

## Entrega 2

### OBJETIVOS

Esta entrega tiene por objetivo que el alumno sea capaz de:

- Evaluar y reutilizar software de terceros, probando su validez y conveniencia para el caso.
- Diseñar una solución flexible que permita escalar el sistema sin requerir nuevos cambios de diseño.

### ENUNCIADO ESPECÍFICO

#### La mejor combinación de dispositivos

Para poder ayudar al usuario residencial, y además para poder tomar decisiones en futuras iteraciones, queremos conocer cuál es la mejor combinación de distribución de horas de consumo entre todos los dispositivos que un cliente posee, y cuál es ese punto de horas óptimo.

Para esto, un licenciado en Investigación Operativa nos ayudó y nos comentó que existe un método que puede resolver lo que nosotros queremos: el **método SIMPLEX** basado en Programación Lineal.

Este licenciado nos dijo que era un método muy sencillo, y que para que el mismo pueda funcionar y arrojar un resultado (para nuestro problema) se necesitan los siguientes parámetros:

1. Una variable por cada dispositivo que el usuario tenga registrado que, luego de ejecutado el algoritmo, representará la cantidad de horas que podrá ser usado cada uno de éstos.
2. Una función económica: es una función polinómica del tipo:  
 $Z = x_1 + x_2 + \dots + x_n$  donde:
  - a. **Z** será el valor óptimo en horas que el usuario estará consumiendo
  - b. Las  $x_n$  serán las variables que representan a cada uno de los dispositivos (nombradas en el punto 1)
3. Un enfoque para la función económica: en nuestro caso, el enfoque será de maximización.
4. Las restricciones del problema: son inecuaciones (o ecuaciones) que nos van a ayudar a determinar nuestra solución. Son del tipo:  $2x_1 \leq 100$  donde, por ejemplo, esta restricción podría significar que "la cantidad de horas que debe usarse el dispositivo 1 tiene que ser menor igual a 100". Para formar cada una de las restricciones hay que tener en cuenta la siguiente tabla:

<i>Dispositivo</i>	<i>Uso mensual mínimo en horas</i>	<i>Uso mensual máximo en horas</i>
Aire Acondicionado	90	360
Lámpara	90	360
Televisor (LED/LCD/Tubo)	90	360
Lavarropas	6	30
Computadora	60	360
Microondas	3	15
Plancha	3	30
Ventilador	120	360

El objetivo del presente análisis, como se mencionó anteriormente, es hallar una combinación óptima de las horas de uso de los electrodomésticos en los hogares, que favorezca la mitigación parcial de los cortes de suministro eléctrico durante el verano en la Ciudad.

### Ejemplo

Supongamos que Ariel es un cliente residencial usuario de nuestro sistema.

Ariel tiene una familia “tipo”: vive con su esposa y sus dos hijos (ambos menores de edad).

Este usuario ha registrado en nuestro sistema el siguiente equipamiento de electrodomésticos (o simplemente dispositivos):

1. 1 TV LED 40"
2. 1 lámpara de 11 W
3. 1 lavarropas Semi-automático de 5 kg
4. 1 PC de escritorio
5. 1 aire Acondicionado de 2200 frigorías
6. 1 microondas convencional
7. 1 plancha a vapor
8. 1 ventilador de techo
9. 1 termotanque Eléctrico
10. 1 horno Eléctrico.

Todos los equipos son de bajo consumo.

El enfoque que elige nuestro sistema para determinar el cálculo de la mejor combinación es de dispositivos es de maximización, ya que se busca maximizar el consumo eléctrico durante el verano de un hogar estándar de la Ciudad de Buenos Aires, medido en horas, de manera tal que no supere el límite de consumo eléctrico mensual máximo recomendado, que es de 612 kWh. El hogar que logre consumir valores iguales o menores al nombrado (612 kWh) será considerado un hogar eficiente.

El **modelo de hogar eficiente** quedará:

Variables: todas ellas son enteras no negativas.

**X<sub>1</sub>:** horas de consumo de un Aire Acondicionado en un hogar durante un mes.

**X<sub>2</sub>:** horas de consumo de una Lámpara en un hogar durante un mes.

**X<sub>3</sub>:** horas de consumo de un Televisor en un hogar durante un mes.

**X<sub>4</sub>:** horas de consumo de una Computadora en un hogar durante un mes.

**X<sub>5</sub>:** horas de consumo de un Lavarropas en un hogar durante un mes.

**X<sub>6</sub>:** horas de consumo de un Microondas en un hogar durante un mes.

**X<sub>7</sub>:** horas de consumo de Plancha en un hogar durante un mes.

**X<sub>8</sub>:** horas de consumo de un Ventilador en un hogar durante un mes.

NOTA: En este caso, se han eliminado las variables correspondientes a Termotanque Eléctrico y Horno Eléctrico, ya que ambos equipos son conceptualmente suplantados por su equivalente a gas, de manera alternativa al consumo eléctrico. La heladera no se considera como variable porque la misma no puede ser desconectada durante las 24 horas.

Función Económica y objetivo:

$$\text{MAX } Z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8$$

Restricciones del problema: se ha considerado un mes compuesto por 30 días de 24 horas, esto es, por 720 horas.

a) Restricción de consumo mensual máximo para un hogar:

**R<sub>1</sub>:** Consumo mensual máximo de electricidad en kWh:

$$1,013 X_1 + 0,011 X_2 + 0,08 X_3 + 0,4 X_4 + 0,1275 X_5 + 0,64 X_6 + 0,75 X_7 + 0,06 X_8 \leq 612$$

NOTA: cada coeficiente que acompaña a las variables de esta restricción representa el consumo en kWh de dispositivos de bajo consumo (ver tabla de la sección "Tabla de Dispositivos").

b) Restricciones de uso mensual para cada electrodoméstico:

<b>R2:</b> Uso mensual mínimo en horas del Aire Acondicionado:	$X_1 \geq 90$
<b>R3:</b> Uso mensual máximo en horas del Aire Acondicionado:	$X_1 \leq 360$
<b>R4:</b> Uso mensual mínimo en horas de la Lámpara:	$X_2 \geq 90$
<b>R5:</b> Uso mensual máximo en horas de la Lámpara:	$X_2 \leq 360$
<b>R6:</b> Uso mensual mínimo en horas del Televisor:	$X_3 \geq 90$
<b>R7:</b> Uso mensual máximo en horas del Televisor:	$X_3 \leq 360$
<b>R8:</b> Uso mensual mínimo en horas de la Computadora:	$X_4 \geq 60$
<b>R9:</b> Uso mensual máximo en horas de la Computadora:	$X_4 \leq 360$
<b>R10:</b> Uso mensual mínimo en horas del Lavarropas:	$X_5 \geq 6$
<b>R11:</b> Uso mensual máximo en horas del Lavarropas:	$X_5 \leq 30$
<b>R12:</b> Uso mensual mínimo en horas del Microondas:	$X_6 \geq 3$
<b>R13:</b> Uso mensual máximo en horas del Microondas:	$X_6 \leq 15$
<b>R14:</b> Uso mensual mínimo en horas de la Plancha:	$X_7 \geq 3$
<b>R15:</b> Uso mensual máximo en horas de la Plancha:	$X_7 \leq 30$
<b>R16:</b> Uso mensual mínimo en horas del Ventilador:	$X_8 \geq 120$
<b>R17:</b> Uso mensual máximo en horas del Ventilador:	$X_8 \leq 360$

d) Restricción de No Negatividad de las variables reales:

$$X_i \geq 0 \quad \text{con } i = 1, \dots, 8$$

Ariel debe poder consultar a nuestro sistema cuál es la recomendación que éste le brinda para poder lograr tener un hogar eficiente y ayudar a reducir el gasto de energía; comparando, para esto, los valores óptimos obtenidos con los consumos registrados por el Sistema.

**En síntesis:** basado en este ejemplo, el usuario residencial deberá poder preguntar en cualquier momento acerca de cuál es la recomendación que nuestro sistema le da para lograr tener un hogar eficiente, acción que deberá disparar el cálculo presentado.

Como resultado obtendremos valores para cada una de las variables (horas máximas de consumo por dispositivo), y un resultado de la función económica (un valor escalar que representa las horas totales consumidas en un mes por todos los dispositivos). Estos son los valores que le servirán a nuestros usuarios para tomar sus propias decisiones. Es decir, *la recomendación consiste en obtener las horas máximas por dispositivo que el algoritmo obtiene como valores óptimos.*

No será problema nuestro el desarrollo del método simplex, pero sí su utilización (ver sección Entregables-Implementación).

## Pero no todo es tan fácil

Deberá existir un proceso que ejecute el algoritmo Simplex automáticamente cada cierto intervalo de tiempo. Cada usuario registrado deberá permitir (o no) que el sistema, según la sugerencia que el Simplex arroje luego de cada corrida automática, "**acción por sí solo**" para mejorar la eficiencia total del hogar. Por ejemplo:

Supongamos que un usuario tiene 1 TV (inteligente) y 1 Aire acondicionado (inteligente), cada cual con su respectivo coeficiente (consumo en kWh promedio). El usuario tiene activada la opción de "ahorro automático" (o acción automática).

La TV y el aire tienen un máximo consumo por mes de 360 horas.

Día N del mes, hora hh:mm:ss. El proceso del algoritmo Simplex corre tomando solo esos dos dispositivos como variables. El mismo arroja como resultado, por ejemplo, que la TV se puede usar un máximo de 48 horas, y el aire 24 horas. Si el sistema detecta que un dispositivo consumió o se usó más de lo que arrojó el resultado del algoritmo para él en lo que va del mes, entonces enviará la orden de "apagar" (podría ser acción configurable).

## Tabla de dispositivos

La tabla que se presenta a continuación contiene los valores que el sistema deberá tener precargados para funcionar.

El cliente residencial podrá agregar una instancia de cualquiera de éstos a su lista de dispositivos, no pudiendo crear uno nuevo por él mismo.

<i>Dispositivo</i>	<i>Equipo concreto</i>	<i>¿Es inteligente?</i>	<i>¿Es equipo de bajo consumo?</i>	<i>Consumo (kWh)</i>
Aire acondicionado	De 3500 frigorías	Sí	No	1.613
	De 2200 frigorías	Sí	Sí	1.013
Televisor	Color de tubo fluorescente de 21"	No	No	0.075
	Color de tubo fluorescente de 29" a 34"	No	No	0.175
	LCD de 40"	No	No	0.18

	LED 24"	Sí	Sí	0.04
	LED 32"	Sí	Sí	0.055
	LED 40"	Sí	Sí	0.08
Heladera	Con freezer	Sí	Sí	0.09
	Sin freezer	Sí	Sí	0.075
Lavarropas	Automático de 5 kg con calentamiento de agua	No	No	0.875
	Automático de 5 kg	Sí	Sí	0.175
	Semi-automático de 5 kg	No	Sí	0.1275
Ventilador	De pie	No	Sí	0.09
	De techo	Sí	Sí	0.06
Lámpara	Halógenas de 40 W	Sí	No	0.04
	Halógenas de 60 W	Sí	No	0.06
	Halógenas de 100 W	Sí	No	0.015
	De 11 W	Sí	Sí	0.011
	De 15 W	Sí	Sí	0.015
	De 20 W	Sí	Sí	0.02
PC	De escritorio	Sí	Sí	0,4
Microondas	Convencional	No	Sí	0,64

Plancha	A vapor	No	Sí	0,75
---------	---------	----	----	------

## Transformadores y Geoposicionamiento

Los transformadores son los equipos que se encargan de suministrar la energía a través del tendido eléctrico.

Un transformador va a estar situado en una determinada zona geográfica, y deberá poder responder cuánta energía está suministrando en un momento dado.

Cada cliente estará conectado al transformador más cercano dependiendo la posición donde se encuentre su hogar.

Una zona geográfica encerrará uno o más transformadores. Cada una de estas zonas cubrirá un radio de R metros a la redonda. También se desea conocer el consumo total por zona geográfica en un momento determinado.

El ENRE nos enviará mensualmente un listado con los transformadores activos, detallando a qué zona pertenece cada uno de éstos.

## **ENTREGABLES**

- **Diagrama de clases:** debe contener todo lo especificado y detallado para esta entrega junto con todos los requerimientos de la anterior entrega (de forma incremental). Tiene que existir total correspondencia con el código fuente.
- **Diagramas complementarios:** si el equipo lo cree necesario, pueden realizarse diagramas complementarios para comunicar el diseño. Éstos pueden ser cualquiera de los especificados por UML.

### **Implementación**

- **Modelado de la mejor combinación de dispositivos:**  
Para esta sección se dispondrá de un código fuente que ya resuelve los cálculos necesarios por el método simplex. Este código fuente se encuentra desarrollado en lenguaje Java y se puede encontrar en el siguiente [link](#). Junto con la especificación dada, y estudiando cuidadosamente el código presentado con sus respectivos tests, se deberá utilizar el mismo para resolver esta parte de la entrega. Tenga en cuenta que el código podría necesitar una eventual adaptación y que será trabajo del equipo poder resolver estas cuestiones. Si el equipo se encuentra trabajando en otra tecnología diferente a la que presenta el código fuente dado, puede optar por buscar otra solución: se puede desarrollar el algoritmo solicitando las correspondientes especificaciones a los docentes del curso; buscar otro código fuente que esté implementado en el lenguaje usado; o guiarse del código fuente brindado y llevarlo tal cual se lo presenta al lenguaje deseado.  
También se puede investigar los siguientes enlaces:
  1. <https://github.com/optimatika/ojAlgo/wiki/The-Diet-Problem> Es un ejemplo claro de una biblioteca relativamente simple.
  2. <http://www.joptimizer.com/linearProgramming.html> Biblioteca grande donde el Simplex es solo una pequeña parte de lo que ofrece.
  3. [https://github.com/kennyledet/Algorithm-Implementations/blob/master/Simplex Method/Java/mike168m/Simplex test.java](https://github.com/kennyledet/Algorithm-Implementations/blob/master/Simplex%20Method/Java/mike168m/Simplex_test.java) Simplex implementado a mano.
  4. <http://www.ssclab.org/en/esempi.html> Biblioteca completa, con DSL incorporado.

**NOTA:** Es importante tener en cuenta que el Simplex debe quedar poco acoplado al sistema.



- **Modelado de transformadores y geoposicionamiento:** debe ser implementado con los requerimientos especificados en dicha sección y teniendo en cuenta que éstos, por el momento, deben ser importados desde un archivo en formato JSON.

## **RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPECÍFICOS**

- Exponer una solución que resuelva el algoritmo de simplex para optimización de resultados.
- Implementar la solución propuesta de forma eficiente y aceptable para el usuario del sistema.
- Interpretar la problemática de optimización de recursos.
- Implementar mediante código la solución propuesta según las tecnologías elegidas por el grupo de trabajo.
- Comunicar el diseño con un diagrama de clases que cumpla con todos los requerimientos solicitados.
- Crear una solución viable al geoposicionamiento de los transformadores.
- Colaborar en forma activa con el grupo en el desarrollo de una solución posible, determinando roles de cada uno de los integrantes del grupo.
- Debatir en forma grupal decisiones de diseño y documentarlas.