



Presentación de la herramienta SimSEE

Ximena Caporale

Instituto de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República Oriental del Uruguay



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica

- Plataforma desarrollada en el IIE de la FING de la Universidad de la Republica.
- Software Libre
- Código Abierto
- Gratuito
- Programado en Pascal, 100% orientado a objetos. Utilizando el entorno de desarrollo Lazarus Pascal

Es una plataforma de simulación de sistemas de energía eléctrica.

Las simulaciones nos permiten observar cuál sería la operación óptima del SEE en un **horizonte de tiempo** o ventana de simulación. Herramienta muy potente que es usada en el despacho nacional de UTE principalmente para estimar y pronosticar el despacho de energía eléctrica a futuro y poder realizar la operación del sistema de la mejor manera

Modelo y Simulación



SimSEE permite realizar simulaciones de la operación óptima de sistemas de generación eléctrica en que participan centrales de generación hidroeléctrica, centrales de generación en base a combustibles fósiles, parques eólicos y solares e interconexiones eléctricas.

SimSEE permite realizar simulaciones de sistemas de la operación óptima de sistemas de generación eléctrica en que participan centrales de generación hidroeléctrica, centrales de generación en base a combustibles fósiles, parques eólicos y solares e interconexiones eléctricas.

El objetivo es construir un modelo del sistema eléctrico que nos permita simular su despacho óptimo y estimar el comportamiento de las variables del sistema q nos interesa.

Aplicaciones mas importantes

- “SimSEEdit”: Editor de Salas
- “SimSEESimulador”: Optimizador/Simulador
- “SimRes3” : Postprocesador de resultados
- “OddFace”: Optimización de planes de inversión óptimos.
- “analisserial”: Sirve para analizar series temporales de datos y crear un modelo de Correlaciones en Espacio Gaussiano con Histograma CEGH.

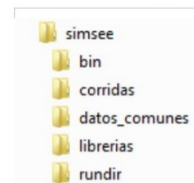
El Editor permite agregar, quitar y modificar los Actores de una Sala en forma amigable y lanzar desde el mismo entorno la aplicación Simulador para realizar la simulación de la Sala y la aplicación “SimRes3” para post-procesar los resultados.

Optimización y Simulación. Durante la Optimización se resuelve el problema de encontrar “La Política Óptima de Operación (POO)”. Durante la Simulación se utiliza la POO para llevar adelante simulaciones de posibles realizaciones del conjunto de procesos estocásticos que afectan al sistema.

“SimRes3” es un programa que permite el procesamiento

Instalación de SimSEE

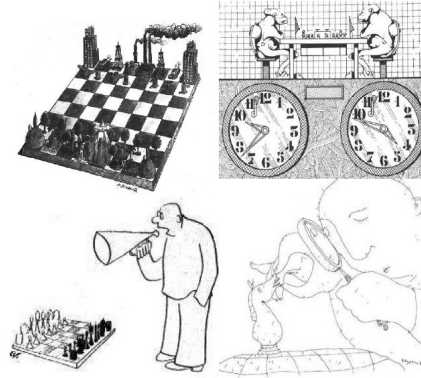
- <https://sourceforge.net/projects/simsee/files/>
- Descomprimir en **{\$HOME}/SimSEE/bin**
{\$HOME} es "C:\\" si su sistema operativo es Windows y su carpeta de usuario si está en Linux.
- La primera vez que ejecute SimSEEEedit, se crea la estructura de carpetas bajo el directorio **{\$HOME}/SimSEE**



“bin”: En esta carpeta se guardan los programas ejecutables de SimSEE, archivos de configuración y archivos de idioma. Las aplicaciones principales son el Editor de salas SimSEEEedit, el optimizador/simulador SimSEESimulador, el post-procesador de resultados SimRes3. Para más información ver la sección 2.3 “Binarios del SimSEE”.

“corridas”: Generalmente, en esta carpeta están las sub-carpetas de las diferentes Salas ejecutadas. Una forma de organizar el trabajo es crear una nueva sub-carpeta de la carpeta “corridas” para cada estudio que se realice y en esa carpeta se guardan todas las salas relacionadas con el estudio. Esto es la

- Sala de Juego (.ese)
- Actores
- Fuentes
- Crónicas
- Política de Operación
- Opt/Sim
- Capas y Escenarios

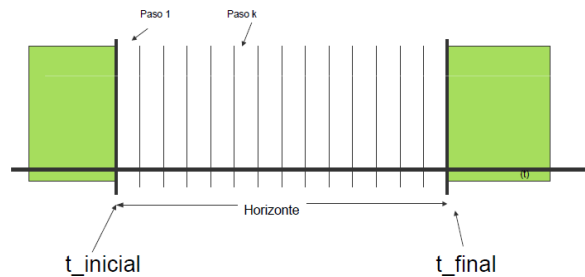


- El SimSEE “caja de herramientas” que permite armar en forma sencilla un ambiente (Sala de Juego) donde se colocan objetos (Actores) que saben como comportarse en ese ambiente.
- Como se trata de una plataforma para simulación de Sistemas de Energía Eléctrica, los Actores tienen que saber respetar las restricciones eléctricas (por ejemplo la suma de las potencias en una barra tiene que ser nula) y saber colaborar en la misión del sistema, que es que cumplir con suministrar la Demanda al menor costo posible en condiciones de calidad aceptables.

- Cada Sala es almacenada en un archivo

Paso de tiempos y Postes

- El horizonte de tiempo se discretiza en Pasos de tiempo.
- Postes o Bandas Horarias: Sub-partición del paso de tiempo. Clasificación de las horas del paso de tiempo en base a la demanda.



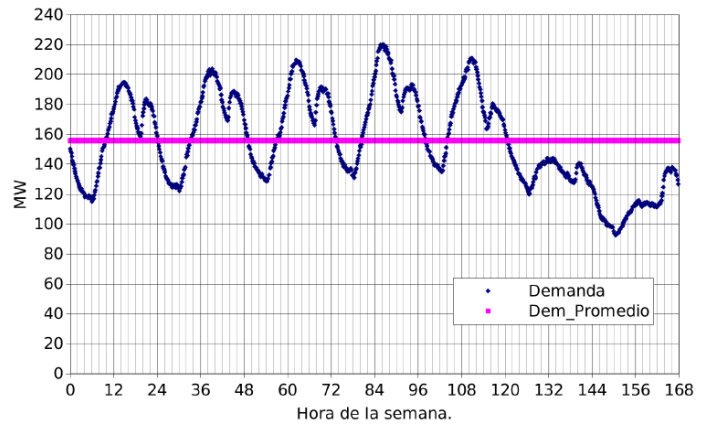
La idea es desordenar el tiempo dentro del Paso de Tiempo reagrupando las horas de acuerdo al requerimiento de potencia.

Se agrupan las horas de mayor demanda en el primer Poste (Poste de Punta), las horas de menor demanda en el último poste (Poste de Valle) y distribuyendo el resto de las horas de acuerdo a su nivel en los respectivos postes.

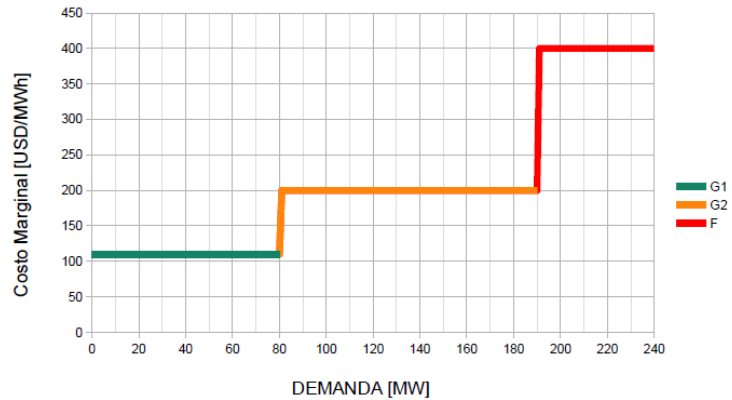
La división en postes permite fijar dentro del paso, postes lo suficientemente finos (de poca duración) a los efectos de que la restricción de balance de potencia quede bien representada por el balance

Postes - Ejemplo

- C1 de 80MW y $cv= 110$ USD/MWh
- C2 de 110MW y $cv= 200$ USD/MWh
- Costo de falla = 400 USD/MWh
- Demanda

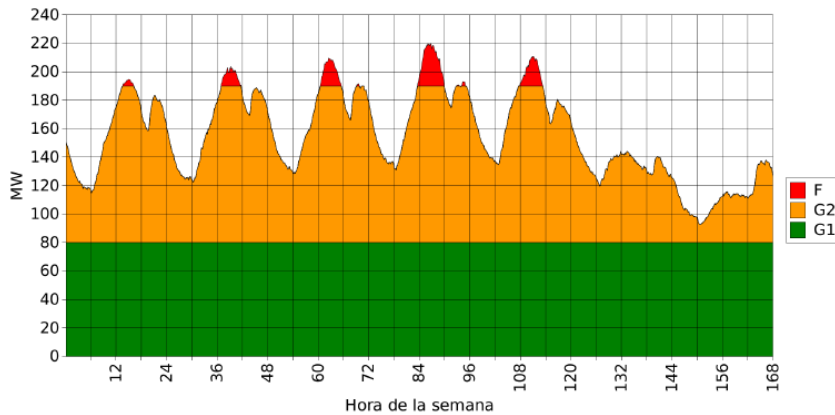


Orden de Mérito



Es ordenar las fuentes de generacion segn su CV. El despacho hora a hora queda definido por el CV

Despacho con paso horario



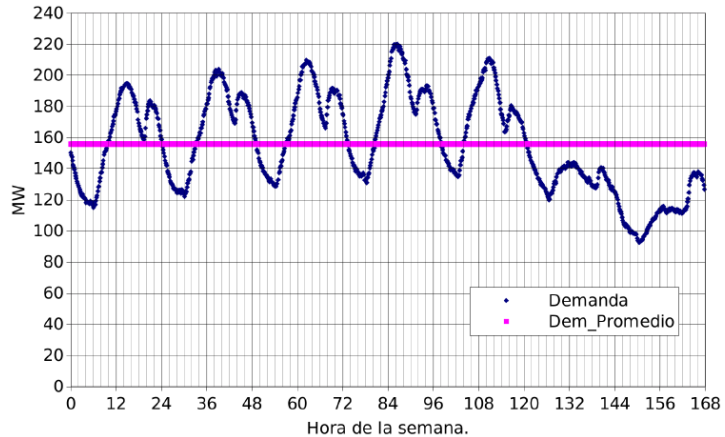
En la simulación de un SEE, en cada paso de tiempo hay que resolver con qué generadores se suministra la demanda. En todo el paso de tiempo se supone que la potencia de cada actor es constante.

Para respetar el Balance Instantáneo de Potencia se debe cumplir que la potencia media de cada Actor (Demandas y Generadores) sea una buena representación de las potencias durante el paso de tiempo.

Cuanto más chico sea el paso de tiempo, mejor será la representación del sistema y menores serán los errores. Por supuesto que a costa de un mayor esfuerzo de cálculo.

Si el paso de tiempo fuese semanal

Demanda Media
 155.7MW

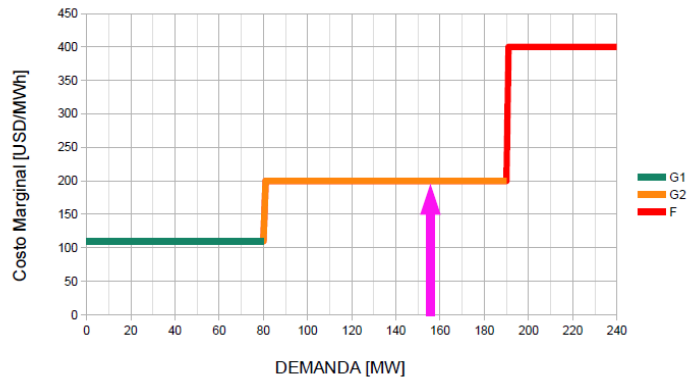


Si el paso fuera semanal, es decir no tenemos el detalle horario de la semana, en la simulación resolvería el desácho energético para cumplir la energía de la semana.

En este caso seria la energía semanal de la demanda a cubrir seria la demanda media (155.7MW) por la cantidad de horas de la semana (168).

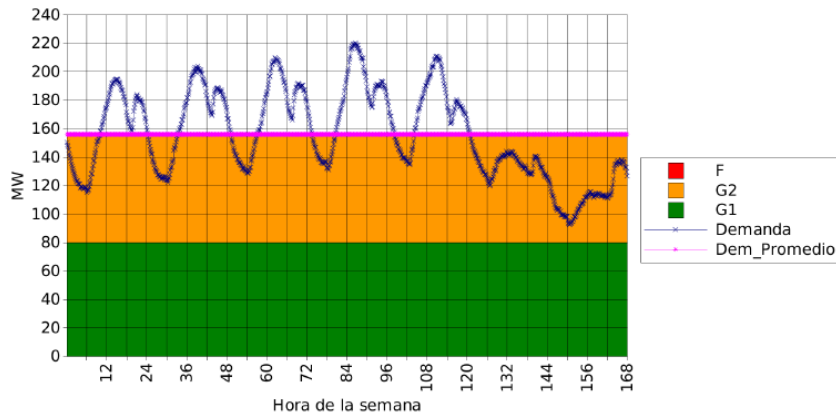
Vemos que la energía es la la misma, pero perdemos los requerimientos de potencia del detalle horario

Orden de Mérito



Si miramos la curva de orden de merito y ubicamos la demanda media de una sala con paso semanal, con los Generadores 1 y 2 seria suficiente para abastecer la energía de la semana, pero falta potencia.

Despacho con paso Semanal

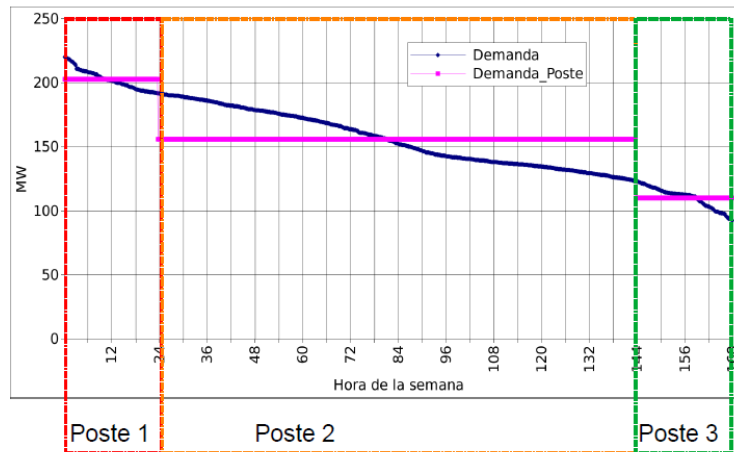


Acá vemos como falta potencia para las puntas del mediodía y noche

Acá estamos frente a un problema de Potencia y no de Energía. Incorporar POSTES nos ayuda a solucionar esto y no ir tanto al detalle horario que que en simulaciones largas nos implica mucho esfuerzo computacional.

Podemos usar paso de tiempo semanal pero, con la ayuda de la incorporación de los postes, podremos resolver el tema de la Potencia

Monótona de Carga

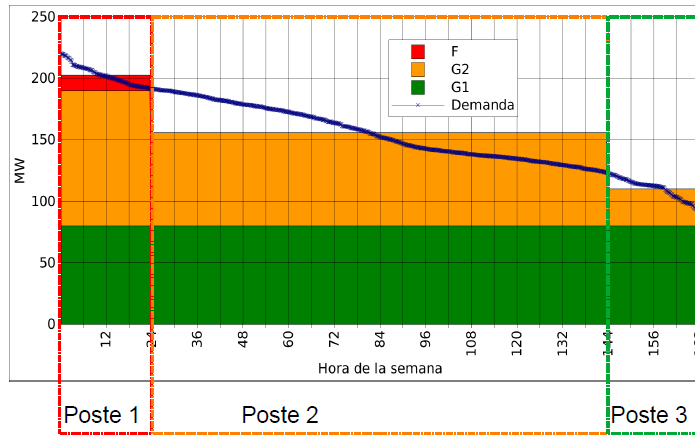


Para definir los Postes, desordenamos las horas dentro del Paso, es decir dentro de la semana. Y creamos la Monotona de carga, es la curva de demanda ordenada de acuerdo al requerimiento de carga.

Luego se especifican los postes o bandas horarias, puede ser de diferentes horas. Y de esta manera queda bien representada los máximos y mínimos de potencia.

Resolvemos el despacho para cada poste, en vez del paso de tiempo, considerando la potencia media de cada poste en las ecuaciones de balance de los nodos.

Despacho con paso Semanal y 3 Postes



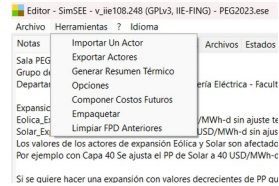
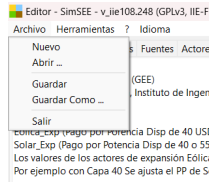
Con esta definición en tres bandas dentro de un paso de tiempo, la solución será:
 G1 a pleno en todos los postes
 G2 a pleno solo en el Poste 1, que es el de punta.
 Y en el POSTE , la suma de potencias de G1 y G2 no es suficiente y por lo tanto se despacha Falla.



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



SimSEE - guardar, empaquetar



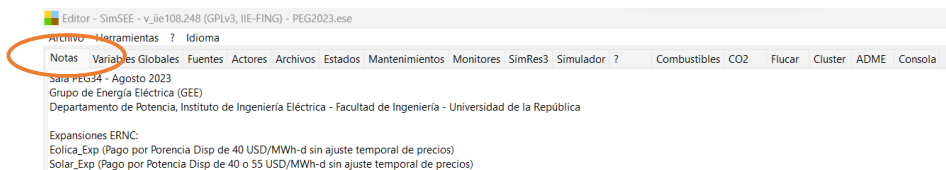
Crea un archivo comprimido (.zip) en la sub-carpeta en que se encuentra el archivo de la Sala y con el mismo nombre de ésta, conteniendo la sala (archivo .ese) y todos los archivos a los que hace referencia la Sala. Esto permite transportar la Sala a otra computadora.

Siempre se debe crear el zip de esta forma para que las rutas queden bien referenciadas.

Siempre que quiera mover la sala de carpeta o de computadora debe hacerlo con el zip y no moviendo los archivos.



SimSEE - Notas



La primer solapa “Notas”, contiene un cuadro de texto, que permite escribir allí los comentarios y aclaraciones que el usuario considere útiles, a efectos de documentar su corrida. Le aconsejamos utilizar este campo de texto para incluir toda las notas que faciliten la interpretación de la Sala. También se utiliza para ir anotando “las cosas por hacer”. Le aconsejamos que en las notas incluya la fecha y sus iniciales para facilitar el seguimiento de las modificaciones.



SimSEE - Variable Globales

Editor - SimSEE - v_1ie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas Idioma

Notas **VARIABLES GLOBALES** Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Simulador ? Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: Fecha de fin: ?

Optimización: 2024-01-01 00:00 2038-01-01 00:00 Huso horario: -3

Simulación: 2024-01-01 00:00 2034-01-01 00:00 Horizonte de guarda para simulación: 2024-01-01 00:00

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

Horas

Minutos

Número de Postes: 4 Postes monótonos

Poste N°	1	2	3	4
Duració	5	30	91	42

Informativo.

Duración del paso de tiempo [h]: 168 Pasos de optimización: 730 Pasos de simulación: 521



SimSEE - Variable Globales

Editor - SimSEE - v_iie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Simulador ? Combustibles CO2 Fluorac Cluster ADME Consola

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: Fecha de fin: ?

Optimización: 2024-01-01 00:00 2038-01-01 00:00 Huso horario: -3

Simulación: 2024-01-01 00:00 2034-01-01 00:00 Horizonte de guarda para simulación: 2024-01-01 00:00

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

Horas

Minutos

Número de Postes: 4 Postes monótonos

Poste Nº	1	2	3	4
Duració	5	30	91	42

Informativo.

Duración del paso del tiempo [h]: 168 Pasos de optimización: 730 Pasos de simulación: 521

SimSEE - Variable Globales

Editor - SimSEE - v_iie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Simulador ? Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: Fecha de fin: Huso horario: -3

Optimización: 2024-01-01 00:00 2038-01-01 00:00

Simulación: 2024-01-01 00:00 2034-01-01 00:00 Horizonte de guarda para simulación: 2024-01-01

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

Horas

Minutos

Número de Postes: 4 Postes monótonos

Poste Nº	1	2	3	4
Duració	5	30	91	42

Informativo.

Duración del paso del tiempo [h]: 168 Pasos de optimización: 730

Sub-partición del Paso de Tiempo en Postes (también conocidos como Bandas Horarias). Esta sub-partición implica una clasificación de las horas del paso de tiempo en base a la demanda de potencia, agrupando las horas de mayor demanda en el primer Poste (Poste de Punta), las horas de menor demanda en el último poste (Poste de Valle).

SimSEE - Variable Globales

Editor - SimSEE - v_1ie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Simulador ? Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: Fecha de fin: ?

Optimización: 2024-01-01 00:00 2038-01-01 00:00 Huso horario: -3

Simulación: 2024-01-01 00:00 2034-01-01 00:00 Horizonte de guarda para simulación: 2024-01-01 00:00

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

Horas

Minutos

Número de Postes: 4 Postes monótonos

Poste Nº	1	2	3	4
Duració	5	30	91	42

Informativo.

Duración del paso de tiempo [h]: 168 Pasos de optimización: 730 Pasos de simulación: 521

El uso más común es con el casillero marcado e implica que las horas del paso de tiempo serán ordenadas de acuerdo a la curva Monótona de Carga.



SimSEE - Variable Globales

Editor - SimSEE - v_iie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Simulador ? Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: Fecha de fin: ?

Optimización: 2024-01-01 00:00 2038-01-01 00:00 Huso horario: -3

Simulación: 2024-01-01 00:00 2034-01-01 00:00 Horizonte de guarda para simulación: 2024-01-01 00:00

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

Horas

Minutos

Número de Postes: 4 Postes monótonos

Poste N°	1	2	3	4
Duració	5	30	91	42

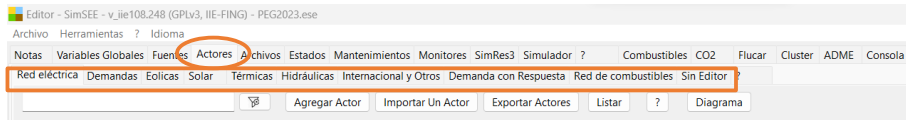
Informativo.

Duración del paso del tiempo [h]: 168 Pasos de optimización: 730 Pasos de simulación: 521



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URGUAY

SimSEE - Actores



Los sistemas de energía eléctrica están compuestos por diferentes Actores (entidades), que pueden entregar energía o consumir energía del sistema.

Por ejemplo, las centrales de generación entregan energía al sistema, las interconexiones internacionales pueden entregar o consumir energía y las demandas son consumos de energía. Además, existen actores específicos que permiten modelar la red de interconexión eléctrica con sus pérdidas de energía y límites físicos de transporte. Estos actores son Nodos (a los que se conectan los demás Actores) y Arcos (corredores de transporte de energía que unen los Nodos).



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

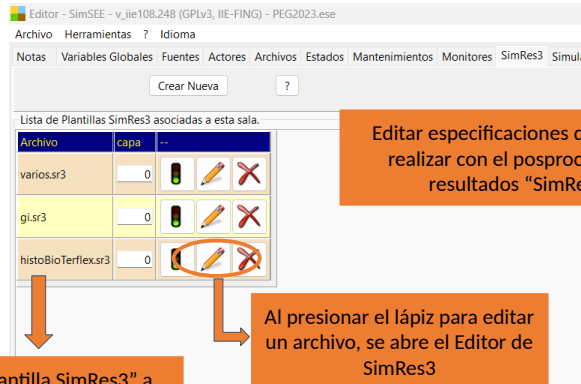


SimSEE - Fichas de Parámetros Dinámicos.

Cada Actor o Fuente tiene su propio tipo de Ficha de Parámetros Dinámicos con su juego de parámetros específicos.

Las fichas tienen una “Fecha de inicio” la cual indica partir de qué fecha es válida la Ficha. Una ficha dejará de ser válida hasta la fecha de inicio de la siguiente ficha.

SimSEE - SimRes3



Editar especificaciones de cálculos a realizar con el posprocesador de resultados "SimRes3".

Se llama "Plantilla SimRes3" a un archivo que contiene los cálculos a realizar sobre los resultados

Al presionar el lápiz para editar un archivo, se abre el Editor de SimRes3

Editor - SimSEE - v_1ie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRe3 **Simulador ?** Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Escenarios y ejecución Parámetros optimización Parámetros simulación

Controles de ejecución.

Ejecutar manualmente ?

Ejecutar automáticamente En cluster.

Modo de ejecución

Principal Todos los activos

Mascara de ejecución

Opt Sim SR3

Binario simulador

MIPSimplex Clásico SimSEE

MIPSimplex GLPK

ICF + MIPSimplex Clásico SimSEE

Reserva Rotante

Escenarios.

Crear nuevo escenario. Listar Capas ?

Nombre							
BaseB							
BaseA							
BaseA81							
BaseBsinTESuy							
BaseBsinTESuysinPa							
BaseAsinTESuy							
BaseAsinESuy							
BaseABon							
BaseAInd							
BaseBInd							
BaseAOdd							

Editor - SimSEE - v_1ie108.248 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023.ese

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRe3 **Simulador ?** Combustibles CO2 Flucar Cluster ADME Consola

Parámetros simulación

Ejecutar manualmente ?

Controles de ejecución.

Ejecutar automáticamente En cluster.

Modo de ejecución

Principal Todos los activos

Mascara de ejecución

Opt Sim SR3

Binario simulador

MIPSImplex Clásico SimSEE

MIPSImplex GLPK

ICF + MIPSImplex Clásico SimSEE

Reserva Rotante

Crear nuevo escenario. Listar Capas ?

Nombre									
BaseB									
BaseA									
BaseAB1									
BaseBsinTESuy									
BaseBsinTESuysinPa									
BaseAsinTESuy									
BaseAsinESuy									
BaseABon									
BaseAInd									
BaseBInd									
BaseAOdd									

Una vez editada la Sala se puede ejecutar el Simulador y el Optimizador.

Generadores Térmicos

Un generador térmico es un generador que utiliza una fuente de calor para generar vapor o gases calientes para expandir en una turbina. Ejemplo de este tipo de generadores son las centrales con caldera de vapor (alimentadas por fueloil, gasoil, biomasa, carbón, nuclear) y centrales con turbinas aeroderivadas que expanden los gases de combustión directamente en la turbina como son las turbinas que queman gas natural o gasoil. Otro ejemplo de generadores térmicos son los motores de combustión quemando fueloil, gasoil, gas natural biocombustibles, etc.

Algunos:

- Generador Térmico Básico.
- Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo.
- Generador Térmico con Encendido y Apagado por Poste.
- otras

EJERCICIO 1- Despacho dos máquinas térmicas.

Sistema UNINODAL con dos generadores y una demanda con los siguientes datos:

Generador 1, puede generar entre 17.7 MW y 100 MW y tiene un costo de generación de

$$c(P) = 2141.6 \text{ USD/h} + 48.0 \text{ USD/MWh} \cdot P ; \text{ para } 17.7 \text{ MW} \leq P \leq 100 \text{ MW}$$

Generador 2, puede generar entre 22.5 y 150 MW y el costo de generación es:

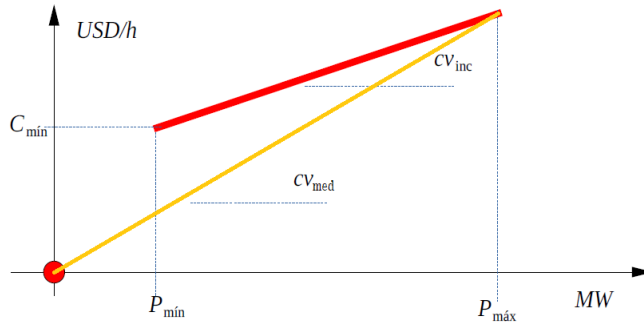
$$c(P) = 1575.0 \text{ USD/h} + 29.0 \text{ USD/MWh} \cdot P ; \text{ para } 22.5 \text{ MW} \leq P \leq 150 \text{ MW}$$

El horizonte de estudio son 7 días con un paso de simulación horario.

La demanda para la primer hora del horizonte de estudio es 50MW y crece linealmente (hora a hora) hasta alcanzar los 240MW en la hora siguiente a la última hora del horizonte de estudio.

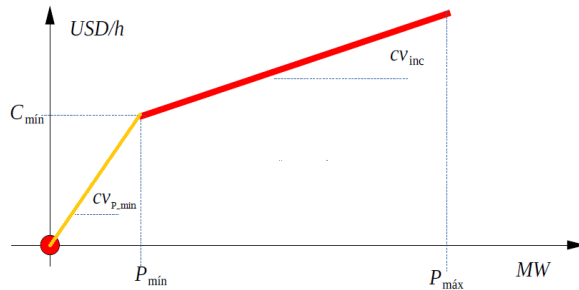
Ejercicio 1.1 – Generador térmicos básicos

- Generador 1: $CV_{\text{medio}} = 69.4 \text{ USD/MWh}$
- Generador 2: $CV_{\text{medio}} = 39.5 \text{ USD/MWh}$



Ejercicio 1.2 – Generador térmico con encendido y apagado por paso/poste

- Generador 1: $CV_P_min= 169$ USD/MWh - $CV_inc=48$ USD/MWh
- Generador 2: $CV_P_min= 99$ USD/MWh - $CV_inc=29$ USD/MWh



La Potencia Mínima, también conocida como “mínimo técnico” del generador, es el mínimo valor de potencia al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica. La Potencia Máxima es el límite superior de potencia que el generador es capaz de entregar en régimen permanente. El Costo Variable a Potencia Mínima c_{vmin} es el costo en USD/MWh de suministrar energía a Potencia Mínima (P_{min}). El Costo Variable es el costo incremental cv en USD/MWh de suministrar incrementos de energía por encima del mínimo técnico. El costo de producción para una Potencia $P \geq P_{min}$ queda determinado por la ec.1.

SimRes3 – Operaciones Crónicas

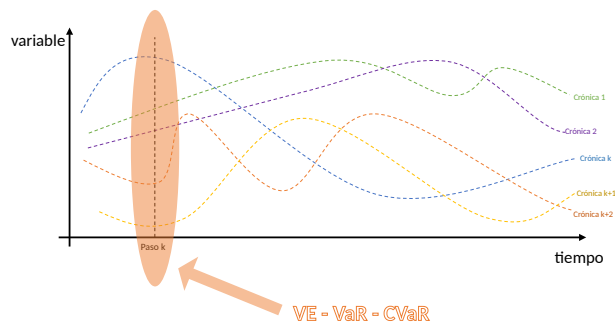
- Suma: $\sum_{i=1}^{NPostes} P[i]$
- Promedio: $\frac{\sum_{i=1}^{NPostes} P[i]}{Npostes}$
- PromedioPonderadoPorDurpos: $\frac{\sum_{i=1}^{Npostes} P[i]. DurPos[i]}{DurPaso}$
- sumaProductoConDurpos: $\sum_{i=1}^{Npostes} P[i]. DurPos[i]$
- SumaDobleProdConDurposTopeado: $\sum_{i=1}^{Npostes} P[i]. ptopeado[i]. DurPos[i]$

Si bien todas las operaciones del simsee se podrían hacer en Excel, les recomendamos muy enfáticamente que se acostumbren a usar el simres3, ya que es mucho mas fácil procesar datos en esta herramienta que en excel, y mas si tenemos q realizar varias corridas porq nos equivocamos o porq tenemos varios escenarios... estar copiando y pegando en Excel introduce muchos errores.

Suma: Si el índice está seleccionando una variable con valores por poste, el resultado es la suma de los valores en los postes. Un ejemplo de uso de esta opción sería el cálculo de la suma de los **Costos** en cada poste a efectos de obtener el **Costo** en un poste. Si

Matriz de datos - Crónicas - CronVar

	cornica1	croncia2	...	cronica j
paso1			...	
paso2			...	
paso3			...	
...			...	
paso k			...	



“VaR” (Value at Risk) o “CVaR” (Conditional Value at Risk)