



UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Métodos de Optimización Informe Laboratorio

Descripción del problema y Modelamiento del problema

Profesor: - Cristián Sepúlveda

Integrantes: - Jesús Henríquez
- Dany Rubiano

Santiago de Chile
3 de Diciembre del 2017

Introducción

Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías se encuentran: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. [1].

Por parte de la energía solar, esta se entiende como aquella energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

En Chile el uso de la energía solar ha aumentado considerablemente, es así como en el 2014 representaba el 1% de la generación eléctrica total del país mientras que hoy ronda el 7%. Esto se debe a múltiples causales, destacando entre ellas que el precio de la energía solar ha caído tanto que está superando a las fuentes convencionales. Un ejemplo: desde 2009, los paneles solares han disminuido su costo en 90%. [2].

Si bien muchos expertos internacionales, han elogiado el gran potencial y avance de esta materia en nuestro país, aún queda mucho por hacer [3]. Como por ejemplo, generar energía propia en los hogares a través de paneles solares, una opción que el Gobierno estableció en 2014 con la Ley N° 20.571.

La ley para la generación distribuida (Ley N° 20.571) o ley de generación ciudadana otorga a los clientes regulados de las empresas distribuidoras de energía eléctrica el derecho a generar su propia energía eléctrica, mediante medios renovables no convencionales o de cogeneración eficiente, autoconsumirla y vender sus excedentes de energía.

Se pretende entonces aceptar el desafío de la generación de energía propia en los hogares chilenos, estableciendo un estudio de optimización de los costos de los kits de instalación de paneles solares, cumpliendo con los requerimientos de energía de los hogares.

Descripción del problema

Definición del problema

El problema, se establece en el contexto de una empresa que desea minimizar los costos asociados a la producción de kits de instalación para un hogar, para maximizar las ganancias, teniendo en cuenta que los elementos necesarios dependen de cada kit de instalación. Estos se nombran a continuación:

1. Kit básico 200 W, precio \$450.000. El precio de producción debe ser menor o igual que \$280.500. Este kit fotovoltaico incluye:
 - 2 Paneles de 100W Monocristalinos
 - 1 Inversor On-Grid de 300W 12V
 - 3 Conectores MC4
 - 20 mts Cable solar negro/rojo de 6 mm
 - 2 Conector de ojo para batería
 - Sin red

2. Kit medio 300 W, precio \$700.000. El precio de producción debe ser menor o igual que \$428.00. Este kit fotovoltaico incluye:
 - 3 Paneles de 100 W Monocristalinos
 - 1 Inversor de corriente Victron 375 VA
 - 1 Regulador de carga solar 20A 12/24V PWM con USB
 - 1 Bateria GEL 100Ah 12V Aokly
 - 4 Conector MC4.
 - 20 mts de Cable solar negro y rojo de 4mm
 - 2 Conectores de ojo para batería.
 - 1 conector a red

3. Kit avanzado 1000 W, precio \$2.000.0000. El precio de producción debe ser menor o igual que \$1.350.000. Este kit fotovoltaico incluye:
 - 10 Paneles de 100W Monocristalinos
 - 1 Inversor de corriente EPSolar 2000VA 24V de alta frecuencia
 - 1 Regulador de carga solar 40A 12/24V PWM con USB
 - 4 Baterías GEL 100Ah 12V Aokly
 - 5 Conectores MC4

- 20 mts de Cable solar negro y rojo de 6mm
- 2 Cables de unión de baterías en serie
- 2 Cables de unión de baterías en paralelo
- 2 Conectores de ojo para batería
- 1 conector a red

Los elementos totales disponibles por la empresa son:

- Paneles solares (2.000 un, precio \$59.900 c/u).
- Inversor de corriente Grid (350 un, precio \$49.000 c/u).
- Conectores MC4 (3.500 un, precio \$2.500 c/u).
- Cables solares (100.000 mts, precio \$1.150 c/mt).
- Conector de ojo para batería (200 un, precio \$2.500 c/u).
- Reguladores de carga solar (300 un, precio \$136.000 c/u).
- Baterías gel (750 un, precio \$85.000 c/u).
- Conectores a red (400 un, precio \$2.500 c/u).

Insumos	Kit básico	Kit medio	Kit avanzado	Disponibilidad	Precio Insumo
Paneles solares	2	3	10	2000	59000
Inversor de corriente Grid	1	1	2	350	49000
Conectores MC4	3	4	5	3500	2500
Cables solares	20	50	100	100000	1150
Conector de ojo para batería	2	6	10	200	2500
Reguladores de carga solar	-	1	2	300	136000
Baterías gel	-	1	4	750	85000
Conectores a red	-	1	1	400	2500
Costos máximos kits	280500	428000	1350000		
Precio de venta	450000	700000	2000000		

Además, de acuerdo al potencial de generación de electricidad, los kits avanzados tienen una mayor demanda que los kits medios, y a su vez estos últimos tienen una mayor demanda que los kits básicos.

Modelamiento

Variables

X_i = Cantidad de kits i

$i = 1, 2, 3$

- X_1 : Kit de instalación básico.
- X_2 : Kit de instalación medio.
- X_3 : Kit de instalación avanzado.

Restricciones

Restricciones materiales de los kits:

$$2X_1 + 3X_2 + 10X_3 \leq 2000$$

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 350$$

$$3X_1 + 4X_2 + 5X_3 \leq 3500$$

$$20X_1 + 20X_2 + 20X_3 \leq 100.000$$

$$2X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq 1200$$

$$X_2 + X_3 \leq 750$$

$$X_2 + 4X_3 \leq 250;$$

$$X_2 + X_3 \leq 400;$$

Restricciones de demanda

$$X_3 \geq X_2$$

$$X_2 \geq X_1$$

Restricciones de no negatividad

$$X_i \geq 0$$

Función Objetivo

Maximizar las ganancias por la venta de kits de instalación

$$450.000X_1 + 700.000X_2 + 2.000.000X_3 = Z$$

Método de solución

El método de solución emprendido es a través de programación lineal entera, dado que las variables son continuas y que sólo pueden tomar valores enteros.

La solución se realiza mediante el programa FICO Xpress Workbench, y su estructura se detalla a continuación:

model "Problema de Corte"

uses "mmxprs" ! *Llama a Xpress-Optimizer*

declarations

KITS = 1..3 ! *Kits de Instalacion*

MATERIALES = 1..8 ! *Materiales para la instalación*

MATERIALES_KIT: array(KITS,MATERIALES) of real ! *Declaración de vector de los materiales*

COSTOS_MATERIALES: array(MATERIALES) of real ! *Declaración de vector de los costos*

VENTA_KIT: array(KITS) of real ! *Declaración de vector del valor de venta de los kits*

DISPONIBILIDAD: array(MATERIALES) of real ! *Declaración de vector de la disponibilidad*

COSTOS_KITS: array(KITS) of real ! *Declaración de vector de los costos de los kits*

VARIABLES: array(KITS) of mpvar ! *Declaracion de variables*

end-declarations

MATERIALES_KIT:: [2,1,3,20,2,0,0,0,3,1,4,20,2,1,1,1,10,1,5,20,2,1,4,1]

COSTOS_MATERIALES:: [59000,49000,2500,1150,2500,13600,85000,2500]

VENTA_KIT:: [450000,700000,2100000]

DISPONIBILIDAD:: [200,350,3500,100000,200,300,750,400]

COSTOS_KITS:: [280500, 428000, 1350000]

!-----
! *Función objetivo*

Return:= sum(s in KITS) VENTA_KIT(s)*VARIABLES(s) ! *asignada a la variable return*

!-----
! *Restricciones*

! *Restricciones de disponibilidad de los materiales*

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,1)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(1)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,2)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(2)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,3)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(3)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,4)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(4)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,5)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(5)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,6)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(6)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,7)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(7)

sum(s in KITS) MATERIALES_KIT(s,8)*VARIABLES(s) <= DISPONIBILIDAD(8)

! *Restricciones de la demanda*

VARIABLES(3) > VARIABLES(2)

VARIABLES(2) > VARIABLES(1)

! *Restricción de variables*

forall(s in KITS) do

 VARIABLES(s) >= 0 ! *Restricción de no negatividad*

 VARIABLES(s) is_integer ! *Restricción de variables enteras*

end-do

```
!-----  
! Resolución del problema  
maximize(Return) ! Maximizar los ingresos por ventas de los kits  
  
! Imprimir solución  
writeln("Función objetivo: ", getobjval)  
forall(s in KITS) writeln("Variable ",s," : ", getsol(VARIABLES(s)))  
end-model
```

Solución

Función objetivo: 4.325e+07

Kit 1: 9

Kit 2: 14

Kit 3: 14

Por lo tanto, en base a la disponibilidad de los materiales, y de las consideraciones de la demanda, para el kit 1 se deben fabricar 9 unidades, 14 unidades para el kit 2 y 14 unidades para el kit 3, cuyo valor de venta es de \$43.250.000

Análisis de los Resultados

Los resultados enmarcan que se cumple con la demanda establecida, construyéndose más kits avanzados que los kits básicos. Cabe destacar que si no existiera dicha restricción, dado que el kit básico ocupa menos materiales que los demás kits, la solución se maximizaría sólo en torno a dicho kit. Si bien lo anterior no constituye un gran problema, se estimó conveniente diversificar la producción, teniendo en consideración además, que según lo investigado, el promedio de gasto de electricidad en los hogares chilenos es de aproximadamente 300 KW, valor que sube año a año.

El punto anterior se intensifica cuando se considera la variable del potencial de radiación a lo largo del tiempo, el cual disminuye en los meses más fríos como lo son los que corresponden al periodo de invierno, por lo tanto, a pesar de tener el potencial de

generación de 300 KW como lo tiene el kit medio, este no se va lograr en el periodo mencionado. Es aquí cuando se destaca el kit avanzado, que puede afrontar sin problemas dicha situación y que además puede ser un potencial de ingresos, dado que según la ley 20.571, se pueden vender los excedentes de electricidad autogenerada.

Conclusiones

Como conclusiones se puede afirmar en primer lugar que se cumplieron con los objetivos del proyecto, los cuales se enmarcaron en escoger una temática, definir un problema, modelarlo y darle solución, aplicando los conocimientos adquiridos en la cátedra de la asignatura.

En cuanto al problema, a lo largo del semestre éste fue variando y acomodándose a las variables seleccionadas, de modo que el modelamiento pudiera cumplir con las expectativas de la solución que se pretendía dar.

La dificultad lógica y matemática del problema y su modelamiento surgió con una menor a la esperada, dado principalmente a que desarrollar la temática y encontrar las variables correctas fue costoso. Tal vez hubiera sido más interesante agregar fases de instalación de los materiales en los kits, influyendo en los costos y aumentando las variables comprendidas. Sin embargo, el desarrollo del proyecto permitió aplicar efectivamente los conceptos y teoremas para el modelamiento y resolución de problemas de optimización de la vida real.

Referencias bibliográficas

- [1] Energías Renovables, Gobierno de Chile. Recuperado desde <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>
- [2] Energía solar ha tenido explosivo crecimiento en Chile, La Tercera (Agosto 2017). Recuperado desde <http://www.latercera.com/noticia/energia-solar-chile/>
- [3] Energía sustentable, Emol (Septiembre 2017). Recuperado desde <http://www.emol.com/noticias/Economia/2017/09/23/876270/tips-para-instalar-correctamente-un-panel-solar-en-la-casa.html>
- [4] Explorador solar, Gobierno de Chile. Recuperado desde <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>