



SIMULACIÓN DE MEDICIONES DE GRANDEZAS ELECTRICAS ELÉTRICAS EN LA ESTIMACIÓN DE TARIFAS DE CONSUMO ELÉTRICO

*Oraldo Chávez Dávila*¹, *Reinaldo C. Souza*², *Mauricio N. Frota*³

¹ PUC-Rio, Programa de Pós-Graduação MQI, Rio de Janeiro, Brasil, oraldochavez@aluno.puc-rio.br

² PUC-Rio, Departamento de Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil, reinaldo@ele.puc-rio.br

³ PUC-Rio, Programa de Pós-Graduação MQI, Rio de Janeiro, Brasil, mfrota@puc-rio.br

Resumen: Este trabajo desarrolla un simulador de tarifas de consumo eléctrico mediante un modelo matemático para estimar la facturación mensual en función del consumo y la demanda, llegando a determinar resultados dinámicos para diferentes rangos de consumo, lo cual permite determinar la estructura tarifaria más conveniente para el consumidor.

Palabras clave: Metrología. Tarifas eléctricas. Simulación de Tarifas. Herramienta Computacional. Eficiencia Energética.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de los ingresos que caracterizó la economía de Brasil estos últimos años, generó mayor impacto en el PBI en el sector servicios donde está incluido el suministro de energía eléctrica lo cual es justificado por el Banco Mundial que demuestra en un estudio realizado, la estrecha relación del consumo de energía con el producto bruto interno (PBI) entre los años 1985 – 1991 de varios países entre ellos Brasil. [1]

En efecto, el presente trabajo se enfoca desde el punto de vista del uso eficiente de la energía eléctrica presentando las distribuidoras al cliente opciones a elegir el tipo de tarifa más conveniente a través de una herramienta computacional.

2. OBJETIVOS, METODOS Y RESULTADOS

Las simulaciones [2] se hacen para comparar tres momentos: tarifas inter concesionarias, facturación de las concesionarias y facturación por puestos tarifarios.

2.1. Comparación de tarifas inter concesionarias

El simulador permite hacer comparaciones múltiples de las tarifas¹ de un conjunto de concesionarias dispuestas simbólicamente en una matriz como el que se muestra en la siguiente relación.

$$T = \begin{bmatrix} d_1 & PT_1 & PT_2 & PT_3 & \dots & PT_n \\ \hline d_1 & T_{1,1} & T_{1,2} & T_{1,3} & \dots & T_{1,n} \\ d_2 & T_{2,1} & T_{2,2} & T_{2,3} & \dots & T_{2,n} \\ d_3 & T_{3,1} & T_{3,2} & T_{3,3} & \dots & T_{3,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_m & T_{m,1} & T_{m,2} & T_{m,3} & \dots & T_{m,n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde:

- d_i : Distribuidora $i = 1, 2, \dots, n$
- PT_j : Posto Tarifario $j = 1, 2, \dots, m$
- T_{ij} : Tarifa da concessionaria i em o posto tarifario j

La comparación es realizada inter concesionarias dentro de cada columna j , mediante el siguiente algoritmo.

$$\text{Para } I_{ij} = \frac{T_{i=k;j}}{T_{i \neq k;j}} \times 100 \quad (2)$$

Donde: $k = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$

Teniendo como regla de decisión el índices de la relación siguiente

$$I_{i,j} \begin{cases} < 100\%; se T_{i=k;j} < T_{i \neq k;j} \\ > 100\%; se T_{i=k;j} > T_{i \neq k;j} \end{cases} \quad (3)$$

El algoritmo para estas comparaciones se aplican a en los diferentes niveles de tensión, consumo y demanda así como para cada tipo de tarifa (Azul, Verde y Convencional).

2.2. Comparación de facturación de las concesionarias

Para esto se han definido vectores de ponderación para cada tipo de tarifa, con el fin de caracterizar el horario y época del año en que se hace uso de la energía, aquí solo se presenta el que corresponde a la estructura tarifaria horosazonal azul de una concesionaria ficticia que denominamos como “La Poderosa”

$$\Lambda_{HA} = \begin{bmatrix} D \begin{pmatrix} \alpha \\ 1-\alpha \end{pmatrix} \\ C \begin{pmatrix} \alpha\beta \\ \alpha(1-\beta) \\ (1-\alpha)\beta \\ (1-\alpha)(1-\beta) \end{pmatrix} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Donde:

- D : Demanda
- C : Consumo
- α, β : Hiper parámetros de ponderación

A continuación se presenta la matriz de tarifas de las concesionarias en estudio.

¹ Cadernos Temáticos ANEEL 4: Tarifas de fornecimento de Energia Elétrica

$$\Sigma_{HA}^{(n,d)} = \begin{bmatrix} TD_P^{(n,1)} & TD_P^{(n,2)} & TD_P^{(n,3)} & TD_P^{(n,4)} & TD_P^{(n,5)} & TD_P^{(n,6)} \\ TD_F^{(n,1)} & TD_F^{(n,2)} & TD_F^{(n,3)} & TD_F^{(n,4)} & TD_F^{(n,5)} & TD_F^{(n,6)} \\ TC_{PS}^{(n,1)} & TC_{PS}^{(n,2)} & TC_{PS}^{(n,3)} & TC_{PS}^{(n,4)} & TC_{PS}^{(n,5)} & TC_{PS}^{(n,6)} \\ TC_{PU}^{(n,1)} & TC_{PU}^{(n,2)} & TC_{PU}^{(n,3)} & TC_{PU}^{(n,4)} & TC_{PU}^{(n,5)} & TC_{PU}^{(n,6)} \\ TC_{FS}^{(n,1)} & TC_{FS}^{(n,2)} & TC_{FS}^{(n,3)} & TC_{FS}^{(n,4)} & TC_{FS}^{(n,5)} & TC_{FS}^{(n,6)} \\ TC_{FU}^{(n,1)} & TC_{FU}^{(n,2)} & TC_{FU}^{(n,3)} & TC_{FU}^{(n,4)} & TC_{FU}^{(n,5)} & TC_{FU}^{(n,6)} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Donde:

- n : nivel de tensión.
- d : Distribuidora concesionaria
- HA : Tarifa Horosazonal Azul
- TD : Tarifa de demanda
- TC : Tarifa de consumo
- P, F : Hora punta, Hora fuera de punta
- PS, PU : Punta seco, Punta húmedo
- FS, FU : Fuera de punta seco, Fuera de Punta húmedo

Finalmente, el producto matricial del vector ponderador por la matriz de tarifas viene a ser la facturación mensual que el consumidor paga a la concesionaria

$$F_{HV}^{(n,d)} = \Lambda'_{HV} \times \Sigma_{HV}^{(n,d)} \quad (6)$$

La regla de decisión para determinar cuál es la estructura tarifaria que favorece al consumidor está dada por está dada por:

$$\text{Tarifa más económica} = \text{Min} \{ F_{HA}^{(n,d)}, F_{HV}^{(n,d)}, F_{CV}^{(n,d)} \} \quad (7)$$

Para llegar a un resultado se simula una serie con inter espacios iguales de manera que permite obtener una curva lineal para cada facturación como el que se observa en la Fig. 1, lo cual nos permite estimar a través del método de regresión lineal simple

$$Y_i = a + bX_i + e_i \quad (8)$$

Las formulas (7) y (8) nos permiten estimar la los puntos críticos para tomar una decisión cual es el mejor encuadramiento tarifario.

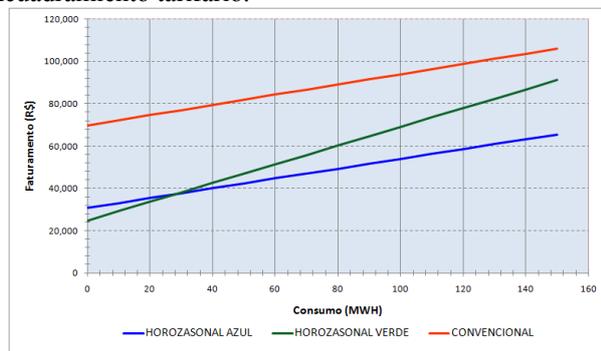


Fig. 1. Comparación de facturación de tipos de tarifa de la distribuidora “La Poderosa” en nivel de tensión A4.

La tabla siguiente muestra los resultados con mayor detalle de la Fig. 1.

Table 1. Característica de las series de valores de consume comparados.

	HOROSAZONAL AZUL	HOROSAZONAL VERDE	CONVENCIONAL
Pendiente	231.71	442.34	242.15
Intercepto	30.792.61	24.824.45	69.752.98
Pendiente Máx.		442.34	
Pendiente Mín.			242.15
		CONSUMO	FACTURACIÓN
HS-AZUL vs HS-VERDE		28.33	37.358.00
HS-AZUL vs CONVENCIONAL		-3.732.96	-834.170.56
HS-VERDE vs CONVENCIONAL		224.42	124.096.52

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la simulación que se hace para comparar los encuadramientos tarifarios, el diagrama puede resultar una ayuda visual importante donde puede notarse que el tipo de tarifa mayor es el que corresponde al Convencional además que las tarifas horosazonales, la verde es más barata que la azul hasta un determinado momento, luego se invierten las posiciones. De manera más precisa se puede observar en la Tabla 1, donde nos brinda información más valiosa que es la mayor tendencia al aumento de la facturación cuando aumenta el consumo.² Además se puede observar con precisión los puntos críticos en los que se invierten las posiciones al comparar dos tipos de tarifa, lo cual desde ya convierte al simulador en una herramienta práctica.

4. CONCLUSIÓN

El presente trabajo ha mostrado una herramienta que puede resultar de vital importancia en la toma de decisiones especialmente en grandes clientes, sea de la industria, el comercio o servicios, donde un rubro preponderante en su presupuesto es el pago por consumo de energía ya que sin el servicio eléctrico hoy en día casi nada funciona, por lo que es responsabilidad de cada ser ciudadano velar por su uso correcto y adecuado.

REFERENCIAS

- [1] C. Celso de Camargo, Tese de Doutorado: *Gerenciamento pelo lado da demanda: Metodologia para identificação do potencial de conservação de energia elétrica de consumidores residenciais*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC Outubro de 1996.
- [2] Dpto. Computación – F.C.E. y N. – UBA *Introducción a la simulación y a la generación de números pseudo aleatorios*: Taller de Informática I.
- [3] Souza, R.C., Dávila, A.O.C., Pinho, J.A.M., Queiroz, P.V.S., Carvalho, N.A.S., Frota, M.N. “*Um simulador de tarifas de energia elétrica para clientes de concessionárias brasileiras*”. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, RS, 30/8 a 03/9/2010.
- [4] Souza, R.C., Dávila, A.O.C., Frota, M.N., Particelli, F., Regen, S. “*Simulação de tarifas de eletricidade: Auxilio à decisão da concessionária*”. Encontro Regional de Pesquisa Operacional da Região Sudeste – ERPO/SOBRAPO – 12 a 16 de novembro de 2010 – a bordo do MSC Armonia.

² Existen otro tipo de simuladores para compara tarifas de energia eléctrica: <http://www.suelosolar.es/tarifa/comparativa-tarifas-electricas.asp>