



Trabajo Fin de Grado

Desarrollo en Scilab de una herramienta para la optimización de las potencias a contratar en tarifas de AT de seis periodos

Autor

Emilio Plumed Velilla

Directores

José Luis Bernal Agustín
Rodolfo Dufo López

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2014

1. Resumen

El presente trabajo se desarrolla con la intención de simplificar el cálculo del precio de la contratación de potencia de seis periodos, dando lugar a la optimización de dichas potencias.

La optimización mediante un programa informático es interesante debido principalmente a:

El gran consumo de energía eléctrica supone un gasto importante para los consumidores.

Dado que el suministro no se interrumpe al sobrepasar la potencia contratada, el problema deja de ser técnico para pasar a ser económico.

El cálculo de peajes y tarifas es complejo y tedioso mediante cálculo manual.

Por tanto se procede al desarrollo de una herramienta informática capaz de resolver este problema siguiendo estos pasos:

1. Identificación de la normativa vigente para determinar cómo se calculan los peajes en 6 periodos.
2. Búsqueda y elección de distintas herramientas informáticas para desarrollar el programa.
3. Implementación de los cálculos en el entorno elegido.
4. Creación de una interfaz clara y sencilla para facilitar el manejo de la herramienta.
5. Corroboración de la eficacia del programa con ejemplos tipo.
6. Empleo final del programa para resolver casos reales.

El resultado es un conjunto de ficheros .sce y .txt para su uso con Scilab, entorno matemático similar a Matlab de libre distribución, permitiendo su uso en cualquier ordenador con sistema operativo Linux, Mac o Windows.

2. Índice

1. Resumen.....	2
3. Motivo del trabajo.....	4
4. Objetivos	5
5. Situación en la normativa actual.....	6
5.1. Clasificación de las tarifas de acceso.....	6
5.2. Asignación de periodos	6
5.3. Facturación.....	7
5.4. Restricciones a la contratación	8
6. Elección del entorno de trabajo	9
7. Creación de la herramienta.....	10
7.1. Simplificaciones y consideraciones previas.....	10
7.2. Método de trabajo	10
7.3. Composición de la herramienta.....	11
7.3.1 Asignación de periodos	11
7.3.2. Lectura de datos.....	12
7.3.3. Optimización	12
7.3.4. Programa principal e interfaz gráfica.....	14
7.3.5. Programa auxiliar de generación de consumo.....	16
8. Instrucciones de uso.....	17
9. Ejemplos de cálculo.....	18
9.1. Ejemplo 1.....	19
9.2. Ejemplo 2.....	20
9.3. Ejemplo 3.....	21
9.4. Ejemplo 4.....	22
10. Conclusiones.....	23
11. Bibliografía	24

3. Motivo del trabajo

El consumo de energía eléctrica supone un gasto importante en cualquier industria, especialmente para grandes consumidores, por lo que el ahorro en la factura es muy deseable.

Sin embargo, no se puede reducir la energía consumida a menos que se cambie el proceso productivo y la aparamenta que se utiliza también depende de dicho proceso. Por otra parte, para la mayor parte de consumidores de media y alta tensión no se corta el suministro si se supera la potencia contratada. Por tanto, el problema de elección de potencia deja de ser puramente técnico para ser principalmente económico, ahorrándose también los inconvenientes mencionados anteriormente.

Desafortunadamente el cálculo de la componente de potencia de la factura eléctrica requiere la realización de muchas operaciones, disuadiendo de la búsqueda de un estado óptimo a favor de la mentalidad conservadora de contratar el máximo determinado por el consumo.

Es por esto que el desarrollo de una herramienta informática para el cálculo de este estado óptimo sea atractivo y merezca la pena, ya que por un coste mínimo se puede conseguir un ahorro importante para los grandes consumidores de energía eléctrica.

4. Objetivos

Para lograr la meta planteada en el apartado anterior se fija una serie de objetivos que ha de cumplir la herramienta para que se pueda considerar útil y eficaz:

El objetivo principal y más importante es que la herramienta sea funcional, es decir, que a partir de datos históricos o previstos del consumo energético de un año sea capaz de determinar las seis potencias óptimas para su contratación.

Además el programa ha de ser sencillo de utilizar para evitar en la medida de lo posible la necesidad de crear un manual de instrucciones extenso y complicado. De la misma manera debe presentar la información y resultados de manera clara y concisa, permitiendo una lectura y comprensión rápidas del programa.

Para dar mayor fiabilidad del correcto funcionamiento del programa se crearán ejemplos tipo de consumo para comprobar la respuesta del programa y a la vez analizar el funcionamiento de los peajes actuales.

Por último, dado que el programa intenta resolver un problema económico, la herramienta calculará el ahorro que se produciría al aplicar su resultado frente a una situación inicial determinada.

5. Situación en la normativa actual

La primera definición de cálculo de peajes aparece en el Real Decreto 1164/2001 del 26 de octubre [1] en el que se asigna a cada hora de cada día tipo un periodo tarifario. A partir de entonces han surgido varios cambios a la organización de estos periodos como en la orden ITC/2794/2007 del 27 de septiembre [2], o la más reciente circular 3/2014 [3], del 2 de julio, aunque los cálculos se han mantenido intactos.

A pesar de que la mencionada circular no se aplica todavía, cabe esperar que se haga efectiva en un Real Decreto a principios del año 2015, por lo que se opta por considerarla para los cálculos en lugar de la ITC anterior. Sin embargo esto conlleva el problema de que para los cálculos se van a utilizar los peajes determinados por la Orden IET/107/2014 del 1 de febrero.

Esto implica que los precios no serán adecuados a los periodos definidos en la circular 3/2014, ya que las horas anuales del primer periodo tarifario se ha visto multiplicada por dos.

5.1. Clasificación de las tarifas de acceso

Actualmente se establecen cinco niveles de tensión, desde NT0 hasta NT5, siendo NT0 baja tensión (<1kV) y el resto media y alta. Según lo establecido por la circular 3/2014, a todos los consumidores de media y alta tensión les corresponde peajes de seis periodos según se indica en la Tabla 1.

Nivel de tensión		Tensión de suministro (kV)		Potencia de suministro (kW)		Acceso
		mínima	máxima	mínima	máxima	
Baja tensión	NT0	-	< 1	-	15	2.0TD
				> 15	50	3.0TD
Alta Tensión	NT1	1	< 36	-	-	6.1TD
	NT2	36	< 72,5	-	-	6.2TD
	NT3	72,5	< 145	-	-	6.3TD
	NT4	145	-	-	-	6.4TD

Tabla 1. Accesos a la red de acuerdo a la propuesta de la Circular 3/2014. Tabla obtenida de [4].

5.2. Asignación de periodos

Actualmente existen cuatro días tipo, A, B, C y D que corresponden a temporadas de demanda alta, media, baja y festivos, que a su vez se refieren a los meses siguientes:

- Temporada alta: enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre.
- Temporada media: junio, julio, agosto, septiembre y octubre.
- Temporada baja: abril y mayo.

A partir de estas definiciones se asignan los periodos tarifarios tal y como se muestra en la Tablas 2 y 3.

Periodo Horario	Tipo de día			
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
P1	De 10h a 14h De 18h a 22h	–	–	–
P2	De 8h a 10h De 14h a 18h De 22h a 24h	–	–	–
P3	–	De 10h a 14h De 18h a 22h	–	–
P4	–	De 8h a 10h De 14h a 18h De 22h a 24h	–	–
P5	–	–	De 8h a 24h	–
P6	De 0h a 8h	De 0h a 8h	De 0h a 8h	De 0h a 24h

Tabla 2. Periodos tarifarios [3].

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
enero	P6				P2		P1		P2		P1		P2		P1		P2							
febrero	P6				P2		P1		P2		P1		P2		P1		P2							
marzo	P6				P2		P1		P2		P1		P2		P1		P2							
abril	P6				P5		P5		P5		P5		P5		P5		P5							
mayo	P6				P5		P5		P5		P5		P5		P5		P5							
junio	P6				P4		P3		P4		P3		P4		P3		P4							
julio	P6				P4		P3		P4		P3		P4		P3		P4							
agosto	P6				P4		P3		P4		P3		P4		P3		P4							
septiembre	P6				P4		P3		P4		P3		P4		P3		P4							
octubre	P6				P4		P3		P4		P3		P4		P3		P4							
noviembre	P6				P2		P1		P2		P1		P2		P1		P2							
diciembre	P6				P2		P1		P2		P1		P2		P1		P2							

Tabla 3. Distribución de períodos en acceso 6.XTD. Días Laborables. Después de la Circular 3/2014. Tabla obtenida de [4].

5.3. Facturación

La facturación se divide en dos partes: la parte contratada y los excesos [1]. El precio de la parte contratada es anual, mientras que el precio por exceso se obtiene en una fórmula algo más compleja. Se incurre en un exceso cuando la potencia media consumida en un periodo cuarto-horario supera a la contratada.

La parte contratada se obtiene multiplicando la potencia contratada en cada periodo por su tarifa correspondiente y sumándolas:

$$FP = \sum_{i=1}^{i=n} t_{pi} P_{fi}$$

Para obtener la facturación por excesos, por cada incidencia en un cierto periodo se añade un término a una suma de cuadrados. Cada término de la suma es el cuadrado de la diferencia entre la potencia consumida y la contratada. La raíz cuadrada de esta suma es el término A_{ei} , siendo i el periodo al que corresponde:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (Pd_j - Pci)^2}$$

Estos términos se multiplican por un factor K_i que depende del periodo y por el precio por kilovatio excedido, 234 de las antiguas pesetas, que en euros resulta 1.4064€. Finalmente la parte total de excesos resulta de la suma de los costes de cada periodo:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 234 \times A_{ei}$$

5.4. Restricciones a la contratación

Debido a que la circular 3/2014 elimina la tarifa 3.1 ya no existe límite inferior de 450kW de potencia en tarifa de seis periodos. Sin embargo se mantiene la restricción que obliga a contratar la misma o mayor potencia en periodos mayores, esto es:

$$P_n \leq P_{n+1}$$

6. Elección del entorno de trabajo

Para poder desarrollar la herramienta se requieren tres aspectos fundamentales: fácil toma de datos, potente cálculo matemático y una interfaz clara y eficaz. Con estas características en mente se presentan tres posibles entornos de trabajo: hojas de cálculo tipo Excel, programas de cálculo matemático como Matlab o Scilab [5,6], o el empleo directo de lenguajes de programación, como C.

Las hojas de cálculo poseen una buena interfaz sin necesidad de modificaciones y su uso es intuitivo, pero la toma de datos está limitada a la introducción directa de datos de consumo, y el cálculo matemático no está orientado a lo que requiere la herramienta.

Acudir a lenguajes de programación tiene la gran ventaja de que son muy flexibles y permiten la creación de todo tipo de herramientas matemáticas, pero por el contrario requiere gran conocimiento del lenguaje y el desarrollo es complejo.

Los programas tipo Matlab suponen un punto medio entre los anteriores, su uso es relativamente sencillo y proveen la flexibilidad necesaria para realizar los cálculos necesarios y las tomas de datos alternativas.

Por tanto se elige trabajar con un programa de cálculo matemático, concretamente Scilab por su funcionalidad similar a Matlab, utilizado previamente por el autor del trabajo, y por el hecho de ser un programa de distribución libre, lo que elimina la necesidad de licencias para utilizar la herramienta y se encuentra disponible en la mayoría de sistemas operativos actuales.

7. Creación de la herramienta

7.1. Simplificaciones y consideraciones previas

Para evitar una excesiva complicación en la elaboración y uso del programa se han realizado diversas simplificaciones al cálculo.

Para la asignación de periodos habría que tener en cuenta que a los días festivos se les asigna periodo seis a sus veinticuatro horas, por lo que se genera un pequeño error al no considerarlos. Sin embargo, debido a que varios de estos días no tienen posición fija en el calendario, se ha decidido considerarlos como días normales.

El cálculo de los excesos de potencia ha de realizarse teniendo en cuenta incidencias cuarto-horarias, pero esto implica que el número de datos que se debe introducir es enorme, por lo que se considera para el cálculo la potencia media de cada hora. De esta manera se incurre en un pequeño error, pero que es asumible, dado que se considera que la potencia instantánea no variará enormemente dentro de cada hora, y también se cancelarán parte de los errores por exceso con los errores por defecto, minimizando su efecto.

7.2. Método de trabajo

Utilizar Scilab para el desarrollo del programa permite trabajar con módulos más pequeños que ayudan a dividir el problema en unidades más manejables. Esto implica crear bloques con entradas y salidas de datos que no requieren conocimiento de sus operaciones internas una vez definidos, facilitando su reutilización y disminuyendo la complejidad del programa principal.

Por tanto se comienza a trabajar con programas pequeños que realizan operaciones sencillas, como determinar si un año es bisiesto u obtener el día de la semana del 1 de enero, y se emplean en programas más complejos como la obtención de un vector con todos los días de la semana para cada día del año.

Todos estos módulos se introducen en un programa principal o maestro que se encarga de coordinar todas las operaciones y posee una interfaz gráfica.

7.3. Composición de la herramienta

El código de los módulos .sce se encuentra en el Anexo

7.3.1 Asignación de periodos

Para poder asignar los periodos tarifarios el programa ha de conocer los días de la semana y del mes dependiendo del año en el que se trabaje [7]. Por tanto, el primer bloque de módulos irá encaminado a tal efecto.

Módulo “EsBisiesto”: A partir del año que se considera, obtiene si el año es bisiesto o no mediante las normas establecidas por el calendario gregoriano, esto es, un año es bisiesto si es divisible por 4 y no divisible por 100, o si es divisible por 400. Además, devuelve el número de días del año (ndias).

Módulo “Dia1”: Obtiene el día de la semana del día 1 de enero del año considerado haciéndose valer de ciertas propiedades del calendario gregoriano:

- Cada 400 años el desplazamiento del calendario es nulo.
- Cada 100 años el desplazamiento es 5.
- Cada 4 años el desplazamiento es 1.

Existen diversas maneras de calcular los días de la semana de cualquier fecha, pero esta es la que permite una programación más sencilla y compacta.

Módulo “VectorDiaSemana”: A partir del primer día del año obtiene un vector de longitud ndias cuyos términos son los días de la semana que les corresponde.

Módulo “VectorMesYDiaMes”: Genera dos vectores, ambos de longitud ndias, guardando en el primero el número de mes de cada día, y en el segundo el día de mes de cada día del año.

Módulo “AsignacionPeriodos”: Aprovechando las salidas de los módulos anteriores asigna a cada día del año el tipo de día que le corresponde atendiendo a la circular 3/2014. Primero genera vectores A, B, C y D conteniendo los periodos de cada hora para su tipo de día. Después se genera día a día la matriz con los vectores correspondientes a cada uno de ellos, atendiendo primero si son sábados o domingos (tipo D) y luego comprobando el mes para asignar el resto de tipos. El resultado es una matriz en la que cada fila es un día del año y cada columna una hora del día, conteniendo en cada punto el periodo tarifario correspondiente.

7.3.2. Lectura de datos

7.3.2.1. Lectura de consumos

Se ha optado por realizar la lectura de datos mediante archivos de texto (.txt) que contienen los consumos de cada hora del año en kWh. Estos archivos pueden proceder de una fuente externa, o pueden generarse a partir de un programa adicional que se explicará más adelante.

Dado que estos datos de consumo no suelen encontrarse directamente en archivos de texto, es interesante explicar una manera sencilla de convertirlo desde su formato de origen más común, las hojas de cálculo tipo Excel. El propio Excel permite guardar en formato .txt, sin embargo Scilab lee las separaciones entre columnas como espacios, mientras que Excel genera tabulaciones. Por tanto es necesario editar el archivo de texto generado con un editor de textos tipo Word en el que se reemplacen todas las tabulaciones con espacios.

Trabajar con periodos horarios en lugar de cuarto-horarios permite emplear directamente el valor numérico de la energía consumida como potencia media, dado que:

$$1kW = \frac{1kWh}{1h}$$

La incorporación de los datos del archivo al programa se realiza mediante el módulo “LeerConsumosArchivo”, que toma el .txt y lo convierte en una matriz que pueda usar Scilab. Hay que prestar especial atención en la programación de la lectura del archivo, dado que Scilab lee por columnas de izquierda a derecha, en lugar de por filas de arriba abajo.

7.3.2.2. Lectura de peajes

Dado que los peajes se actualizan regularmente con la normativa, el valor de los peajes para las tarifas 6.x se guardan en un archivo de texto para su fácil modificación cuando se produzcan cambios. El programa lee este archivo de forma similar al anterior mediante el módulo “LeerPeajesArchivo” y almacena los peajes en otra matriz.

7.3.3. Optimización

Para averiguar las potencias de contratación óptimas se opta por calcular el precio de todas las potencias posibles, entre cero y la máxima consumida, para cada periodo tarifario. Después se obtienen las potencias para cada periodo que tienen coste mínimo. Debido a la restricción de contratación, en la mayoría de los casos no pueden tomarse directamente las potencias de mínimo coste, sino que deben incluirse en grupos de igual potencia contratada.

La generación de un nuevo grupo se produce cuando la potencia óptima de un periodo inferior es menor a la óptima del periodo siguiente. Por ejemplo, en el caso de que las potencias óptimas sean 100, 200, 100, 100, 100 y 200 se crearán tres grupos, el primero con P1, el segundo con P2, P3, P4 y P5 y el tercero con P6.

Una vez determinados los grupos se obtiene para cada uno de ellos la suma de los precios de los periodos que lo componen. Entonces se busca el coste mínimo del grupo, siendo su potencia correspondiente la óptima del grupo. Por tanto la potencia óptima de cada periodo será la óptima de su grupo, cumpliendo las restricciones impuestas por la norma. Siguiendo con el ejemplo anterior, las potencias óptimas de grupo podrían ser 100, 175 y 200, por lo que las potencias óptimas de cada periodo serían 100, 175, 175, 175, 175 y 200, cumpliendo con la restricción.

Para realizar estas operaciones en el programa primero se genera el vector de potencias posibles desde cero hasta la potencia máxima de 1kW en 1kW para mantener tiempos de cálculo relativamente bajos.

A partir de este vector, los consumos, tarifas y periodos asignados se lanza el módulo "MatrizPrecio", que obtiene la matriz de precios con los periodos como filas y las potencias posibles como columnas.

En este módulo primero se asignan valores a los parámetros K para después empezar con la elaboración de la matriz. Para cada periodo se calcula el precio de cada valor de potencia con el módulo "PrecioPeriodo" y se coloca en su posición correspondiente de la matriz de precios. Cuando se completa la matriz se muestra por pantalla una gráfica con los precios en función de la potencia para todos los periodos, dando una idea general de cómo van a resultar las potencias óptimas.

En el módulo "PrecioPeriodo" se calcula el precio para cada valor de potencia como la suma de la parte fija y la parte por exceso. Como se ha visto anteriormente la parte fija es simplemente el peaje por la potencia contratada, mientras que la parte por exceso es un poco más compleja.

Para obtenerla, por cada día del año el módulo barre todas las horas del día buscando consumos que superen a la potencia considerada y añadiéndolos a la suma de cuadrados cuando proceda. Es preciso hacer notar que, dado que las incidencias se definen como cuarto-horarias en la normativa, cada incidencia horaria se multiplica por 4. Por último se realiza la raíz cuadrada de la suma de cuadrados y se multiplica por el factor K y el precio por incidencia (1,4064€).

Una vez calculada la matriz de precios se carga el módulo "PotenciasOptimas" que obtiene las potencias óptimas para los seis periodos.

Primero obtiene el mínimo de la matriz de precios para cada periodo y guarda la potencia correspondiente. Después pasa a la generación de grupos, creando uno si la potencia de mínimo coste siguiente es mayor que la anterior, teniendo en cuenta obviamente que deberá haber un grupo como mínimo.

Una vez determinado el número de grupos y sus miembros se calcula la suma de los precios de los integrantes de cada grupo. A partir de esta suma se procede como en el primer paso y se obtiene el precio mínimo y su potencia correspondiente. Por último se asigna la potencia óptima de grupo a sus miembros. Este proceso se repite sustituyendo el mínimo con la potencia óptima calculada para evitar errores.

Por último, para obtener el ahorro que se conseguiría aplicando esta herramienta, se crea el módulo “Coste”, cuya función es extraer los precios de los seis periodos de la matriz a partir de una potencia dada.

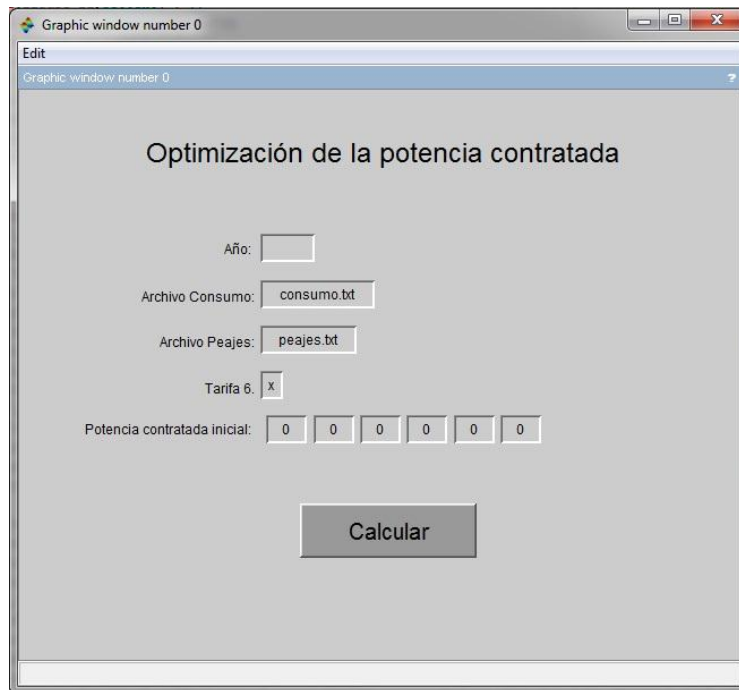
7.3.4. Programa principal e interfaz gráfica

Una vez definidos los módulos pequeños que realizan la mayoría de los cálculos han de integrarse en un programa maestro que contenga además la interfaz gráfica para comunicarse con el usuario.

Dado que estas interfaces requieren gran conocimiento del programa Scilab se ha elegido trabajar con GUI Builder, un programa desarrollado con el propio Scilab para la creación de interfaces mediante un entorno gráfico con multitud de opciones.

La interfaz del módulo “GUIMaestro” consta de:

- Campo para introducir el año de trabajo.
- Campo para determinar el archivo de entrada del consumo.
- Campo para el archivo de peajes.
- Campo para el tipo de tarifa dependiendo del nivel de tensión.
- Campo para las potencias contratadas previamente.
- Botón de comienzo del cálculo.



El botón de empezar llama a la función “Maestro” que pone en marcha al programa. Primero se cargan todos los módulos comentados anteriormente para tener acceso a sus funciones y después se leen los valores de los campos de la interfaz gráfica para su uso posterior.

Luego se procede al cálculo de las potencias óptimas siguiendo el orden lógico de los módulos ya definidos:

1. Cálculo del booleano que determina si el año obtenido por la interfaz es bisiesto y el número de días del año.
2. Cálculo del primer día de la semana del año.
3. Cálculo de los vectores que determinan los días de la semana, días del mes y mes de todos los días del año.
4. Generación de la matriz de consumos a partir de la lectura del archivo determinado por la interfaz.
5. Generación de la matriz de periodos tarifarios de todas las horas del año.
6. Obtención de la matriz de peajes para los cinco tipos de tarifa y los seis periodos a partir del archivo indicado por la interfaz.
7. Selección de los peajes correspondientes en función de la tarifa 6.x definida por la interfaz.
8. Generación del vector de potencias posibles.
9. Generación de la matriz de precios a partir del vector anterior, los peajes y los consumos.
10. Cálculo de las potencias óptimas y su muestra por pantalla.
11. Determinación del ahorro mediante la expresión: $A = \frac{C_i - C_o}{C_i}$ Siendo A el ahorro en tanto por uno, C_i el coste con la potencia inicial y C_o el coste óptimo. Muestra por pantalla del resultado.

7.3.5. Programa auxiliar de generación de consumo

Dado que no siempre se dispone de datos reales o suficientemente minuciosos, es necesaria la creación de un programa que permita generar los archivos de texto de consumo a partir de días tipo.

Hay gran diversidad de soluciones posibles que permiten llegar a un mayor o menor nivel de detalle, como aplicar el consumo de un día a todo el año, o definir un número indeterminado de días tipo que se aplicarían en periodos personalizados por el usuario.

Al final se ha decidido crear un programa sencillo, que no sea capaz de definir completamente situaciones reales, pero que tenga la suficiente resolución como para probar el correcto funcionamiento de la herramienta y crear ejemplos tipo que den una idea sobre diferentes tipos de consumidores.

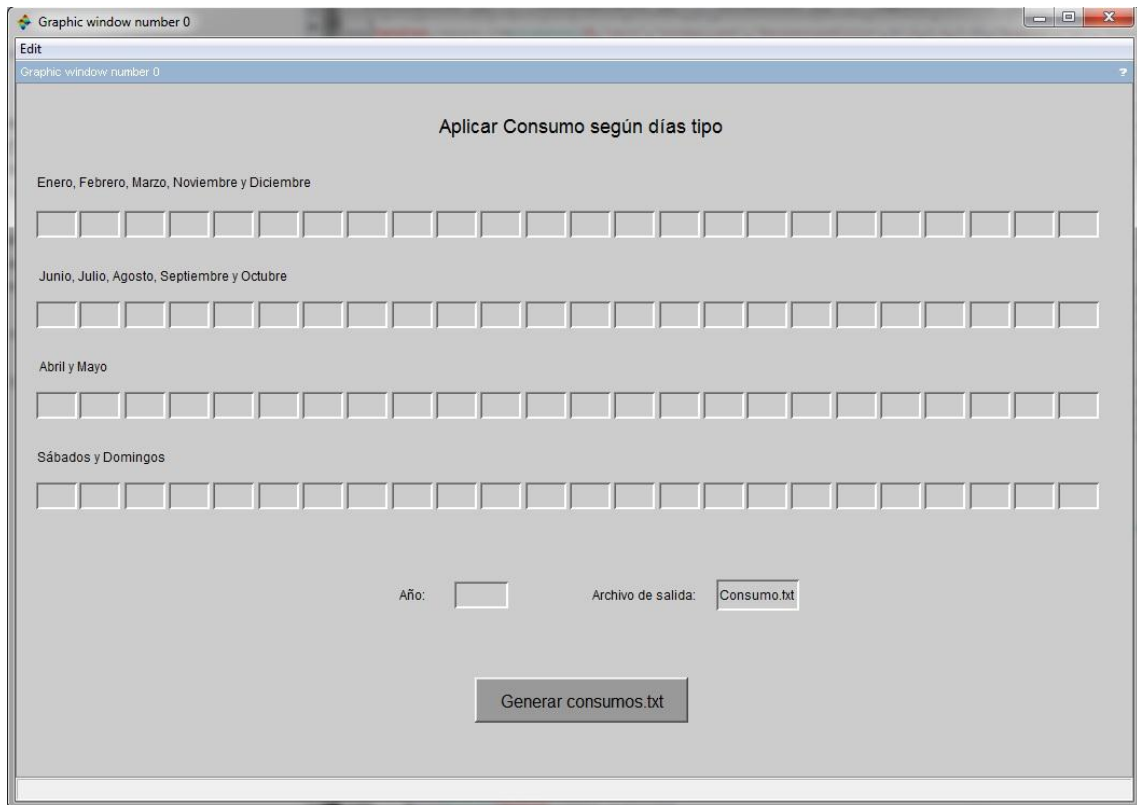
Concretamente, el programa auxiliar lee el consumo para cada tipo de día: A, B, C, D y lo aplica a las fechas correspondientes.

Su módulo principal, "GUICrearConsumo" toma los datos de la interfaz y los guarda en vectores para luego lanzar el módulo secundario "CrearConsumo", que es el que asigna los consumos a los días correspondientes. Finalmente se exporta la matriz de consumo a un archivo de texto y se da un aviso por pantalla de que el proceso se ha completado.

El funcionamiento del módulo secundario es muy similar al de asignación de periodos del programa principal, dado que el proceso es el mismo: día a día asigna el vector de consumo correspondiente, según sea sábado o domingo, o comprobando el mes en el resto de los casos.

Al igual que en el programa principal, la interfaz gráfica se ha desarrollado con GUI Builder, y consta de:

- Campos para el consumo de las 24 horas de los días A, B, C y D (en kWh).
- Campo para el año de trabajo.
- Campo para el nombre del archivo de salida.
- Botón para comenzar el cálculo.



8. Instrucciones de uso

Ahora que el programa y su funcionamiento están completamente definidos es necesario dar una serie de indicaciones para su correcto uso, dado que existen pasos y problemas que no son obvios para los nuevos usuarios.

- Todos los archivos que pertenecen o interactúan con el programa deben estar en la misma carpeta, sin importar el nombre de esta.
- Para poder utilizar el programa es necesario tener instalado Scilab, y para evitar cualquier tipo de problemas de compatibilidades se recomienda instalar la última versión.
- Para ejecutar el programa hay que seleccionar como carpeta de trabajo la que contiene los archivos. Después se inicia el programa principal haciendo click derecho sobre "GUIMaestro.sce", o sobre "GUICrearConsumo.sce" si se quiere utilizar el programa secundario.
- Antes de ejecutar cualquiera de los programas es recomendable borrar el registro de variables de Scilab con el comando "clear", cerrar ventanas abiertas con "close" y eliminar texto anterior de la pantalla con "clc".
- Para la introducción de datos en las interfaces gráficas Scilab no detecta el cambio del valor de variables hasta que se selecciona otro campo de introducción de datos, por lo que una vez introducido el último dato hay que seleccionar cualquier otra casilla para que se detecte y funcione el programa correctamente.

9. Ejemplos de cálculo

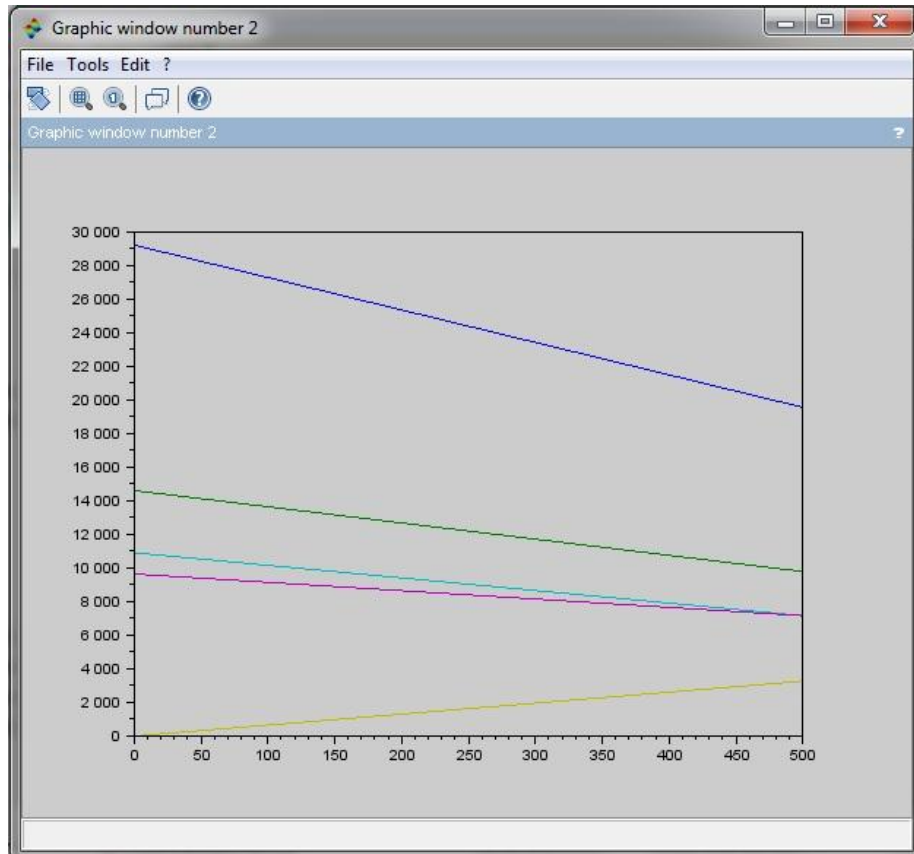
Para comprobar la veracidad y la eficacia del programa se procede a calcular una serie de ejemplos con consumos de distintas características. A pesar de que estos ejemplos no proceden de situaciones reales se pueden asemejar a estas, dando información general sobre cómo debería ser la contratación de potencia para distintas distribuciones de consumo.

Hay que recordar que los precios de la Orden IET/107/2014 no están acordes a la asignación de periodos de la circular 3/2014, por lo que habrá que ser muy crítico con los resultados, especialmente los relacionados con el primer periodo tarifario.

9.1. Ejemplo 1

Consumo constante (500kW) en horario laboral durante 8 horas y nulo en el resto de horas y festivos. Año 2015, tarifa 6.1, potencia inicial 500kW en todos los periodos.

Dado que se trata de un consumo muy estable es probable que el pago por excesos sea mayor que el ahorro en coste fijo. Pasando los datos al programa se obtiene:



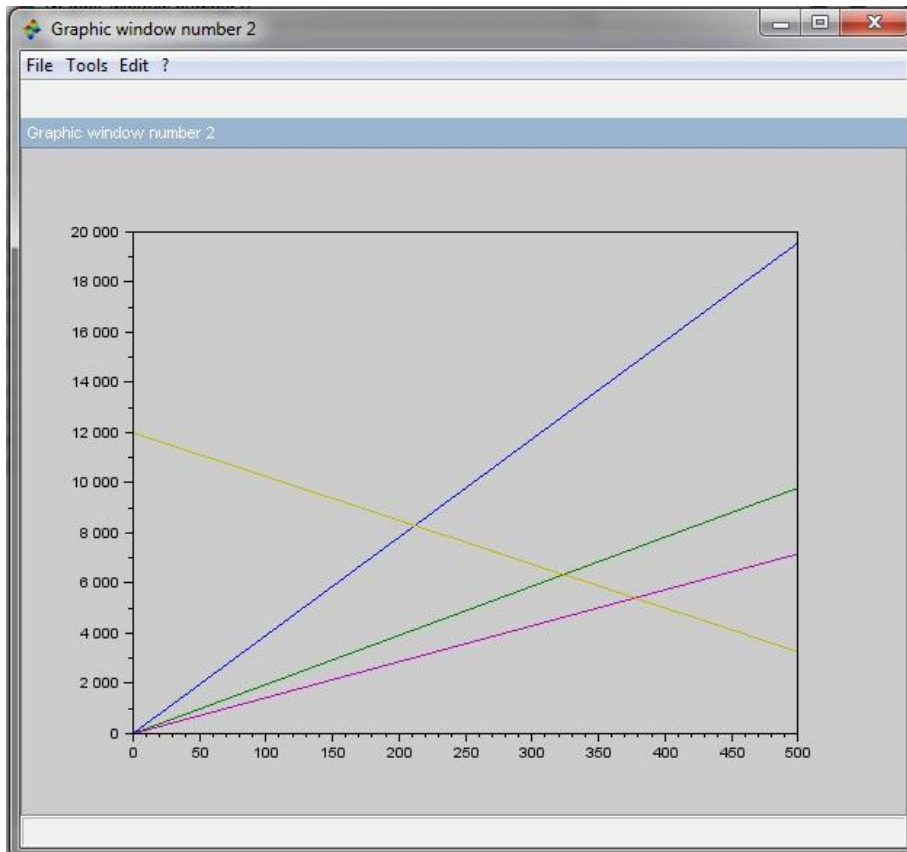
Efectivamente, se aprecia en la gráfica de precios que el pago por excesos crece muy rápido al bajar de 500kW y no merece la pena bajar la potencia contratada. El efecto del primer periodo está exagerado pero su corrección no cambiaría la situación final.

Las potencias óptimas resultantes son las mismas que las iniciales, por lo que el ahorro que se produce es 0.

9.2. Ejemplo 2

Consumo constante (500kW) los fines de semana y nulo en el resto de días. Año 2016, tarifa 6.1, potencia inicial 500kW en periodo 6 y 0kW en el resto.

Este se trata de otro ejemplo sencillo, pero que ilustra la capacidad del programa para detectar la existencia de grupos distintos.

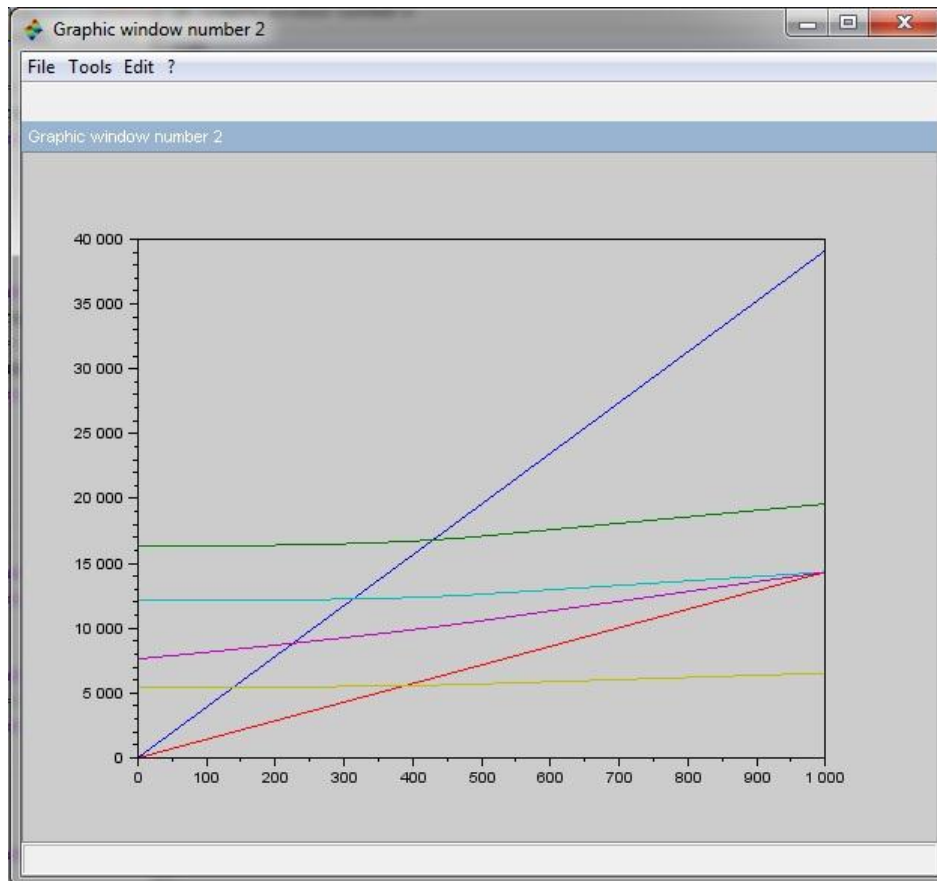


Se puede apreciar que como se esperaba el precio mínimo para el periodo 6 se da en 500kW y el resto en 0.

9.3. Ejemplo 3

Consumo puntual (1000 y 500kW) de 8 a 10 de la mañana en todos los días del año y en el resto cero. Año 2015, tarifa 6.1, potencia inicial 1000kW en todos los periodos excepto en el 1 que tiene 0kW.

En este caso se da la situación más favorable para que el programa detecte potencias cuyo coste sea inferior al contratado inicialmente.

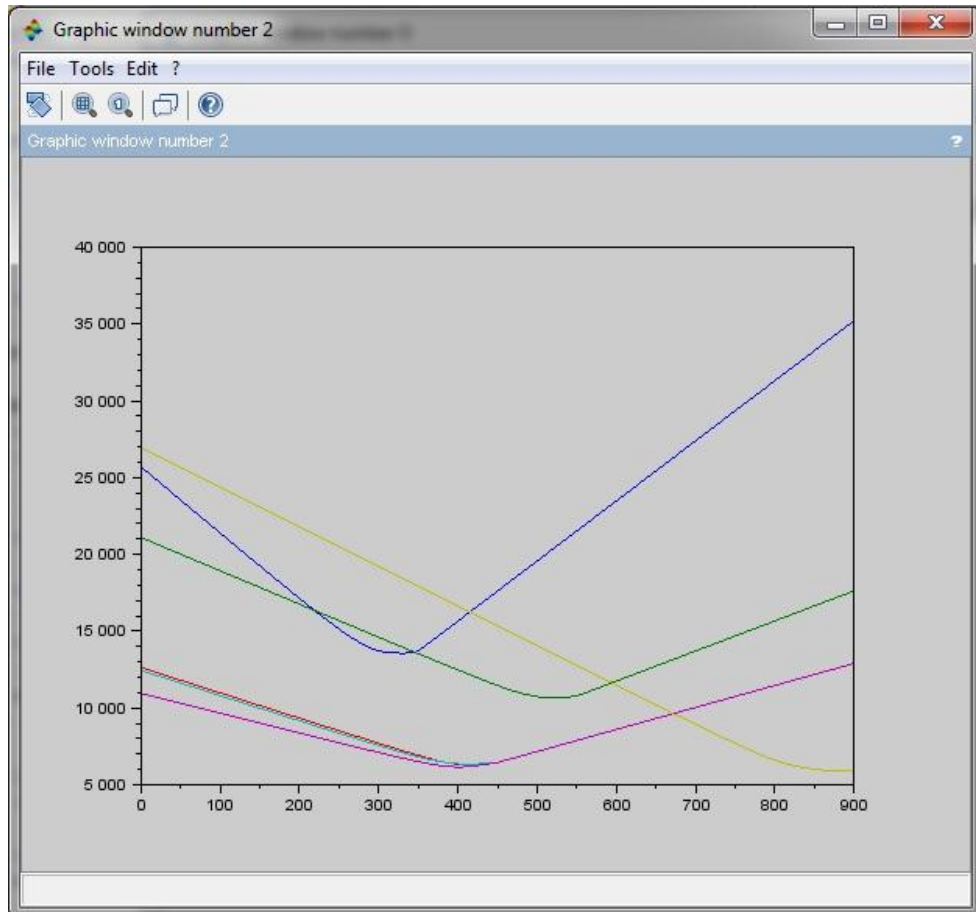


Dado que el consumo se da en un periodo de tiempo muy pequeño se ve que el coste fijo es mayor que el coste por excesos para altas potencias, y concretamente las potencias óptimas son: 0, 8, 8, 124, 124 y 124kW, suponiendo un ahorro del 38,69% respecto a la situación inicial.

9.4. Ejemplo 4

Consumo variable a lo largo del día con condiciones de $P_6 > P_5$, $P_5 \approx P_4 \approx P_3$, $P_3 < P_2$ y $P_1 < P_2$. Año 2015, tarifa 6.1, potencia inicial 350, 550, 550, 550, 550 y 900kW respectivamente.

Este ejemplo se ha diseñado para que se creen tres grupos distintos de potencias y sirve principalmente para comprobar si el programa puede manejarlos bien.



Como se puede apreciar, las potencias de coste mínimo se sitúan donde se habían propuesto, y como se esperaba se han formado tres grupos de potencias óptimas: 330, 519, 519, 519 y 889kW, con un ahorro respecto a la estimación inicial del 2,97%.

10. Conclusiones

El planteamiento y resolución de estos 4 ejemplos dan una idea de la utilidad y el campo de aplicación de esta herramienta.

1. Para consumos estables los costes por exceso al reducir la potencia contratada se vuelven muy grandes, haciendo la aplicación de este programa innecesaria en estos casos.
2. En situaciones en las que el consumo es estable, pero oscila ligeramente de manera aleatoria, el ahorro que se consigue aplicando la herramienta es muy pequeño. Por lo tanto, es preferible contratar una potencia cercana al máximo valor que se detecta para evitar incurrir en excesos, que suelen resultar más caros que la potencia contratada adicional.
3. Para situaciones de consumo esporádico y predecible el uso del programa permite obtener diferencias muy grandes entre potencias contratadas, además de un ahorro sustancial.

Por tanto, a pesar de que el programa pueda utilizarse en todas las ocasiones para todo tipo de consumos, es innecesaria para consumos estables, pero muy útil para consumos con carácter estacional y puntual en los que se puede conseguir un ahorro importante en el término de potencia de la factura, que es el principal objetivo de este trabajo.

11. Bibliografía

- [1] Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado núm. 268, de 8 de noviembre de 2001, páginas 40618 a 40629. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850
- [2] Orden ITC/2794/2007, de 27 septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007. Boletín Oficial del Estado núm. 234, de 29 de septiembre de 2007, páginas 39690 a 39698. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-17078>
- [3] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Circular 3/2014, de 2 de julio, por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad. Boletín Oficial del Estado núm. 175, de 19 de julio de 2014, páginas 57158 a 57184. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-7658
- [4] *Cambios en los peajes de acceso a las redes de electricidad*. NZNOVA, energía y sostenibilidad. Disponible en: <http://nznova.com/cambios-en-los-peajes-de-acceso-las-redes-de-electricidad/>
- [5] *Scilab*. Disponible en <http://www.scilab.org/>
- [6] *Scilab manual*. Disponible en http://help.scilab.org/docs/5.3.0/en_US/index.html
- [7] Carlos Angosto. *¿Cómo calcular qué día de la semana era tal fecha?* [en línea]. Disponible en : <http://www.zurditorium.com/como-calcular-que-dia-de-la-semana-era-tal-fecha>