	106	85	0	8	20000	1	0
103	75	0	100	8.806	0	0	25	86	0	100	4.2476	0	0
106	75	0	8	20000	1	0	26	86	0	100	2.072	0	0
9	76	0	100	3.108	0	0	58	86	0	100	4.0404	0	0
42	76	0	100	3.8332	0	0	80	86	0	100	7.3556	0	0
106	76	0	8	20000	1	0	106	86	0	8	20000	1	0
18	77	0	100	4.351199	0	0	3	87	0	100	4.972800	0	0
41	77	0	100	6.3196	0	0	12	87	0	100	1.4504	0	0
60	77	0	100	4.351199	0	0	106	87	0	8	20000	1	0
75	77	0	100	8.184400	0	0	7	88	0	100	2.7972	0	0
81	77	0	100	7.148400	0	0	11	88	0	100	1.3468	0	0
85	77	0	100	7.4592	0	0	13	88	0	100	1.2432	0	0
97	77	0	100	9.738399	0	0	19	88	0	100	1.3468	0	0
106	77	0	8	20000	1	0	20	88	0	100	4.8692	0	0
22	78	0	100	7.148400	0	0	35	88	0	100	3.108	0	0
82	78	0	100	6.6304	0	0	85	88	0	100	3.8332	0	0
104	78	0	100	6.5268	0	0	106	88	0	8	20000	1	0
106	78	0	8	20000	1	0	2	89	0	100	9.945600	0	0
3	79	0	100	3.7296	0	0	14	89	0	100	12.95	0	0
54	79	0	100	7.9772	0	0	23	89	0	100	11.70680	0	0

ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO	ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
37	89	0	100	9.862	0	0	1	102	0	100	8.598800	0	0
40	89	0	100	14.40039	0	0	70	102	0	100	24.86400	0	0
48	89	0	100	8.4952	0	0	73	102	0	100	12.32839	0	0
106	89	0	8	20000	1	0	84	102	0	100	17.9228	0	0
10	90	0	100	4.765599	0	0	96	102	0	8	20000	1	0
17	90	0	100	7.252	0	0	95	103	0	100	8.806	0	0
21	90	0	100	4.4548	0	0	106	103	0	8	20000	1	0
106	90	0	8	20000	1	0	30	104	0	100	5.2836	0	0
9	91	0	100	9.2204	0	0	45	104	0	100	5.5944	0	0
106	91	0	20	20000	1	1	49	104	0	100	5.2836	0	0
4	92	0	100	13.986	0	0	71	104	0	100	11.1888	0	0
5	92	0	100	13.985	0	0	78	104	0	100	6.5268	0	0
32	92	0	100	4.972800	0	0	83	104	0	100	7.044800	0	0
106	92	0	8	20000	1	0	106	104	0	8	20000	1	0
19	93	0	100	3.5224	0	0	2	105	0	18	0	0	0
36	93	0	100	2.59	0	0	3	105	0	4	0	0	0
106	93	0	8	20000	1	0	4	105	0	13	0	0	0
8	94	0	100	8.0808	0	0	5	105	0	8	0	0	0
27	94	0	100	5.698	0	0	6	105	0	29	0	0	0
33	94	0	100	13.7788	0	0	7	105	0	3	0	0	0
66	94	0	100	9.2204	0	0	8	105	0	8	0	0	0
73	94	0	100	20.51279	0	0	9	105	0	15	0	0	0
106	94	0	8	20000	1	0	10	105	0	5	0	0	0
8	95	0	100	38.84999	0	0	11	105	0	3	0	0	0
27	95	0	100	18.23360	0	0	12	105	0	3	0	0	0
33	95	0	100	11.6032	0	0	13	105	0	3	0	0	0
62	95	0	100	19.58040	0	0	14	105	0	13	0	0	0
98	95	0	100	11.49960	0	0	15	105	0	8	0	0	0
106	95	0	11	20000	1	2	16	105	0	5	0	0	0
23	96	0	100	6.3196	0	0	17	105	0	3	0	0	0
48	96	0	100	10.87800	0	0	18	105	0	8	0	0	0
82	96	0	100	21.75600	0	0	19	105	0	3	0	0	0
106	96	0	8	20000	1	0	20	105	0	11	0	0	0
32	97	0	100	6.734	0	0	21	105	0	4	0	0	0
77	97	0	100	9.738399	0	0	22	105	0	4	0	0	0
106	97	0	8	20000	1	0	23	105	0	8	0	0	0
6	98	0	100	19.78759	0	0	24	105	0	2	0	0	0
27	98	0	100	14.08960	0	0	25	105	0	3	0	0	0
62	98	0	100	15.12560	0	0	26	105	0	3	0	0	0
95	98	0	100	11.49960	0	0	27	105	0	10	0	0	0
106	98	0	24	20000	1	2	28	105	0	4	0	0	0
1	99	0	100	14.08960	0	0	29	105	0	3	0	0	0
43	99	0	100	8.184400	0	0	30	105	0	7	0	0	0
56	99	0	100	5.2836	0	0	31	105	0	4	0	0	0
106	99	0	8	20000	1	1	32	105	0	7	0	0	0
55	100	0	100	3.7296	0	0	33	105	0	2	0	0	0
73	100	0	100	20.20199	0	0	34	105	0	32	0	0	0
106	100	0	8	20000	1	0	35	105	0	6	0	0	0
4	101	0	100	13.9865	0	0	36	105	0	3	0	0	0
5	101	0	100	13.986	0	0	37	105	0	15	0	0	0
32	101	0	100	17.9228	0	0	38	105	0	4	0	0	0
70	101	0	100	19.78759	0	0	39	105	0	9	0	0	0
106	101	0	8	20000	1	0	40	105	0	11	0	0	0

ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
41	105	0	5	0	0	0
42	105	0	6	0	0	0
43	105	0	15	0	0	0
44	105	0	9	0	0	0
45	105	0	3	0	0	0
46	105	0	9	0	0	0
47	105	0	3	0	0	0
48	105	0	9	0	0	0
49	105	0	3	0	0	0
50	105	0	3	0	0	0
51	105	0	8	0	0	0
52	105	0	10	0	0	0
53	105	0	11	0	0	0
54	105	0	6	0	0	0
55	105	0	2	0	0	0
56	105	0	14	0	0	0
57	105	0	4	0	0	0
58	105	0	1	0	0	0
59	105	0	3	0	0	0
60	105	0	3	0	0	0
61	105	0	5	0	0	0
62	105	0	41	0	0	0
63	105	0	4	0	0	0
64	105	0	5	0	0	0
65	105	0	3	0	0	0
66	105	0	4	0	0	0
67	105	0	3	0	0	0
68	105	0	15	0	0	0
69	105	0	27	0	0	0
70	105	0	2	0	0	0
71	105	0	5	0	0	0
72	105	0	21	0	0	0
73	105	0	11	0	0	0
74	105	0	19	0	0	0
75	105	0	13	0	0	0
76	105	0	5	0	0	0
77	105	0	12	0	0	0
78	105	0	6	0	0	0
79	105	0	6	0	0	0
80	105	0	4	0	0	0
81	105	0	6	0	0	0
82	105	0	4	0	0	0
83	105	0	4	0	0	0
84	105	0	7	0	0	0
85	105	0	2	0	0	0
86	105	0	13	0	0	0
87	105	0	2	0	0	0
88	105	0	13	0	0	0
89	105	0	6	0	0	0
90	105	0	7	0	0	0
91	105	0	19	0	0	0
92	105	0	5	0	0	0
93	105	0	2	0	0	0

ORIG	DEST	MIN	MAX	COSTO	TIPO	FLUJO
94	105	0	8	0	0	0
95	105	0	9	0	0	0
96	105	0	10	0	0	0
97	105	0	15	0	0	0
98	105	0	22	0	0	0
99	105	0	7	0	0	0
100	105	0	3	0	0	0
101	105	0	9	0	0	0
102	105	0	17	0	0	0
103	105	0	9	0	0	0
104	105	0	5	0	0	0
106	105	0	100	20000	1	63
1	106	0	100	20000	1	100

ANEXO 3  
R E S U L T A D O S

ARCO	FLUJO	ORIGEN	DESTINO	TIPO
1	2		2	BASICO
18	3	84	4	BASICO
25	0	84	5	BASICO
29	5	1	6	BASICO
34	0	13	7	BASICO
40	2	1	8	BASICO
44	1	21	9	BASICO
50	1	1	10	BASICO
60	0	88	11	BASICO
64	0	87	12	BASICO
71	3	34	14	BASICO
78	0	10	15	BASICO
84	0	63	16	BASICO
87	0	10	17	BASICO
94	0	13	19	BASICO
100	0	6	20	BASICO
109	1	90	21	BASICO
111	0	29	22	BASICO
116	0	89	23	BASICO
119	2	47	24	BASICO
123	0	12	25	BASICO
127	0	12	26	BASICO
133	0	94	27	BASICO
138	0	57	28	BASICO
140	0	11	29	BASICO
145	0	11	30	BASICO
151	0	74	31	BASICO
157	0	97	32	BASICO
162	2	94	33	BASICO
165	16	1	34	BASICO
180	0	93	36	BASICO
186	0	89	37	BASICO
188	0	31	38	BASICO
194	4	74	39	BASICO
197	3	34	40	BASICO
203	0	77	41	BASICO
206	0	81	42	BASICO
211	0	64	43	BASICO
215	0	52	44	BASICO
218	0	104	45	BASICO
220	19	1	46	BASICO
224	10	46	47	BASICO
228	3	40	48	BASICO
232	0	36	49	BASICO
235	0	16	50	BASICO
240	0	64	51	BASICO
243	0	20	52	BASICO
246	0	14	53	BASICO
251	0	63	54	BASICO

ARCO	FLUJO	ORIGEN	DESTINO	TIPO
255	1	100	55	BASICO
257	3	1	56	BASICO
265	0	81	57	BASICO
268	0	86	58	BASICO
271	0		59	BASICO
276	0	61	60	BASICO
282	5	47	61	BASICO
285	5	34	62	BASICO
292	0	79	63	BASICO
294	5	1	64	BASICO
300	1	73	65	BASICO
305	0	94	66	BASICO
308	0	29	67	BASICO
315	0	84	68	BASICO
318	1	65	69	BASICO
325	0	102	70	BASICO
327	0	16	71	BASICO
332	0	14	72	BASICO
339	3	102	73	BASICO
341	25	1	74	BASICO
348	0	77	75	BASICO
352	0	42	76	BASICO
354	0	18	77	BASICO
364	0	104	78	BASICO
366	0	3	79	BASICO
370	0	26	80	BASICO
376	0	77	81	BASICO
379	0	29	82	BASICO
383	0	11	83	BASICO
393	3	102	84	BASICO
395	0	7	85	BASICO
403	0	26	86	BASICO
407	0	3	87	BASICO
412	0	13	88	BASICO
422	0	40	89	BASICO
425	1	10	90	BASICO
429	1	9	91	BASICO
433	0	32	92	BASICO
435	0	19	93	BASICO
438	2	8	94	BASICO
448	2	98	95	BASICO
451	0	48	96	BASICO
455	0	77	97	BASICO
457	4	6	98	BASICO
462	1	1	99	BASICO
467	1	73	100	BASICO
470	0	5	101	BASICO
474	23	1	102	BASICO
479	0	75	103	BASICO
486	0	83	104	BASICO
489	0	3	105	BASICO
499	0	13	105	BASICO
504	0	18	105	BASICO

ARCO	FLUJO	ORIGEN	DESTINO	TIPO
510	2	24	105	NO BASICO
521	0	35	105	BASICO
532	9	46	105	NO BASICO
533	3	47	105	NO BASICO
542	3	5	105	BASICO
547	5	61	105	NO BASICO
550	5	64	105	NO BASICO
560	19	74	105	NO BASICO
588	17	102	105	NO BASICO
592	0	1	106	BASICO

costo total= 1660.501

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BAZARAA MOKHTAR S. & JARVIS, PROGRAMACION LINEAL Y FLUJO EN REDES, LIMUSA, 1989
- [2] BELLMAN R., ADAPTIVE CONTROL PROCESSES, A GUIDED TOUR, PRINCETON N.J. PRINCETON UNIVERSITY PRESS, 1961
- [3] BELLMAN R., APPLIED DYNAMIC PROGRAMMING, PRINCETON N.J. PRINCETON UNIVERSITY PRESS, 1961
- [4] BELLMAN R., DYNAMIC PROGRAMMING, PRINCETON N.J. PRINCETON UNIVERSITY PRESS, 1961
- [5] FORD L. & FULKERSON D., FLOWS IN NETWORKS, PRINCETON UNIVERSITY PRESS, PRINCETON, N.J., 1962
- [6] GONDRAN M. & MINOUX M., GRAPHS AND ALGORITHMS, JOHN WILEY AND SONS, 1984
- [7] HADLEY G., NONLINNEAR AND DYNAMIC PROGRAMMING, ADDISON WESLEY, MASS., 1962
- [8] HATFIELD FRANK J., USER OPTIMIZED TRAFFIC ASSIGNMENT, TRANSPORTATION ENGINEERING JOURNAL, ASCE, VOL. 100, No. TE2, MAYO 1974

- [9] INEGI, X CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA 1980,  
INEGI, SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, MEXICO
- [10] JAVELLY MARCELO, FINANCIAMIENTO PARA LA VIVIENDA,  
REUNION DE CONSULTA POPULAR PARA LA VIVIENDA, NOVIEMBRE  
1981
- [11] JENSEN & BARNES, NETWORK FLOW PROGRAMMING, JOHN WILEY  
AND SONS, 1980
- [12] KLEIN M., A PRIMAL METHOD FOR MINIMAL COST FLOWS WITH  
APPLICATIONS TO THE ASSIGNMENT AND TRANSPORTATION  
PROBLEMS, MANAGMENT SCI. 14,205, 1962
- [13] MINIEKA E., OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR NETWORKS AND  
GRAPHS, MERCER DEKKER, 1978
- [14] MÜLLER- MERBACH, SOME CONNECTIONS BETWEEN GRAPH TEORY  
AND NETWORK ANALYSIS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO.,  
AMSTERDAM, 1969
- [15] PALL GABRIEL A, INTRODUCTION TO SCIENTIFIC COMPUTING,  
APPLETON-CENTURY CROFTS, N.Y.



- [16] GUTIERREZ A. MIGUEL ANGEL, EL PROBLEMA DEL CARTERO  
CHINO Y SUS EXTENSIONES, TESIS DE MAESTRIA EN  
INGENIERIA, D.E.P.F.I., ABRIL 1988