

USO DE LA PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA ASIGNACIÓN DE ENCUESTADORES

Minolli, Santiago

Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional de Córdoba

minollisantiago@gmail.com

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presenta un modelo de optimización en redes, propuesto para asignar encuestadores a diferentes direcciones en las que debían realizarse un número determinado de encuestas, pretendiendo minimizar las distancias recorridas.

Mediante la utilización de un modelo de flujo de costo mínimo fue posible determinar los recorridos para cada uno de los encuestadores y las cantidades de encuestas que los mismos debían realizar en cada destino. Posteriormente, se compararon los resultados del modelo con los obtenidos en Minolli y Margara (2012).

PALABRAS CLAVE: Flujo de costo mínimo - Redes – Recorrido.

Programación Matemática.

ABSTRACT

The following paper presents a network optimization problem, proposed to assign pollsters to different locations where a certain number of surveys had to be performed, trying to minimize the distances traveled by the pollsters.

Using a minimum cost flow model, the routes for each one of the pollsters and the amount of surveys that they had to do in each destination were defined. Subsequently, we compared the model results with those obtained in Minolli and Margara (2012).

KEY WORDS: Minimum cost flow – Networks – Route.

Mathematical Programming.

1. Introducción

En el presente trabajo se propone un modelo de programación matemática sobre la base del problema de flujo de costo mínimo, desarrollado para resolver un caso presentado en el Instituto de Estadística y Demografía de nuestra facultad, que consistía en asignar encuestadores a diferentes direcciones, en las que debían realizarse un número determinado de encuestas, y determinar sus recorridos pretendiendo minimizar las distancias de caminata.

Para ello debían tenerse en cuenta el número de encuestas a realizar en cada ubicación y el número máximo y mínimo de encuestas que podían ser asignadas a cada encuestador.

El número total de encuestas a realizar ascendía a 1076, distribuidas en 50 destinos de la ciudad (Ver Anexo, Cuadro VII), Para la realización de las mismas se contaba con 12 encuestadores que debían partir del mismo punto (Facultad de Ciencias Económicas). Cada uno de ellos debía realizar no menos de 70 y no más de 110 encuestas en total.

Sobre la base de los requerimientos planteados por el Instituto, se desarrolló un modelo que permitió determinar, por un lado, los recorridos que minimizaran las distancias de caminata y, por otro lado, la cantidad de encuestas a realizar en los distintos destinos que formaran parte del recorrido de cada encuestador.

En la solución alternativa planteada en Minolli y Margara (2012) se aplicaron métodos de clasificación no supervisada para establecer siete grupos de destinos a los que fueron asignados los encuestadores mediante un modelo de asignación y, posteriormente, se definieron los recorridos de cada uno de ellos mediante un modelo de flujo de costo mínimo para cada grupo de destinos.

Los resultados obtenidos por ambas soluciones reflejaron una pequeña diferencia respecto de la distancia total recorrida por los encuestadores, pero diferencias significativas en los tiempos de solución.

2. Determinación de los recorridos para los encuestadores

2.1. Metodología para la determinación de los recorridos¹

Para la resolución del problema se trabajó sobre la base del modelo de flujo de costo mínimo aplicado a problemas de redes. El problema del flujo de costo mínimo se caracteriza por tener una solución muy eficiente y por abarcar una clase amplia de aplicaciones.

En estos problemas, el objetivo es minimizar el costo total de enviar los recursos disponibles a través de la red para satisfacer la demanda dada.

Para la formulación del modelo debe considerarse una red dirigida y conexa en la que por lo menos uno de sus nodos sea un nodo fuente y otro sea un nodo demanda.

Las variables del modelo quedan definidas de la siguiente manera:

x_{ij} = flujo a través del arco $i \rightarrow j$.

La información con la que se trabaja incluye los siguientes parámetros:

c_{ij} = costo por unidad de flujo a través del arco $i \rightarrow j$.

u_{ij} = capacidad de flujo del arco $i \rightarrow j$.

¹ Ver Hillier y Lieberman (2002).

b_j = flujo neto generado en el nodo j .

n = número de nodos del problema.

El valor de b_j depende de la naturaleza del nodo j , donde:

$b_j > 0$, si j es un nodo fuente.

$b_j < 0$, si j es un nodo demanda.

$b_j = 0$, si j es un nodo de transbordo (en este caso solo se dispone de nodos fuente y demanda).

La función objetivo de estos modelos está dada por:

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

La misma se encuentra sujeta a dos grupos de restricciones. El primer grupo de restricciones es de la forma:

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} - \sum_{i=1}^n x_{ij} \geq b_j \quad \text{para cada nodo } j$$

En estas restricciones, la primera suma representa el flujo total que sale del nodo j , mientras que la segunda representa el flujo total que entra al nodo j . De esta forma, la diferencia es el flujo neto generado en el nodo.

El segundo grupo de restricciones es el siguiente:

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad \text{para cada arco } i \rightarrow j$$

En estas restricciones se refleja la capacidad de flujo de cada uno de los arcos del problema.

2.2. Variantes formuladas al modelo general

El modelo fue adaptado a las siguientes particularidades del problema:

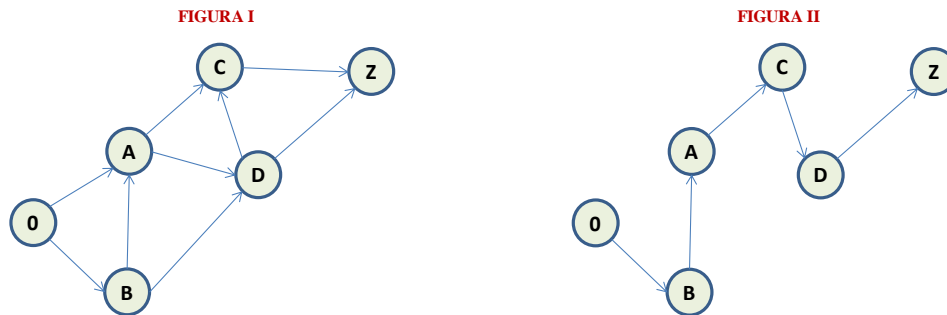
- (1) Del modelo debe resultar un recorrido (una red) para cada encuestador.
- (2) El modelo tendrá un número de nodos fuente (origen) igual al número de encuestadores. Los demás nodos serán nodos demanda (destino).
- (3) El recorrido de cada encuestador será una trayectoria dirigida, entre su punto de partida (nodo fuente) y el último nodo de su recorrido.
- (4) Si un nodo se encuentra en el recorrido de un encuestador, el flujo total que entre a ese nodo solo podrá provenir de un solo nodo que se encuentre en el mismo recorrido.

Por ejemplo, si el nodo fuente 0 y los nodos A , y B se encuentran en el recorrido, el flujo total que entre al nodo B solo podrá provenir del nodo 0 o del nodo A , pero no de ambos simultáneamente.

(5) Si un nodo se encuentra en el recorrido de un encuestador (siempre que no sea el último nodo del recorrido), el flujo total que salga de ese nodo podrá destinarse solo a un nodo que todavía no se encuentre en el recorrido.

Por ejemplo, si el nodo fuente 0 y los nodos A , y B se encuentran en el recorrido (trayectoria $0 \rightarrow A \rightarrow B$), y los nodos C y D se encuentran fuera del recorrido, el flujo total que salga del nodo B solo podrá destinarse al nodo C o al nodo D , pero no a ambos simultáneamente, tampoco podrá estar dirigido a los nodos 0 y A , puesto que ya forman parte del recorrido.

El modelo de flujo de costo mínimo en su forma general no excluye la posibilidad de que se formen recorridos como el ilustrado en la figura I. Las adaptaciones al modelo presentadas en los puntos 4 y 5 permiten que el modelo solo determine recorridos como el que se presenta en la figura II:



(6) Si un nodo se encuentra en el recorrido de más de un encuestador, lo establecido en los puntos 4 y 5 se verificará para el recorrido de cada encuestador por separado. No existe límite respecto de la cantidad de encuestadores en cuyo recorrido pueda encontrarse el mismo nodo (un nodo podrá ser visitado por más de un encuestador).

Esto quiere decir que cuando el nodo forme parte de más de un recorrido, el flujo total que entre al nodo deberá provenir de un solo nodo por recorrido. De la misma manera, el flujo total que salga del nodo podrá estar destinado a un solo nodo por recorrido.

(7) Los recorridos de todos los encuestadores deberán, en conjunto, incluir a todos los nodos del problema.

Por ejemplo, si el problema tuviera solo dos encuestadores y los nodos A , B , C , D y E , esta condición se cumplirá cuando uno de los encuestadores tenga el recorrido $0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ mientras que el otro encuestador tenga el recorrido $0 \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow E$.

2.3. Descripción del modelo para el problema

En el cuadro I se indica el significado que se asigna a los distintos elementos del problema en este caso particular:

CUADRO I - Nodos, arcos y flujos del modelo

NODOS	ARCOS	FLUJOS
Destinos de los encuestadores	Caminos entre los destinos de los encuestadores	Nº de encuestas

Se definieron las siguientes variables:

x_{kij} = flujo, en nº de encuestas, a través del arco $i \rightarrow j$ para el encuestador k .

$$(1) \quad \delta_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{El encuestador } k \text{ viaja a través del arco } i \rightarrow j. \\ 0 & \text{De otra manera.} \end{cases}$$

$$(2) \quad \delta_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{El encuestador } k \text{ pasa por el nodo } j. \\ 0 & \text{De otra manera.} \end{cases}$$

Se definieron los siguientes parámetros:

$$(3) \quad b_j = \text{Flujo neto generado en el nodo demanda } j$$

$$(4) \quad u_{kij} = \text{Capacidad de flujo del arco } i \rightarrow j, \text{ para el encuestador } k.$$

Donde:

$$i \in I ; j \in J ; k \in K$$

Para:

$$(5) \quad I = \{ 0, 1, 2, \dots, 50 \}$$

$$(6) \quad J = \{ 1, 2, 3, \dots, 50 \}$$

$$(7) \quad K = \{ 1, 2, 3, \dots, 12 \}$$

(1) Las variables binarias δ_{kij} "habilitan" el flujo a través del arco $i \rightarrow j$ para el encuestador k . Si para dos nodos, i y j la variable δ_{kij} asume un valor 1, esto quiere decir que es posible el flujo a través del arco dirigido desde el nodo i al nodo j , lo que para este modelo significa que el encuestador k viajará desde el nodo i al nodo j . Las razones para la introducción de estas variables se encuentran explicadas en los puntos 4, 5 y 6 de la sección 2.2.

(2) Las variables binarias δ_{kj} no son necesarias para la resolución del modelo planteado. Las mismas pueden ser eliminadas sin que se vean afectados los resultados obtenidos. Sin embargo, se optó por mantenerlas puesto que pudo comprobarse una reducción significativa en el tiempo de solución al incluirlas como variables del modelo.

(3) Los parámetros b_j representan la cantidad de encuestas que deben ser realizadas en el nodo j . (Confrontar con columna "Encuestas a Realizar", Cuadro VII, Anexo).

Cabe aclarar que el flujo neto generado por los nodos demanda siempre es un número negativo:

$$b_j < 0 \quad \forall j$$

Esto se debe a que cada nodo demanda j requieren de una cantidad b_j de flujo, la cual debe ser satisfecha.

El flujo neto generado en cada uno de los k nodos fuente, que representa la cantidad total de encuestas que debe realizar el encuestador k en los distintos nodos que formen parte de su recorrido, es determinado por el modelo.

El flujo neto generado por los nodos fuente siempre es un número positivo:

$$\sum_{j \in J} x_{kij} > 0 \quad \forall k; i = 0$$

Esto se debe a que cada nodo fuente, asociado a un encuestador k , tiene una cantidad de flujo disponible determinada por el modelo, el cual debe ser distribuido a través de la red hacia los nodos demanda.

(4) En este modelo, la capacidad de flujo para todos y cada uno de los arcos $i \rightarrow j$ que se encuentren “habilitados” será, como máximo, igual a la máxima cantidad posible de encuestas que un encuestador debe realizar, conforme a los requerimientos del problema:

$$u_{kij} = 110 \quad \forall k; \forall j; \forall i$$

(5) El conjunto I está compuesto por los subíndices que representan los nodos desde los que parten los arcos dirigidos $i \rightarrow j$ del modelo. Incluye al nodo 0, que es el punto de partida (nodo fuente) común para todos los encuestadores.

(6) El conjunto J está compuesto por los subíndices que representan a los nodos a los que llegan los arcos dirigidos $i \rightarrow j$ del modelo.

(7) El conjunto K está compuesto por los subíndices que representan a los encuestadores.

La función objetivo del modelo está dada por:

$$\text{minimizar } z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{kij} \delta_{kij}$$

Donde los coeficientes c_{kij} representan las distancias en kilómetros a recorrer por el encuestador k desde el nodo i al nodo j .

Estas distancias se obtuvieron utilizando la aplicación de Google: Google Maps.

El objetivo consiste en determinar los recorridos para todos los encuestadores, de forma tal que se minimicen las distancias recorridas y se realicen todas las encuestas demandadas en cada uno de los nodos del problema.

Las restricciones del modelo se encuentran resumidas en el Cuadro II, presentado a continuación:

Cuadro II - Restricciones del Modelo de Flujo de Costo Mínimo

	FUNCIÓN	BREVE DESCRIPCIÓN
(1)	$\sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{i \in I} x_{kij} \geq b_j \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j$	Grupo de restricciones que establecen a cuanto debe ascender, como máximo, el flujo neto generado en los nodos de demanda j por los que pase el encuestador k .
(2)	$\sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{i \in I} x_{kij} \leq 0 \quad \forall k; \forall j$	Grupo de restricciones que establecen que el flujo total que sale del nodo j debe ser menor o igual al flujo total que entra al mismo para el encuestador k .
(3)	$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} x_{kij} = b_j \quad \forall j$	Grupo de restricciones que establecen a cuanto debe ascender el flujo neto generado en los nodos de demanda j .
(4)	$\sum_{j \in J} x_{kij} \geq 70 \quad \forall k; i = 0$	Grupo de restricciones que establecen que el flujo neto generado en el nodo fuente para el encuestador k debe ser mayor o igual que 70 (encuestas).
(5)	$\sum_{j \in J} x_{kij} \leq 110 \quad \forall k; i = 0$	Grupo de restricciones que establecen que el flujo neto generado en el nodo fuente para el encuestador k debe ser menor o igual que 110 (encuestas).
(6)	$\sum_{j \in J} \delta_{kij} = 1 \quad \forall k; i = 0$	Grupo de restricciones que establecen la necesidad de que el nodo de partida (nodo fuente) de cada uno de los k encuestadores se encuentre conectado a un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que parta desde el nodo fuente.
(7)	$\sum_{i \in I} \delta_{kji} \leq \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j; i \neq 0$	Grupo de restricciones que establecen que si el encuestador k pasa por el nodo demanda j , ese nodo debe conectarse, como máximo, con un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que parta desde el nodo j .
(8)	$\sum_{i \in I} \delta_{kij} = \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j$	Grupo de restricciones que establecen que si el encuestador k pasa por el nodo demanda j , ese nodo debe conectarse necesariamente con un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que llegue al nodo j desde el otro nodo.
(9)	$\sum_{k \in K} \delta_{kj} \geq 1 \quad \forall j$	Grupo de restricciones que establecen la necesidad de que cada nodo sea visitado al menos por un encuestador.
(10)	$x_{kij} \leq u_{kij} \delta_{kij} \quad \forall k; \forall j; \forall i$	Grupo de restricciones que establecen la capacidad de flujo máxima de cada arco $i \rightarrow j$ y si se permite o no el flujo a través del mismo.

Se impuso, finalmente, a las variables δ_{kij} y δ_{kj} la condición de ser binarias y a las variables x_{kij} , la condición de ser enteras y no negativas:

$$\delta_{kij} \text{ binarias } \forall kij ; \delta_{kj} \text{ binarias } \forall kj ; x_{kij} \text{ enteras } \forall kij \wedge x_{kij} \geq 0$$

(1) Este grupo de restricciones no difiere de las restricciones de flujo neto del problema de flujo de costo mínimo en su forma general (Ver sección 2.1), salvo en dos aspectos fundamentales:

Por un lado el flujo neto generado en el nodo j será igual a cero si el encuestador k no pasa por el mismo ($\delta_{kj} = 0$), por lo que el encuestador k no deberá realizar encuestas en este nodo.

Por otro lado, la restricción se encuentra expresada mediante una desigualdad, puesto que considera la posibilidad de que más de un encuestador pase por el nodo j , por lo que no será

necesario que el encuestador k realice todas las encuestas que deben ser realizadas en el nodo (b_j). Esto quiere decir que la suma total de los flujos que entran y salen del nodo j , para el encuestador k , puede ser menor que el flujo neto b_j . La restricción es de mayor o igual (\geq) porque los flujos netos b_j son siempre negativos.

(2) Este grupo de restricciones fue incluido para garantizar que el flujo total que sale de un nodo que forma parte del recorrido de un encuestador, no sea mayor al flujo total que entra al mismo proveniente de otro nodo de dicho recorrido.

Además, este grupo de restricciones y el anterior, permiten que los nodos demanda del modelo actúen como nodos de transbordo cuando el flujo total que entra al nodo y el flujo total que sale del mismo sean iguales, y siempre que sea conveniente para minimizar las distancias recorridas.

(3) Este grupo de restricciones fue incluido para garantizar que las encuestas que deben realizarse en el nodo j (b_j) sean efectuadas por al menos uno de los encuestadores, pudiendo ser realizadas por más de uno de ellos.

Estas restricciones tienen en cuenta, para cada nodo j , los flujos que entran y salen del mismo para todos los encuestadores del problema.

(6) (7) (8) Estos tres grupos de restricciones son los que permiten adaptar el modelo de flujo de costo mínimo general a las particularidades de nuestro problema, descritas en los puntos 3 a 6 de la sección 2.2.

(9) Si bien este grupo de restricciones es redundante (su presencia en el modelo no es necesaria para la resolución del mismo), se optó por mantenerlas puesto que pudo comprobarse una reducción significativa en el tiempo de solución al incluirlas.

(10) Este grupo de restricciones determina la capacidad máxima de flujo del arco dirigido $i \rightarrow j$ para el encuestador k , siempre y cuando el flujo a través de dicho arco se encuentre “habilitado” por el encuestador. Esta situación se dará solo cuando el encuestador viaje a través del arco.

Cuando el encuestador “habilite” el flujo a través del arco, la capacidad máxima de flujo del mismo será igual a la máxima cantidad posible de encuestas que un encuestador puede realizar conforme a los requerimientos del problema.

Cuando el encuestador no “habilite” el flujo a través del arco, la capacidad máxima de flujo del mismo será igual a cero.

La cantidad de variables y restricciones para el modelo se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO III - Cantidad de restricciones y variables del Modelo de Flujo de Costo Mínimo

N° DE VARIABLES			N° DE RESTRICCIONES (*)									
δ_{ki}	δ_{kj}	x_{kij}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
30000	600	30000	600	600	50	12	12	12	600	600	50	30000

(*) Ver cuadro II para identificar los grupos de restricciones.

2.4. Resultados

En el Cuadro IV se presentan los recorridos determinados para cada encuestador, detallando los números de los nodos que deben ser visitados por los mismos:

CUADRO IV - Recorridos

ENC	RECORRIDO	ENC	RECORRIDO
1	0→29→30→44→14→35→36→34→33	7	0→29→30→43→15→18→16→17
2	0→37→1→2	8	0→42→45→15→4→6→7→8→5
3	0→29→30→12→23→20→22→9→10→31	9	0→29→47→12→21→23→19
4	0→48→39→3→11	10	0→49→50→42→41→45
5	0→40→28→38→37	11	0→46→25→27→26→32
6	0→13	12	0→24→13

La totalidad de los resultados obtenidos para el modelo se encuentran expuestos en el cuadro VI del Anexo.

En el mismo pueden observarse los nodos que forman parte del recorrido de cada encuestador, la cantidad de encuestas que los mismos deben realizar en cada uno de dichos nodos y la cantidad total de encuestas que deben ser realizadas en cada nodo por parte de todos los encuestadores que pasen por el mismo.

Para la resolución del modelo se utilizó el software Premium Solver Platform y el motor solver Gurobi.

El modelo fue resuelto con una tolerancia al valor entero del 9%, esto es, con una brecha relativa entre la mejor solución entera posible y la solución obtenida, del 9%. Todas las restricciones del modelo fueron satisfechas. La distancia total a recorrer para todos los encuestadores fue de 51,74 km y la solución se obtuvo en 10 horas y 36 minutos.

En la solución propuesta por Minolli y Margara (2012) los recorridos para los encuestadores fueron determinados utilizando 7 modelos de flujo de costo mínimo, uno por cada grupo de destinos. La distancia total a recorrer para todos los encuestadores fue de 53,22 km.

Los tiempos de solución para los 7 modelos de Minolli y Margara (2012) se presentan a continuación:

CUADRO V - Tiempos de solución Minolli y Margara, 2012

MODELO	1	2	3	4	5	6	7
TIEMPO	27 seg.	0 seg.	6 seg.	7 seg.	0 seg.	15 seg.	0seg.

Comparando los resultados de ambas soluciones podemos observar una diferencia en la distancia total a recorrer por los encuestadores de menos de un 3%, mientras que respecto de los tiempos de solución corresponde señalar que ambas alternativas presentan diferencias bastante significativas, siendo mucho más rápida la solución en tres etapas presentada en Minolli y Margara (2012).

3. Conclusiones

La utilización del modelo de flujo de costo mínimo permitió resolver un problema de un tamaño considerable de forma ampliamente satisfactoria y con un grado razonable de eficiencia, logrando determinar recorridos para todos los encuestadores que se ajustaran a los requerimientos y objetivos preestablecidos para la resolución del caso y con un tiempo de solución satisfactorio considerando la magnitud del modelo.

Sin embargo, La aplicación de la clasificación no supervisada junto con las variantes de los modelos del problema de asignación, por un lado, y del problema de flujo de costo mínimo por el otro (Minolli y Margara, 2012), permitieron alcanzar resultados similares, en término de distancias a recorrer, pero con tiempos de solución significativamente más bajos que en el presente trabajo.

Es por esta razón que consideramos que, más allá de haber obtenido resultados satisfactorios en este caso en particular, dada la flexibilidad y eficiencia de los modelos de flujo de costo mínimo, la metodología empleada en Minolli y Margara (2012) puede resultar de utilidad para la resolución de otros problemas de mayor tamaño mediante su descomposición en problemas más pequeños de la misma naturaleza.

4. Bibliografía

Bazaraa, M. y Jarvis, J. (1981), Programación Lineal y Flujo en Redes. Editorial Limusa. México.

Hillier, F. y Lieberman, G. (2002), Introducción a la Investigación de Operaciones. McGraw-Hill. México.

Minolli, S. y Margara, F. (2012), La Programación Matemática y la Asignación de Encuestadores. Anales del XXV Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO), XXIII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), Buenos Aires, Argentina.

5. Anexo

CUADRO VI - Resumen del reporte de resultados - Modelo de Flujo de Costo Mínimo

ENCUESTADORES (NODOS) DESTINOS	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		N° DE ENCUESTAS A REALIZAR EN EL NODO
	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	δkj	N° ENC	
1			1	55																					55
2			1	27																					27
3							1	17																	17
4															1	36									36
5															1	19									19
6															1	18									18
7															1	16									16
8															1	15									15
9				1	41																				41
10				1	18																				18
11						1	27																		27
12				1	0													1	16						16
13										1	70												1	21	91
14	1	15																							15
15														1	28	1	0								28
16														1	25										25
17														1	18										18
18														1	14										14
19																	1	19							19
20				1	17																				17
21																	1	29							29
22				1	12																				12
23				1	3												1	8							11
24																							1	49	49
25																					1	16			16
26																				1	15				15
27																				1	15				15
28							1	15																	15
29	1	0		1	0								1	0			1	15							15
30	1	4		1	3								1	6											13
31				1	16																				16
32																					1	13			13
33	1	15																							15
34	1	13																							13
35	1	32																							32
36	1	18																							18
37			1	11				1	17																28
38								1	27																27
39						1	19																		19
40								1	11																11
41																			1	22					22
42															1	0			1	19					19
43													1	19											19
44	1	13																							13
45															1	6			1	7					13
46																				1	17				17
47																	1	13							13
48						1	16																		16
49																				1	16				16
50																				1	14				14
NODOS A CUBRIR	8		3		9		4		4		1		7		8		6		5		5		2		TOTAL
ENCUESTAS A REALIZAR	110		93		110		79		70		70		110		110		100		78		76		70		1076

CUADRO VII - Datos principales del problema

REF	NODOS (DESTINOS)	ENCUESTAS	COORDENADAS	
		A REALIZAR	LATITUD	LONGITUD
0	Facultad de Cs. Economicas		-31,43452	-64,18570
1	Alvear Esq. Rosario de Sta Fe	55	-31,4163	-64,18175
2	Rosario de Santa Fe 238	27	-31,41678	-64,18099
3	Rosario de Sta Fe 378	17	-31,41715	-64,17902
4	Santa Rosa 751	36	-31,40887	-64,19323
5	Humberto Primo 725	19	-31,40671	-64,19209
6	Santa Rosa 740	18	-31,40938	-64,19298
7	La Rioja 720	16	-31,40833	-64,1924
8	Humberto Primo esq. Mariano Fragueiro	15	-31,40719	-64,19172
9	Rivera Indarte 650	41	-31,40796	-64,18249
10	Rivadavia 646	18	-31,40885	-64,17954
11	Salta 74 - 1° Piso	27	-31,41614	-64,17824
12	27 de Abril 172 - 4° Piso	16	-31,41623	-64,18706
13	Avda. Velez Sarsfield 2311	91	-31,44507	-64,19823
14	Santa Cruz esq. Luis de Azpeitia	15	-31,41396	-64,20574
15	Figueroa Alcorta 234	28	-31,41067	-64,19131
16	Humberto Primo y La Cañada	25	-31,40746	-64,19043
17	Humerto Primo 467 -2° Piso	18	-31,40809	-64,1883
18	Figueroa Alcorta 445	14	-31,40821	-64,1905
19	Tucuman 176	19	-31,41254	-64,18745
20	Gral Paz 120 - 9° Piso	17	-31,41366	-64,18632
21	Rivera Indarte 33	29	-31,41428	-64,18512
22	La Rioja 185	12	-31,41053	-64,18489
23	Gral. Paz 70 - 4° Piso	11	-31,41392	-64,18641
24	Nores Martinez esq. Malagueño 2° Piso of. B	49	-31,44198	-64,18257
25	Av. Richieri 2187 Ex Batallon 141	16	-31,43701	-64,17616
26	Pte. Julio A. Roca esq. La Coruña - Pque. Sarmiento	15	-31,43303	-64,17156
27	Av. Richieri esq. Pte. Julio A. Roca - Pque. Sarmiento	15	-31,43329	-64,17569
28	Hipolito Irigoyen 622	15	-31,42797	-64,18519
29	Hipolito Irigoyen 494	15	-31,42667	-64,18583
30	Hipolito Irigoyen 401	13	-31,42516	-64,18665
31	Av. J. B. Justo 3600 - P.B	16	-31,38279	-64,17613
32	Alvarez de Arenal 230	13	-31,42171	-64,16558
33	Avda. Carcano S/N - Predio Ferial Cordoba	15	-31,37165	-64,26009
34	Avda. Carcano S/N - Estadio Mario A. Kempes.	13	-31,36892	-64,2463
35	Av. Colon 1250	32	-31,40856	-64,20034
36	Avda. Colon 1357	18	-31,40811	-64,20183
37	Bv. Illia 238	28	-31,42165	-64,18313
38	Bv. Chacabuco 737	27	-31,42615	-64,18417
39	Entre Rios 457	19	-31,41996	-64,17898
40	Bv. Chacabuco 1127	11	-31,43009	-64,18548
41	Caseros 356	22	-31,41668	-64,19004
42	Belgrano 347	19	-31,41836	-64,18992
43	27 de abril 552	19	-31,41482	-64,19203
44	Duarte Quiros 650 - 5° Piso	13	-31,41684	-64,19436
45	Marcelo T. de Alvear 68	13	-31,41473	-64,19103
46	Concepcion de Arenales 54	17	-31,43374	-64,18038
47	Avda. Velez Sarsfield 340	13	-31,41916	-64,18867
48	Avda. Poeta Lugones 12	16	-31,42512	-64,17764
49	Marcelo T. de Alvear 876	16	-31,42468	-64,19383
50	Marcelo T. de Alvear 758	14	-31,42331	-64,19337