

MODELO MATEMATICO PARA LA DETERMINACION DE LAS TARIFAS  
SOCIALES DESTINADAS A LOS CLIENTES RESIDENCIALES DEL  
SERVICIO ELECTRICO

Marta Correa y Ricardo Gallo

U. Nacional de Tucumán y U. Tecnológica Nacional, Argentina

[mcorrea@arnet.com.ar](mailto:mcorrea@arnet.com.ar) - [rgallo@arnet.com.ar](mailto:rgallo@arnet.com.ar)

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo principal mostrar, a los estudiantes de los niveles superiores, los procedimientos principales de construcción de modelos matemáticos para resolver situaciones problemáticas que se manifiestan en la realidad cotidiana en el desarrollo de una determinada actividad profesional y como objetivo específico establecer alternativas de tarifas sociales con destino a núcleos de clientes perfectamente identificados en cuanto a su calidad, por su escasa capacidad de pago, y aproximadamente delimitados en cuanto a la cantidad. Bajo la denominación de tarifa social de cualquier servicio público se entiende a aquellas tarifas que, siguiendo distintos mecanismos, se subsidian implícita o explícitamente, parcial o totalmente, para beneficiar a ciertos sectores de usuarios con un determinado fin. Para tener una herramienta de análisis que permita simular distintos escenarios con el fin de fijar los subsidios a la tarifa de los clientes residenciales y tomar decisiones al respecto, se elaboró un modelo matemático que describe esta situación. Después del análisis de validación del modelo, mediante el trazado de superficies y curvas de nivel con la ayuda del medio lógico Derive, se realizó una simulación numérica a fin de acotar los resultados posibles que satisfagan los requerimientos impuestos por la situación problemática a resolver. Finalmente se concluye el trabajo con la especificación de la tarifa social buscada.

### Desarrollo

#### Identificación del Problema

Bajo la denominación de tarifa social de cualquier servicio público se entiende a aquellas tarifas que, siguiendo distintos mecanismos, se subsidian implícita o explícitamente, parcial o totalmente, para beneficiar a ciertos sectores de usuarios con un determinado fin. En el caso que nos ocupa se buscará determinar una tarifa social mediante la asignación de subsidios explícitos para parte de los clientes residenciales del servicio público de electricidad de la provincia de Tucumán, que actualmente esta concesionado a un prestatario privado.

Plantearse el problema de determinar alternativas de tarifas sociales para los clientes residenciales del servicio eléctrico significa tratar de articular tres fines y tres actores, con el objetivo que este servicio público no se vea interrumpido en los hogares de escasos o nulos ingresos. Cada uno de los actores intervinientes; Estado, Cliente y Empresa, tienen, para este caso, los siguientes fines específicos.

- a) Para el Estado; es importante que todos los habitantes cuenten en sus hogares, por lo menos, con el servicio eléctrico mínimo que ayude a la contenibilidad social del individuo.
- b) Para el Cliente; el disponer del uso de la electricidad, en cantidades y calidades mínimas, que le permita desenvolverse en familia y en sociedad.
- c) Para la Empresa; brindar un servicio acorde a los niveles de calidad que se imponen y recibir por ello una tarifa justa y razonable que permita la continuidad de la prestación.

De acuerdo a los términos del Contrato de Concesión que liga a la empresa concesionaria con el poder concedente (Estado Provincial), se fijan las tarifas para los distintos segmentos

de clientes que hacen factible el servicio y que necesariamente debe percibir. Por lo tanto para que el cliente tenga el servicio que no puede pagar total o parcialmente, según sea el caso, debe ser subsidiado en forma explícita. De esta manera el planteo de usar los fondos específicos del sector eléctrico que dispone el estado provincial, para lograr una tarifa social, debe quedar en claro que es para subsidiar al cliente y no a la empresa. Lográndose, de esta manera, la articulación de los tres fines y los tres actores involucrados.

### **Delimitación y Alcance del Trabajo**

La articulación de los distintos actores y sus fines es, obviamente, distinta según el marco de ordenamiento del sector eléctrico que se tome. Así para este trabajo hemos explícitamente asumido la continuidad del actual modelo de privatización. Bajo el supuesto que el actual marco de concesión del servicio eléctrico no cambiará en el corto plazo, este trabajo tiene como uno de sus objetivos establecer alternativas de tarifas sociales con destino a núcleos de clientes perfectamente identificados en cuanto a su calidad, por su escasa capacidad de pago, y aproximadamente delimitados en cuanto a la cantidad. Con esto se intenta fijar dos límites muy precisos del trabajo:

- a) Los fondos que se usaran en la propuesta están asignados a la provincia mediante una Ley Nacional, y tienen una notable permanencia en el tiempo (más de cuarenta años). Todo parece indicar que esta situación no va a cambiar en el corto, mediano o largo plazo.
- b) Las tarifas sociales que se propongan tendrán una perfecta asignación a un conjunto de clientes residenciales que, fehacientemente por razones económicas, no pueden pagar el cien por cien de la tarifa y se encuentran aproximadamente identificados.

En los últimos doce años el valor más frecuente de los fondos que recibió la Provincia, desde la Nación, está entre los \$150.000 y \$200.000 por mes. Si nos ponemos en el centro del intervalo este valor se ubica en los \$175.000, que es cercano a lo recibido en el año 2001 y muy inferior al promedio del período estudiado, que se ubica en \$ 242.588. Tal como se manifestó anteriormente este fondo es el específico para aplicar como subsidio a las tarifas de clientes finales, si así lo determina el poder concedente.

*Este análisis nos lleva a adoptar que el subsidio que se dispondrá bimestralmente será de \$ 350.000 y es el que se aplicará para obtener la tarifa social destinada a la franja de clientes que a continuación se describe.*

Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), la provincia de Tucumán tiene una población estimada en aproximadamente 1.300.000 habitantes, siendo el departamento Capital, de entre los diecisiete departamentos en que está dividida la provincia, el más numeroso con un porcentaje, estimado, ligeramente superior al 42 % del total provincial. La misma fuente indica que la tasa de electrificación para todo el territorio provincial se ubica en el 95 %, o sea aproximadamente 1.235.000 personas tienen servicio eléctrico.

En octubre de 2001 el INDEC indicó que la tasa de desocupación en la provincia es del 17,9 %, lo que significan 221.000 personas están sin trabajo o subempleados y que podríamos estimar que están distribuidos entre 55.000 y 70.000 hogares con servicio eléctrico, a los que se les hace muy difícil sostener.

*De este análisis surge que el número de clientes a subsidiar estará en el intervalo [55.000, 70.000].*

Por el tipo de diseño tarifario adoptado en el modelo de privatización provincial, las tarifas para los clientes residenciales son del tipo denominado *binómica*. Esto es, el cliente paga un *cargo fijo bimestral*, tenga o no consumo, y un *cargo variable* por cada unidad de energía consumida. Los montos de estos cargos, dentro de la categoría residencial, están especificados por bloques de consumo. Cada uno de los consumos individuales de los clientes caerá en algunos de los bloques previstos y de acuerdo a ello es el monto del cargo fijo y del cargo variable que deberá abonar. Para nuestro caso existen dos bloques para los clientes residenciales: hasta un consumo máximo de 300 kWh por bimestre y más de 300 kWh por bimestre. Siendo el primer bloque (de menor consumo) el más barato. Los precios para este bloque son: para el cargo fijo sin derecho a consumo de \$ 3,50 por bimestre y para el cargo variable de \$ 0,0745 por cada kWh consumido.

*Como es de suponer, y dado que se trata de establecer tarifas sociales para una franja de clientes con escasos recursos económicos, es sobre estos montos que se deberán especificar los porcentajes de subsidios a aplicar. Por el mismo motivo, la cantidad de energía a subsidiar deberá tener como punto de referencia máximo los 300 kWh bimestrales.*

## **Metodología**

### **Marco teórico del modelo de análisis**

Para tener una herramienta de análisis que permita simular distintos escenarios, que permitan fijar los subsidios a la tarifa de los clientes residenciales y tomar decisiones al respecto, se elaboró un modelo matemático que describe esta situación problemática y que tiene en cuenta todas las variables analizadas en el punto 2 de este trabajo, los que en apretada síntesis son:

1°) No se considera otro mecanismo de establecer una tarifa social que no sea la de asignar montos explícitos a determinados bloques tarifarios y de esta manera lograr que lo que le corresponda pagar al cliente sea menor y adecuado a su capacidad de pago. Por ejemplo, no se considera la posibilidad de establecer tarifas mas altas para algunos segmentos de clientes y bajar el de otros (subsidios cruzados) o cualquier otra forma de establecer tarifas sociales.

2°) Se supone que los clientes a ser subsidiados corresponden al segmento tarifario de los pequeños consumos de uso residencial exclusivamente, que según el contrato de concesión vigente les corresponde la tarifa denominada 1R. Esto significa que la tasa de subsidio se aplicará al cargo fijo establecido en 3,50 \$/bimestre y sobre el cargo variable fijado en 0,0745 \$/kWh.

3°) El consumo de energía a subsidiar estará por debajo de los 300 kWh bimestrales, que dentro del cuadro tarifario es el bloque de energía más barato. Se considera que un consumo máximo de 150 kWh. bimestrales es una cifra razonable. Para lograr que éste valor de consumo por cliente con tarifa social no sea superado se deberá instalar en el domicilio del cliente un limitador de energía, y de esta manera asegurar que el máximo de consumo de energía no atraviese la barrera impuesta.

4°) La única fuente de subsidio son los fondos Nacionales para ese fin, el cual, de acuerdo al análisis realizado, tendrá un tope máximo de \$ 350.000 por bimestre.

5°) Se considera que la Tarifa Social es sin impuestos ni gravámenes de ningún tipo, porque no sería lógico imponer estos recargos sobre tarifas que tienen el carácter de social

y además porque es el propio Estado el que suministra los fondos para su concreción y no tendría sentido el cobrar impuestos y gravámenes sobre ellos.

### Especificación del Modelo

De acuerdo al marco establecido en el apartado anterior se propone el siguiente modelo matemático que permita plantear distintas alternativas de tarifas sociales atendiendo a las variables que se fueron analizando a lo largo de este trabajo. Siendo:

- m** = monto máximo total bimestral de subsidio disponible (\$ 350.000)
- x** = máxima cantidad de energía a subsidiar por bimestre y por cliente
- u** = máximo número de cliente a subsidiar en la provincia
- v** = monto máximo bimestral a cargo del cliente
- y** = porcentaje del cargo variable (\$/kWh.) a subsidiar por cliente (en por unidad)
- z** = porcentaje del cargo fijo a subsidiar por cliente (en por unidad)

El número máximo de clientes a subsidiar por bimestre será:

$$u = 350000 / (0,0745xy + 3,50z) \quad (1)$$

$$\text{Con: } 55.000 \leq u \leq 70000$$

$$0 \leq x \leq 150$$

$$0 \leq y \leq 1$$

$$0 \leq z \leq 1$$

Los subsidios que se establezcan deberán tener presente que para distintas soluciones del número máximo de clientes a beneficiar, que cumplan con las restricciones de las restantes variables, se elegirá aquella que minimize el monto máximo mensual a cargo del cliente, dado por:

$$v = 0,0745x(1 - y) + 3,50(1 - z) \quad (2)$$

### Análisis del Modelo

La **u** es una función multivariada definida en el espacio real de cuatro dimensiones. Como su rango esta acotado por las condiciones del problema en el intervalo [55000 - 70000], entonces se analizan las superficies de nivel de la función **u** para los extremos del intervalo. La expresión general de estas superficies de nivel esta dada por.

$$z = (100000/u) - 0,0213xy$$

De donde se tendrá que:

1º) Para  $u = 55000$ , la superficie de nivel es:  $z = 1,8182 - 0,0213.x.y$

De igual forma esta superficie de nivel tiene rango acotado por las condiciones del problema al intervalo [0, 1], entonces para los valores extremos de este intervalo se tendrán las siguientes curvas de nivel:

1ºa) Para  $z = 0$ ;  $y = 85,3615/x$

1ºb) Para  $z = 1$ ;  $y = 38,4131/x$

2º) Para  $u = 70000$ , la superficie de nivel es:  $z = 1,4286 - 0,0213.x.y$

Como en el caso anterior, esta superficie de nivel tiene rango acotado en el intervalo  $[0, 1]$ , entonces para los valores extremos de este intervalo se tendrán las siguientes curvas de nivel:

2ºa) Para  $z = 0$ ;  $y = 67,0704/x$

2ºb) Para  $z = 1$ ;  $y = 20,1221/x$

De este análisis se desprende que para un mínimo de  $u = 55000$  clientes a subsidiar y un consumo de energía bimestral  $x$  tomado en el entorno del punto  $x_0 = 150$ , el intervalo del porcentaje "y" de subsidio a la tarifa variable es  $(0,25 - 0,57)$ . Mientras que para un número máximo de  $u = 70000$  clientes y un consumo de tomado en el mismo entorno, el intervalo del porcentaje de subsidio a la tarifa variable es  $(0,13 - 0,45)$ . Como es de esperar este intervalo queda contenido en el anterior, dado que al suponer un mayor número de clientes a subsidiar con el mismo monto máximo de subsidio y la misma cantidad de energía consumida por cada cliente, entonces la longitud del segundo intervalo resulta menor.

A los fines de obtener los valores de  $u$  y  $v$ , para distintas combinaciones de valores de las variables independientes  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , con las restricciones mencionadas, teniendo presente las conclusiones que surgen del análisis de la función  $u$ , y de las superficies y curvas de nivel, se realizó una simulación numérica. Esta simulación se hizo fijando inicialmente los valores de  $x$ ,  $y$  haciendo variar los valores de  $z$ . Los valores adoptados para  $x$  fueron de 50, 100 y 150 kWh, haciéndolos crecer de 50 en 50. Los valores de  $y$ ,  $z$  se hicieron crecer desde 0 hasta 1 con variaciones de 0,1 en 0,1.

### Conclusiones

Si se adopta como valor de búsqueda en la tabla el centro del intervalo  $[55000, 70000]$ , o sea  $u = 62500$  clientes, a los cuales se les subsidiaría una energía bimestral de 150 kWh, se obtienen los siguientes valores:

**Tabla N° 1: Valores Seleccionados.**

x	y	z	U	v
150	0,2	0,9	64995	9,29
150	0,3	0,6	64191	9,22
150	0,4	0,3	63406	9,16
150	0,5	0	62640	9,09
150	0,2	1	61029	8,94
150	0,3	0,7	60319	8,87

Dadas las incertidumbres de los límites de variación de algunas de las variables, como por ejemplo el número de clientes que fehacientemente debieran ser subsidiados, o del consumo que cada uno de ellos realizará bimestralmente, cualesquiera de los valores seleccionados en la tabla n° 1, es una solución posible a adoptar. No obstante se puede especular que, dados los hábitos de consumos observados, casi con seguridad la gran mayoría de los clientes subsidiados llegarán al límite de la demanda de energía bimestral de 150 kWh.

Todo este análisis sirvió para que las autoridades políticas provinciales tuvieran los suficientes elementos objetivos para inclinarse por la solución de subsidiar el 40 % del costo de la energía consumida (carga variable) y el 30 % del cargo fijo y de esta manera subsidiar hasta un máximo de 63406 clientes que pagarán como máximo \$ 9,16 por bimestre lo que significa 15 centavos por día.

Entonces la tarifa que se denominó Tarifa 1RS (Tarifa 1 Residencial Social) para pequeños consumos residenciales de hasta 150 kWh bimestrales, quedó de la siguiente manera.

<b>Tarifa 1RS (Pequeños consumos residenciales subsidiados)</b>		
	<b>Unidad</b>	<b>Importe</b>
Cargo fijo sin derecho a consumo	\$/bim..	2,45
Hasta un consumo máximo de 150 kWh/bim.	\$/kWh	0,0447

### **Bibliografía**

- Schuster, F.G., (1997) *El Método en las Ciencias Sociales*, Buenos Aires, Editores de América Latina, Método Axiomático y Modelos, cap. 4.
- Chapelon, J.,(1965) Las matemáticas y el desarrollo social, en LE LIONNAIES, F. y colaboradores, *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*, Buenos Aires, EUDEBA
- Pita Ruiz, C.(1995). *Cálculo Vectorial*. México, Pearson Educación.
- Stewart, J. (1999). *Cálculo Multivariado*, México, Thomson Editores.