



Serie: “Manuales de Usuario de SimSEE”

Volumen 1

Editor y Simulador.

Ings. Felipe Palacio, Pablo Soubes y Ruben Chaer.
Montevideo – Uruguay.
Septiembre 2019.

P R E F A C I O .

La plataforma SimSEE es de código abierto. Desde su inicio en 2007, diferentes personas han ido incorporando mejoras y nuevas funcionalidades. Esto lleva a que sea todo un desafío mantener un conjunto de manuales actualizados. Este manual intenta reflejar el estado de la plataforma a noviembre de 2019. En el sitio <https://simsee.org> se puede acceder a la versión en línea del manual y a las ayudas en línea que pueden reflejar las últimas mejoras y agregados; versión a la que se tiene acceso en forma directa cuando se presionan los botones de ayuda de las aplicaciones SimSEE.

Reseña histórica.

El corazón de la plataforma SimSEE fue desarrollado en el Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República Oriental del Uruguay en el marco del proyecto PDT-47/12 del programa desarrollo tecnológico BID-CONICYT. Desde esa fecha, la plataforma ha sido mejorada en forma continua gracias a el financiamiento de proyectos concursados en el marco del Fondo Sectorial de Energía de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación ANII (PR_FSE_2009-18: “Mejoras a la plataforma SimSEE”, ANII-FSE-1-2011-1-6552: “Modelado de energías autóctonas en SimSEE”, ANII-FSE_1_2013_1_10957: “Optimizador de Agendas de compras de embarques de GNL para Uruguay”), los proyectos PRONOS y VATES (2016-2018) para la asimilación de pronósticos de generación y simulación continua del despacho horario de los siguientes siete días.

SimSEE fue concebida con la filosofía de SOFTWARE LIBRE y con el propósito de disponer de una plataforma que pudiera servir a los fines académicos de enseñanza, investigación y extensión. El software es distribuido en forma gratuita bajo el tipo de licencia GNU-GPL v3.

SimSEE está programado en lenguaje Pascal Orientado a Objetos, utilizando el entorno de desarrollo Lazarus Pascal (compilador FreePascal). Este entorno de desarrollo, además de ser excelente, tiene la virtud de ser gratuito, lo que posibilita a usuarios avanzados, con conocimiento de programación, a realizar mejoras y desarrollar nuevos modelos sobre la plataforma SimSEE utilizando 100% software libre. El estilo de programación Orientado a Objetos, simplifica la extensión de la plataforma y el desarrollo de nuevos modelos.

La primera versión de los manuales fue publicada en Setiembre de 2013, en colaboración entre el Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (IIE-FING-UDELAR), la Administración del Mercado Eléctrico (ADME) y la Fundación Julio Américo Ricaldoni (FJR). Las Ingenieras Claudia Cabrera y Lorena Di Chiara fueron las autoras principales de esa primera versión.

Esta segunda versión de los manuales se realiza en Setiembre de 2019 por los Ings. Felipe Palacio, Pablo Soubes y Ruben Chaer gracias al financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para realizar la

puesta al día de los manuales y la traducción al inglés de los manuales y las aplicaciones.

Agradecimiento. Agradezco especialmente a mi esposa Alicia Butler que dedicó muchas horas a la revisión y mejora del texto en español y en su traducción al inglés y a la publicación en la web del contenido de los manuales.

Ing. Ruben Chaer / Instituto de Ingeniería Eléctrica - FING - UDELAR.

Septiembre 2019 - Montevideo - Uruguay.

Índice de contenido

1. Introducción. Descripción General de la Plataforma.....	6
1.1. Los usos de SimSEE.....	6
1.2. Descripción general y terminología.....	7
1.2.a) Fuentes y bornes.....	11
1.2.b) Capas y Escenarios.....	12
1.2.c) Parámetros dinámicos.....	12
1.2.d) Unidades.....	13
1.3. Sistemas sin dinámica.....	13
1.4. Sistemas dinámicos.....	14
1.5. Modelado de un sistema de energía eléctrica.....	15
1.5.a) Representación de la red de transporte.....	15
1.5.b) Restricciones de Nodo.....	16
1.6. Encadenamiento de Salas de Juego.....	16
2. Procedimiento de Instalación.....	19
2.1. Sitio web de descarga.....	19
2.2. Estructura de carpetas del SimSEE. Descripción del contenido.....	19
2.3. Binarios del SimSEE.....	21
3. El Editor de Salas.....	23
3.1. Métodos unificados de la interfaz de usuario.....	23
3.1.a) Edición de formularios.....	23
3.1.b) Manejo de listados.....	24
3.1.c) Editando una Ficha de Parámetros Dinámicos.....	25
3.1.c.i Ejemplo 1.....	26
3.1.c.ii Ejemplo 2.....	26
3.1.c.iii Ejemplo 3.....	30
3.2. Menú Principal del Editor de SimSEE.....	32
3.2.a) Opción “Archivo”.....	33
3.2.b) Opción “Herramientas”.....	34
3.2.b.i Importar Un Actor.....	34
3.2.b.ii Exportar Actores.....	34
3.2.b.iii Generar Resumen Térmico.....	34
3.2.b.iv “Empaquetar”.....	35
3.2.c) Opción “?” (Ayuda).....	35
3.2.d) Opción “Idioma”.....	35
3.3. Solapero Principal.....	36
3.3.a) Solapa Notas.....	36
3.3.b) Solapa - Variables Globales.....	36
3.3.c) Solapa - Fuentes.....	38
3.3.c.i Fuentes y bornes.....	41
3.3.d) Solapa - Actores.....	44
3.3.d.i Editar Unidades Disponibles.....	48
3.3.d.ii Edición de Forzamientos.....	50

3.3.d.iii	Modelo de Falla - Reparación.....	50
3.3.d.iv	Alta Incierta.....	51
3.3.d.v	Inicio Crónica Incierto.....	52
3.3.e)	Solapa - Archivos.....	54
3.3.f)	Solapa – Estados.....	54
3.3.g)	Solapa – Mantenimientos.....	59
3.3.h)	Solapa – SimRes3.....	61
3.3.i)	Solapa - Simulador.....	62
3.3.i.i	Parámetros de Optimización.....	63
3.3.i.ii	Parámetros de Simulación.....	66
3.3.i.iii	Escenarios.....	67
3.3.i.iv	Llamar Optimizador/Simulador con el escenario principal.....	69
3.3.j)	Solapa - ?.....	70
3.3.k)	Combustibles.....	70
3.3.l)	Solapa – CO2.....	71
4.	El Optimizador/Simulador.....	73
4.1.	Solapa Optimizar.....	73
4.2.	Solapa Simulación.....	75
4.3.	Solapa SimRes3.....	76
4.4.	Solapa Auxiliares.....	77
2.	Parámetros cmdopt.....	79
3.	Parámetros cmdsim.....	79

1. Introducción.

Descripción General de la Plataforma.

SimSEE es el acrónimo de “Simulador de Sistemas de Energía Eléctrica”. Es una plataforma de Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica, entendiendo por plataforma un conjunto de herramientas y modelos, que permite construir un simulador a medida para cada caso de estudio.

En esta introducción se muestra en forma general el tipo de problema que implica la operación óptima de un sistema de energía eléctrica y la arquitectura de la plataforma SimSEE como herramienta para ese objetivo.

Este es un Manual de Usuario de SimSEE por lo que escapa al objetivo del presente documento la descripción detallada de los algoritmos de resolución y el funcionamiento de los sistemas de energía en detalle; conocimientos que se adquieren en cursos de grado y postgrado de ingeniería y con la práctica profesional.

Este es el **Tomo I** de la serie “Manuales de usuario de SimSEE”.

El *capítulo 1* contiene una descripción general de la plataforma para acercar al usuario a la terminología utilizada.

El *capítulo 2* describe el procedimiento necesario para la instalación de SimSEE.

El *capítulo 3* es el manual de usuario de la aplicación SimSEEEditor, que es la de mayor uso por parte de los usuarios y desde la que se acceden a casi todas las funcionalidades de la plataforma.

El *capítulo 4* es el manual de usuario de la aplicación SimSEESimulador, que es la que lleva a cabo el trabajo de cálculo de optimización y simulación.

En el **Tomo 2** se detallan las Fuentes, en el Tomo III los Actores y en el Tomo IV la herramienta de post-procesado de resultados “SimRes3”.

El **Tomo 5** es el manual de usuario de aplicación AnalisisSerial que es la utilizada para la creación de modelos estocásticos para su uso en SimSEE.

El **Tomo 6** es el manual de usuario de la aplicación OddFace en su aplicación a la optimización de inversiones.

1.1. Los usos de SimSEE

Los usos de SimSEE pueden ser muy variados, citando, a modo de ejemplo:

- La Programación del despacho de los recursos en el mediano y corto plazo.
- Cálculo del resultado económico de distintos escenarios posibles para expansiones del sistema en el largo plazo, resultado físico y económico

previsto para el comportamiento de diferentes interconexiones, mercados spot y de contratos nacionales e internacionales.

- Análisis de la conveniencia de distintos modos de comercialización de la energía de una central generadora: por ej. mediante contratos o en la modalidad spot del mercado eléctrico.
- Modelado del despacho de corto plazo, con posibilidad incluir límites de intercambio entre áreas como forma de incorporar las restricciones de transmisión en el despacho energético.
- Estimación de la distribuciones de probabilidad de los excedentes de energía y sus costos en base a los pronósticos disponibles de los recursos, lo que permite la realización de ofertas a futuro.
- Estimación del presupuesto anual de abastecimiento de la demanda eléctrica.

1.2. **Descripción general y terminología.**

La plataforma SimSEE está diseñada e implementada 100% Orientada a Objeto. En este sentido debe pensarse como una “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. Si bien esta característica de la implementación resulta transparente al usuario, es bueno tener presente que es esta filosofía de implementación que guía la nomenclatura utilizada en la descripción de la plataforma.

En pocas palabras, SimSEE es útil para armar simuladores de la operación óptima de un Sistema de Energía Eléctrica (SEE). Los simuladores permiten observar cuál sería la operación óptima del SEE en un **horizonte de tiempo** o ventana de simulación. Al tratarse de una simulación en base a cálculos computacionales, la misma se realiza de a intervalos de tiempo o **pasos de simulación**. Dependiendo del Horizonte de análisis, el paso de simulación convendrá fijarlo en valores adecuados. Por ejemplo, para simulaciones de largo plazo (horizontes de decenas de años) seguramente sea conveniente utilizar pasos diarios o semanales mientras que para simulaciones de corto plazo (horizonte de menos de un mes) seguramente un paso de simulación horario sea el adecuado.

Hay dos tipos de entidades en base a las cuales se arma el modelo de cualquier sistema en SimSEE. Estas son los **Actores** y las **Fuentes**. Los Actores son entidades que saben de alguna forma manejar la energía (por ejemplo los Generadores y las Demandas de energía eléctrica) y las Fuentes son entidades capaces de generar valores numéricos (por ej. precio del barril de petróleo,

velocidad de viento, etc.) que pueden ser utilizados por los Actores y por otras Fuentes.

Como se trata de realizar simulaciones en el tiempo, los parámetros de estas entidades pueden ir cambiando con el transcurso del tiempo. Incluso pueden aparecer o desaparecer entidades durante el horizonte temporal analizado. Para dar soporte a esta posibilidad de variación temporal de las entidades y sus parámetros, se implementa en SimSEE el concepto de **Fichas de Parámetros Dinámicos**. Como se verá se pueden definir diferentes conjuntos de Parámetros Dinámicos para cada tipo de entidad.

Para llevar adelante una simulación hay que crear los diferentes Actores que participarán de la misma y ubicarlos en una **Sala de Juego** (o simplemente Sala) que es el ambiente donde se desarrollará la simulación. Cada Sala es almacenada en un archivo con extensión “.ese” por defecto.

Las tres aplicaciones más importantes de la plataforma son el Editor de Salas “SimSEEEdit”, el optimizador/Simulador “SimSEESimulador” y el post-procesador de resultados “SimRes3”. Estas tres aplicaciones son referidas en forma abreviada como el **Editor**, el **Simulador** y el **SimRes3** respectivamente.

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.

Dado que los sistemas considerados tienen procesos estocásticos (por ejemplo los aportes hidráulicos a las represas o el estado de rotura/reparación de las máquinas) que hacen que el resultado de la simulación sea en sí un proceso estocástico, en el simulador es posible simular muchas realizaciones de los procesos estocásticos (esto es “historias posibles”). A cada realización de los procesos estocásticos simulada se le llama **Crónica** simulada. Por ejemplo, si se simulan 10 años del sistema con un paso de tiempo diario, se podrá observar la potencia despachada por una central dada en una de las crónicas simuladas como una tira de 10 x 365 valores. Si se simulan 100 crónicas, se necesitará 100 tiras de 10 x 365 valores para representar la misma variable observada. A ese conjunto de valores que representan una magnitud, lo podemos pensar como una matriz, con el tiempo en las filas y las crónicas en las columnas. A esta representación de una magnitud se le llama en SimSEE “Variable Crónica” o **CronVar** en forma abreviada.

Para poder visualizar y realizar cálculos directamente con las CronVars, SimSEE tiene un post procesador de resultados crónicos que es la aplicación SimRes3. Esta aplicación es capaz de tomar los resultados de la simulación y manejarlos para realizar cálculos adicionales y presentarlos en gráficos y planillas de texto plano. El manual de la aplicación SimRes3 es objeto del Tomo IV de esta serie de manuales.

Podemos clasificar los Actores en: Actores de Red, Demandas, Generadores y Otros.

Los Actores de Red son Nodos y Arcos.

Los Nodos son lugares de conexión de actores. En todo intervalo temporal, la suma de las energías inyectadas (con el signo correspondiente) a un nodo debe sumar cero.

Los Arcos son conexiones direccionales entre los Nodos que permiten representar en forma sencilla límites de interconexión entre áreas del sistema.

Las Demandas representan las demandas de energía eléctrica. Son capaces de extraer energía del Nodo al que se conectan. Hay diferentes tipos de modelos de Demanda que permiten diferentes formas de representar cuestiones como la proyección en los años, la variabilidad diaria y horaria y los costos asociados a diferentes niveles de racionamiento.

Los Generadores representan las centrales generadoras. Son capaces de inyectar energía en el Nodo al que se conectan. Los principales modelos de actores-generadores incluidos en la plataforma son: centrales de generación hidroeléctrica con embalse y sin embalse, centrales de generación en base a combustibles fósiles, centrales de bombeo, parques eólicos, colectores termosolares, interconexiones entre países y plantas de generación fotovoltaica.

En Otros actores se agrupan los modelos que no quedan comprendidos en los anteriores, como son modelos de Mercados Internacionales, Bancos de Batería, Modelos de Usos Gestionables de Energía, etc.

En el contexto de SimSEE, Operación Óptima es aquella que guía al sistema de forma tal de lograr abastecer la Demanda al menor Costo Futuro. La operación del sistema es un proceso continuo y podemos expresar lo anterior diciendo que El Organismo Encargado del Despacho (OED) del sistema debe, en cada instante, realizar la operación (despacho de los diferentes recursos) de forma tal de asegurar el menor valor esperado de la operación futura. Al existir en el sistema reservorios de energía (los embalses de las hidroeléctricas por ej.) el OED tiene la opción de utilizar la energía almacenable en el presente evitando otro uso, pero eliminando la posibilidad de usar dicha energía en el futuro (abarata el presente a costa del futuro) o a la inversa, decidir almacenar un recurso para su uso futuro incurriendo el costo de utilizar un recurso alternativo en el presente. Es esta competencia entre el costo del presente versus el valor esperado de la operación futura la que hace que el problema de resolver la política óptima de operación no sea tan trivial como simplemente despachar en todo instante los recursos de menor costo variable para cubrir la demanda.

Los costos en que incurre un sistema de generación eléctrica a efectos de abastecer su demanda se componen esencialmente de:

- Costos variables de operación de las centrales térmicas (combustible y variables de Operación y Mantenimiento).
- Costos de importación de energía menos los ingresos por exportación de energía.
- Costos de Racionamiento, definidos como los costos para la economía del país por el fallo en el suministro de la demanda (costo de falla).

El Costo Futuro del sistema, en paso de tiempo, es la sumatoria de los costos menos los ingresos antes mencionados desde el inicio del paso de tiempo dado hasta el final de los tiempos.

Al conjunto de reglas que permiten la operación del sistema se le llama **Política de Operación (PO)**. En la práctica, ese conjunto de reglas implica dar un valor a los recursos almacenables que permiten comparar la conveniencia de usarlos o almacenarlos en cada instante. Dicha valorización de los recursos almacenables es variante en el tiempo y en el estado del sistema. La característica estocástica del sistema (roturas de máquinas, lluvias, viento, temperatura, etc.) hace que la PO sea una indicación válida estadísticamente, pero no hay certeza de que sea lo mejor cuando es observada a posteriori de que los eventos sucedan. Dicho de otra forma, si se mira hacia el pasado y se juzga una PO en base a la realidad (es decir con cuáles fueron las máquinas que realmente estuvieron disponibles, cuáles fueron las lluvias reales y la energía eólica disponible, etc.) seguramente se podrá encontrar una operación que se pudiera haber hecho mejor si se hubiera conocido con anticipación toda la información.

Resumiendo lo anterior, la operación óptima del sistema puede plantearse como un problema de optimización cuya función objetivo es minimizar en todo instante el valor esperado del costo de la operación futura, es decir, simplemente minimizar el Costo Futuro. Una vez resuelto el problema de optimización, se dispone de “La Política de Operación Óptima (POO)”.

En la simulación de la operación óptima de un sistema con SimSEE se pueden distinguir dos etapas: **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.

Una Simulación de una Sala puede ser de una o más Crónicas, y para ser ejecutada necesita que previamente se haya ejecutado la etapa de Optimización de la misma Sala. A la secuencia de etapas Optimización-Simulación se le llama una Corrida.

En la práctica, no es posible realizar ni la optimización ni la simulación para un horizonte de tiempo infinito (o hasta el final de los tiempos). Una aproximación es considerar un horizonte temporal lo suficientemente extenso como para poder suponer que la suma de costos considerada es representativa del Costo Futuro de operación. Normalmente se utiliza una tasa de descuento del dinero (12% anual por ejemplo), lo que a hace que el peso de los costos, en la integral para calcular el Costo Futuro, vaya decayendo exponencialmente con el tiempo y por tanto quita relevancia a extender el “tiempo final” considerado en valores donde el peso de la tasa de descuento hace irrelevante los costos.

El usuario debe fijar un horizonte de tiempo o intervalo de tiempo especificando **Instante Inicial** e **Instante Final**, tanto para la Optimización como para la Simulación.

A los efectos de realizar los cálculos en base a los modelos de la evolución del sistema, tanto para la optimización como para la simulación, el horizonte de tiempo se discretiza en **Etapas** o **Pasos de Tiempo**. En cada paso de tiempo, SimSEE calculará la evolución del sistema en base al estado inicial, la realización de los procesos estocásticos del paso (rotura de máquinas, caudales de aportes a las centrales hidroeléctricas, etc.) despachando los diferentes recursos para cumplir con el balance energético de cada Nodo del sistema ec. 1 y minimizando el Costo Futuro.

Generación+Importación – Exportación – Demanda+Fallas = 0

ec.(1) Balance energético.

SimSEE tiene la posibilidad de trabajar con una 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) y distribuyendo el resto de las horas de acuerdo a su nivel en los respectivos postes.

El balance energético (ec.1) se verifica en cada uno de los postes del paso de tiempo. En el sistema eléctrico más que balance energético se debe cumplir el balance en potencias, es decir instante a instante. La solución de fijar un paso de tiempo y llevar el balance de potencia a energía es una simplificación. 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 energético. Por ejemplo, para simulaciones con paso semanal, el poste de punta se suele elegir de 4 horas de duración para representar la potencia del pico de los días hábiles. Si las restricciones de potencia deben ser fielmente representadas, el usuario deberá usar un paso de tiempo horario y un solo poste.

El usuario entonces debe especificar la cantidad de postes en los que desea sub-dividir el paso de tiempo y la duración de cada uno de los postes. La suma de las horas de los postes será la duración del paso de tiempo. Dentro de cada poste se suponen valores constantes de potencia de generación y de demanda.

1.2.a)

Fuentes y bornes.

En SimSEE una **Fuente** es una entidad que pone disponible valores en sus Bornes de salida para ser utilizados por las demás entidades (Actores y Fuentes). La palabra Borne, intenta dar la idea de “borne de conexión” como en un circuito, y por eso se dice que los Actores y/o Fuentes que quieran hacer uso de los valores de una fuente, “se conectan a un Borne” de la misma.



La mayoría de las Fuentes son de un solo borne (es decir disponibilizan una sola serie de valores) pero hay algunas que generan varias series en forma simultánea y las disponibilizan en un conjunto de bornes (bornera).

Hay una variedad de modelos de fuentes predefinidos que se pueden utilizar para generar diferentes funciones (por ej. de valores constantes por tramo temporal o sinusoides). Hay otra variedad de fuentes que permite componer una salida en base a otra fuentes (por ej. sumadores, comparadores y multiplicadores). Otro grupo importante de fuentes son el conjunto de fuentes aleatorias que permiten generar valores con diferentes funciones de densidad de probabilidad y modelar procesos estocásticos con un buen grado de detalle.

Para fijar ideas, un uso típico de las fuentes es la indexación de los precios de los combustibles de las centrales térmicas. Para ello se crea una fuente que genere un índice a aplicar sobre el precio del combustible dándole la variación deseada en el horizonte de tiempo simulado. Los Generadores térmicos cuyo combustible sea el correspondiente al índice creado por la fuente, pueden “conectarse” a la fuente para que su costo de producción se vea afectado por la variación del precio de su combustible.

1.2.b) Capas y Escenarios.

La Sala de SimSEE tiene la posibilidad de tener varias Capas. La Capa por defecto es la 0 (Cero). Al editar una Ficha de Parámetros Dinámicos se le puede indicar la capa a la que pertenece.

Este mecanismo de Capas permite armar Escenarios o Casos diferentes. Un Escenario se define indicando cuáles son las Capas de la Sala que están activas en ese Escenario. De esa forma, al ejecutar las etapas de Simulación/Optimización de la Sala, indicando un Escenario se logra que participen de la ejecución solamente las Capas que pertenezcan al escenario indicado. Este mecanismo de Escenarios puede verse como una forma de poder analizar muchos Casos con la misma Sala (el mismo archivo de Sala) sin tener que crear varios archivos y facilitando entonces el mantenimiento de la información.

1.2.c) Parámetros dinámicos.

Para crear Actores o Fuentes en SimSEE, el primer paso es seleccionar el tipo o modelo que mejor lo representa. El segundo paso es configurar la entidad mediante formularios específicos del tipo seleccionado que permiten fijar sus parámetros. Seleccionado el modelo a utilizar, generalmente hay un conjunto de parámetros estáticos que se cambian en un formulario principal de la entidad y otro conjunto de parámetros dinámicos que pueden ir variando durante el horizonte de tiempo. El conjunto de parámetros dinámicos se edita mediante un formulario en el que se indica, además de los valores de los parámetros, la fecha a partir de la cual esos datos son válidos. A una instancia de valores de los

parámetros dinámicos con su fecha se le llama Ficha de Parámetros Dinámicos. Durante la edición de la sala, el usuario puede agregar tantas Fichas de Parámetros Dinámicos como quiera para representar la evolución de la entidad en el tiempo. A modo de ejemplo, el factor de disponibilidad de un generador puede ir variando en función de su vida útil y de las rutinas de mantenimiento a las que sea sometido.

1.2.d) **Unidades.**

Dado un Actor, se puede indicar que el mismo tiene más de una Unidad. Por ejemplo, si configuramos un aerogenerador de 2 MW, indicando que el Actor tiene 25 unidades, estaremos representando un parque de 50 MW. Las Unidades son también parámetros dinámicos, lo que permite quitar unidades para representar el desmantelamiento de una central o agregar Unidades para representar la incorporación de nuevas unidades. Además de la cantidad de unidades, se puede representar cuantas están en mantenimiento programado.

La posibilidad de representar las unidades dentro del Actor en lugar variar su potencia, permite un manejo fino de las disponibilidades tanto programadas como fortuitas. Volviendo al ejemplo del parque de 25 aerogeneradores de 2 MW, si se supone un factor de disponibilidad de 0.95 no es lo mismo modelar el parque como una única unidad de 50 MW que como 25 de 2 MW, pues en el primer caso cuando la unidad sufra una rotura fortuita se perderán 50 MW del sistema, mientras que en el segundo caso, las roturas fortuitas de las unidades son independientes y por tanto el efecto de las indisponibilidades sobre la potencia real disponible para el sistema se ve filtrado (amortiguado) por la cantidad de unidades.

1.3. **Sistemas sin dinámica.**

Se dice que un sistema no tiene dinámica cuando la historia del sistema no es relevante para la determinación de su evolución futura. En forma equivalente, podemos decir que el sistema “no tiene memoria” o “no tiene inercia”.

En un sistema sin dinámica, las acciones del operador tienen consecuencias solo en el paso de tiempo en que las ejecuta y no afectan las posibles operaciones futuras. Si se conociera el costo variable de cada recurso, el despacho más económico sería el que se obtiene simplemente ordenando los recursos, en cada paso de tiempo, del más económico al más caro (por su costo variable de generación expresado en USD/MWh) y en cada poste, de acuerdo al nivel de demanda del poste, comenzando con el más económico y continuando con los siguientes hasta alcanzar la potencia de la demanda.

Este podría ser el caso de un sistema puramente térmico, en el que es sencillo determinar el costo de producción de cada unidad (por ejemplo turbinas aeroderivativas y motores). Para que esto sea posible, ningún componente del sistema debe imponer restricciones que impliquen una vinculación temporal de

las decisiones. La mayoría de los sistemas reales tienen restricciones dinámicas (que vinculan varios pasos temporales) y por tanto la Política de Operación Óptima es más compleja que el simple despacho por orden creciente de costos variables de producción. Solo a modo de ejemplo, en un sistema donde la central de menor costo variable fuera un ciclo combinado que requiere de 4 horas de purga y calentamiento de la caldera y ciclo de vapor para lograr la combinación, aunque sea la central de menor costo variable, no sería la candidata para el cubrimiento de una hora de pico de potencia del sistema.

1.4. **Sistemas dinámicos.**

Se entiende por sistema dinámico uno en el que la historia del sistema es relevante para su futuro. En forma equivalente se dice que los sistemas con dinámica tienen “memoria” o que tienen “inercia”.

La Operación de un sistema es la toma de decisiones en forma continua. De la propia definición surge que en un sistema dinámico, las decisiones del presente afectan el futuro y por tanto al intentar hacer una “operación óptima” habrá que considerar el pasado, por sus consecuencias sobre el presente, y del conjunto de decisiones posibles, tomar aquellas que lleven a un menor costo de operación considerando tanto los costos incurridos en el paso de tiempo en el que se toman las decisiones como el costo incurrido en los pasos futuros.

Los sistemas reales tienen inercias que hacen que sea necesario considerarlos como sistemas dinámicos. Por ejemplo, incluyen almacenes de energía como los embalses de las centrales hidroeléctricas que crean una dependencia temporal. Un volumen de agua que sea utilizado en el presente para sustituir una generación térmica (y así ahorrar el costo de combustible asociado a la energía sustituida), no podrá ser utilizado en el futuro salvo que llueva y se reponga. Otro ejemplo de vínculo temporal (o dinámico) son las centrales térmicas de arranque lento que imponen restricciones en cuanto a imponer un despacho inflexible. Un ejemplo de vínculo dinámico es una central de base como una central nuclear. Una central de este tipo no admite variaciones de potencia en forma rápida (están pensadas para ser despachadas “en la base” de la curva de demanda).

La resolución de los sistemas dinámicos requiere la valorización de recursos almacenables, como el agua en los embalses hidráulicos, que no tiene un costo explícito. La valorización consisten en calcular el valor del recurso por su capacidad de evitar costos futuros. Dicha valorización es utilizada posteriormente en la solución del despacho económico en cada Paso de Tiempo.

Se define el **Estado** de un sistema en un instante dado, como la información relevante del pasado del sistema. Conocer el Estado implica conocer todo lo necesario del pasado que condiciona las posibles acciones presentes y la evolución posible del sistema. Conocido el Estado, es posible calcular la evolución del sistema con el conocimiento de los eventos futuros.

En la Optimización se tiene en cuenta el conjunto de variables de estado que modelan los aspectos fundamentales que nos interesa observar del sistema

eléctrico. Las variables de estado pueden ser continuas (por ej. volúmenes de los embalses de las represas hidroeléctricas, volumen de combustible almacenado en un tanque) o discretas (por ej. encendido/apagado de una máquina térmica que tiene un costo de arranque y parada especificados).

La Optimización se lleva a cabo mediante Programación Dinámica Estocástica (PDE). El resultado de la misma es una función $CF(X, k)$ con el valor esperado del Costo Futuro de operación del sistema para cada valor del vector de estado X y cada paso de tiempo k . Esta función es conocida también como función de valor de Bellman.

La información relevante para la toma de decisiones (La Política de Operación Óptima) se encuentra en las derivadas direccionales de la función de Bellman.

Para la i -ésima componente del vector de estado dicha derivada direccional sería: $\frac{\partial CF}{\partial x_i}(X, k)$.

Observar que esta derivada permite valorizar el uso del recurso asociado a la variable de estado x_i cuantificando el efecto sobre el futuro de tomar una decisión que implique en el presente (instante k) una variación δx_i en la variable de estado x_i .

SimSEE brinda soporte para el manejo de la función de Bellman, para su cálculo y para el cálculo de sus derivadas en forma transparente para el usuario común, y de gran utilidad para los usuarios que pretendan desarrollar nuevos modelos para agregar a la plataforma.

1.5. *Modelado de un sistema de energía eléctrica.*

1.5.a) *Representación de la red de transporte.*

Para el modelado de la red en SimSEE se dispone de Actores del tipo **Nodo** a los que se conectan los demás Actores y del tipo **Arco** o corredores de transporte de energía que unen nodos. Los Nodos son simples barras de conexión, los Arcos permiten especificar rendimiento, peaje, capacidad de transporte y factor de disponibilidad, permitiendo así representar las restricciones de transporte entre las diferentes zonas del sistema considerado.

Solo a modo de ejemplo y para fijar ideas, la Fig. 1 muestra un esquema de un sistema con dos nodos unidos por dos corredores de transporte. Al Nodo_1 se conecta el generador G1 y la demanda D1 y al Nodo_2 el generador G2 y la demanda D2.

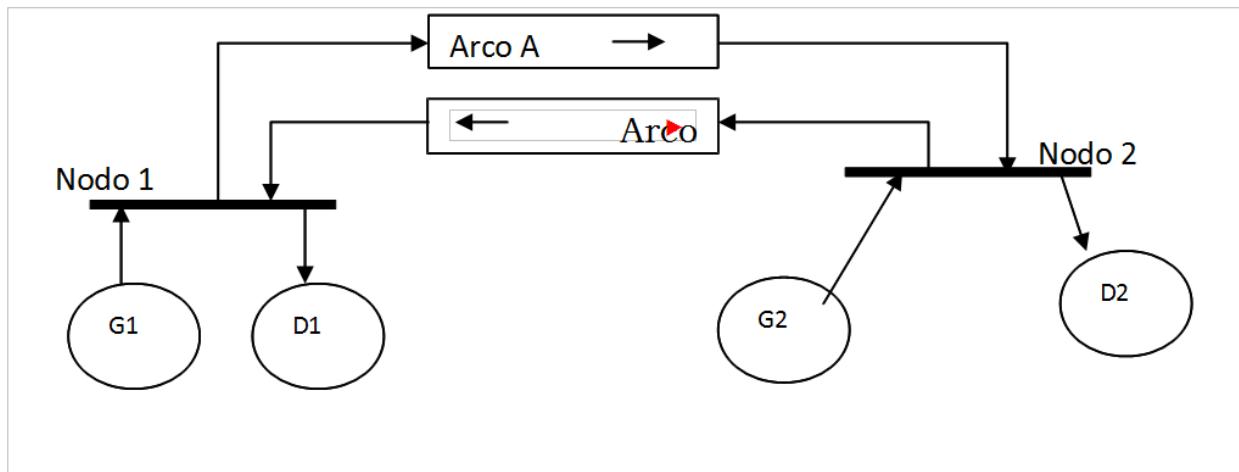


Fig. 1: Representación de la red de transporte.

1.5.b)

Restricciones de Nodo.

En cada NODO se debe cumplir instantáneamente el **Balance de Potencia** (“Restricción del Nodo”), esto es que la suma algebraica de las potencias inyectadas al nodo debe ser CERO.

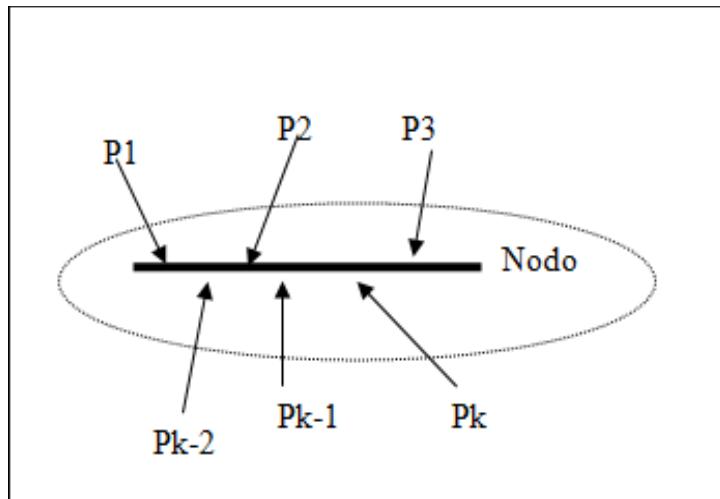


Fig. 2: Restricción de nodo.

1.6. Encadenamiento de Salas de Juego.

El algoritmo de búsqueda de una Política de Operación Óptima implica la exploración del futuro para determinar las consecuencias (el valor) del uso (movimiento del Estado) de un recurso en el presente. Como no es posible explorar hasta el infinito, en la práctica se supone un horizonte a partir del cual la afectación del futuro es NULA. Esta suposición es posible en la práctica por dos razones: 1) al utilizar una tasa de descuento para la actualización de los

costos, el futuro en el muy largo plazo tiene valor presente despreciable y 2) la propia naturaleza del sistema, con almacenes de energía que saturan (por ej. los embalses pueden almacenar hasta un volumen máximo y luego se termina vertiendo el agua) y la aleatoriedad de los recursos que hace que las consecuencias se diluyan con el transcurso del tiempo. El suponer una afectación NULA a partir del fin del Horizonte de Optimización implica que la operación simulada, cuando se acerque al fin del Horizonte, hará un uso de los recursos almacenados suponiendo que no tienen valor a partir del final del Horizonte (por ejemplo esto implica un vaciado de los lagos del sistema) y por esta razón, el Horizonte de Optimización debe incluir al Horizonte de Simulación dejando un margen entre el fin de la Simulación y el fin de la Optimización. Este margen entre el fin del Horizonte de Simulación y el de Optimización, se conoce como Horizonte de Guarda de la Optimización y la duración necesaria del mismo depende de la estructura del sistema bajo análisis.

Es común utilizar más de una Sala para describir el mismo sistema según el Horizonte de análisis. Por ejemplo, una Sala de Largo Plazo con Horizonte de decenas de años y paso de simulación semanal, una sala de Mediano Plazo con horizonte de meses y paso de simulación diario y una sala de Corto Plazo con horizonte de semanas y paso de simulación horario. Si el Horizonte de Guarda de Optimización necesario por la estructura del sistema es de 3 años, sería muy costoso imponer esa guarda en la Sala de Corto Plazo (paso horario) para luego simular solo unas semanas. Por esta razón, es conveniente tener un mecanismo de transferir entre las salas la información sobre las consecuencias del futuro ya explorado por las Salas de mayor horizonte de optimización.

Las salas pueden encadenarse para que la etapa de Optimización de una, en lugar de iniciar el algoritmo de Programación Dinámica Estocástica sin información al final del horizonte de optimización, lo haga “mirando” la función de Costo Futuro de la sala a la que se engancha.

La Fig.3 esquematiza el enganche de las funciones de Costo Futuro del ejemplo de 3 salas antes mencionado.

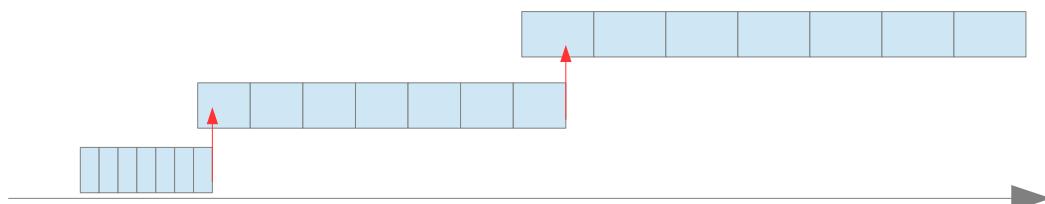


Fig. 3: Horizontes de Optimización de 3 salas encadenadas.

Los espacios de estado de las salas enganchadas no tienen porqué ser los mismos y suelen no serlo, por la sencilla razón de que al ir hacia el presente y querer realizar simulaciones más detalladas con pasos de tiempo cada vez menores se vuelven relevantes nuevas variables de estado que no resultaban relevantes con el paso de tiempo mayor.

Un ejemplo práctico de esto es el uso en el sistema uruguayo. En las salas de largo plazo de paso semanal, solamente se considera relevante el embalse del lago de Rincón de Bonete y se utiliza la cota del lago como variable de estado.

En las salas de mediano plazo de paso diario y horizonte meses, se introduce la cota del lago de Palmar como segundo lago importante del sistema y en la sala de corto plazo de paso horario y horizonte 15 días se introduce la cota del lago de Salto Grande.

Las variables “nuevas” en la sala que se engancha son consideradas “sin información”. Solamente para las variables que coinciden se “transmite” la información (las derivadas parciales) de la sala enganchada a la que se engancha.

También puede suceder que una variable de estado existente en la sala enganchada desaparezca en la sala que se engancha. A modo de ejemplo, si una variable de estado es “muy pesada” y puede considerarse constante en la sala de corto plazo, no tiene sentido considerarla como variable de estado de dicha sala pero sí puede tenerlo en la sala de mediano plazo. En este caso, hay que especificar al realizar el enganche en qué valor de la variable que desaparece se debe realizar el enganche. También se permite que se especifique que se promedien los valores de la variable en lugar de especificar un valor concreto.

2. Procedimiento de Instalación.

En esta sección se describe en detalle el proceso para la instalación del programa SimSEE en su ordenador.

2.1. **Sitio web de descarga.**

En la siguiente dirección web es posible encontrar la última versión del programa de instalación:

<https://simsee.org/downloads.html>

Simplemente baje el archivo comprimido correspondiente de Windows o Linux según sea su sistema operativo y descomprima su contenido en la carpeta `{$HOME}/SimSEE/bin`, donde `{$HOME}` es “`C:\`” si su sistema operativo es Windows y su carpeta de usuario si está en Linux.

El usuario puede seleccionar otra ubicación para instalar SimSEE, pero se recomienda respetar la ubicación sugerida en el párrafo anterior para facilitar la compatibilidad con la referencia a archivos externos que puedan tener las Salas creadas y compartidas por los usuarios.

Por defecto, el idioma de las aplicaciones es Español. Si desea cambiar el idioma, ejecute la aplicación SimSEEEdit y en el menú principal seleccione “Idioma”. Le aparecerá un mensaje indicando que el cambio fue realizado y que para que el mismo tenga efecto debe cerrar y volver a abrir la aplicación.

2.2. **Estructura de carpetas del SimSEE. Descripción del contenido.**

La primera vez que ejecute SimSEEEdit, se crea la estructura de carpetas bajo el directorio `{$HOME}/SimSEE` que se muestra en la Fig.4:

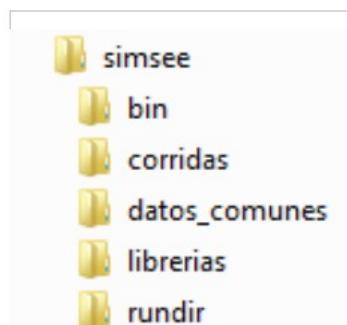


Fig. 4: Estructura de carpetas de SimSEE

El contenido y finalidad de las mismas se describe a continuación:

- “**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. Esta es la organización sugerida, pero no es obligatoria y el usuario puede guardar las Salas en cualquier carpeta. Intente evitar utilizar espacios o caracteres raros en los nombres de carpetas y archivos para prevenir incompatibilidades entre diferentes instalaciones de los sistemas operativos.
- “**datos_comunes**”: En esta carpeta se guardan algunos datos de uso común para que puedan ser usados en diferentes salas. Por ejemplo, los modelos de generación de caudales de aportes a las represas del país en base a series históricas, modelos de generación de potencias eólicas en base a series históricas de viento, demandas detalladas de años históricos, etc.
- “**librerías**”: En esta carpeta se guardan Actores y Fuentes cuando son Exportados de una Sala. Cada Actor y/o Fuente es guardado en un archivo de texto por separado y pueden ser Importados posteriormente desde otra Sala.
- “**rundir**”: Al realizar una Optimización o Simulación con el Simulador, se crea una carpeta dentro de la carpeta “rundir” en la que se almacenan los archivos con resultados de la Corrida. Si no existe una sub-carpeta en rundir, con el mismo nombre que la sala bajo ejecución, la misma se crea al iniciar la ejecución. Si ya existe la carpeta, los resultados contenidos en la misma serán sobre-escritos. Los archivos generados al ejecutarse una corrida suelen ser de un tamaño considerable, por lo que se recomienda revisar cada tanto la carpeta *rundir* y borrar las subcarpetas que ya no se estén usando, para evitar ocupar un espacio excesivo de disco (para volver a generarlos, si fuera necesario, deberá volver a ejecutar la corrida). En la Fig.5 se muestra la carpeta “rundir” marcada del lado izquierdo y del lado derecho se observa que se ha ejecutado una Sala cuyo nombre es “sala_de_prueba”.

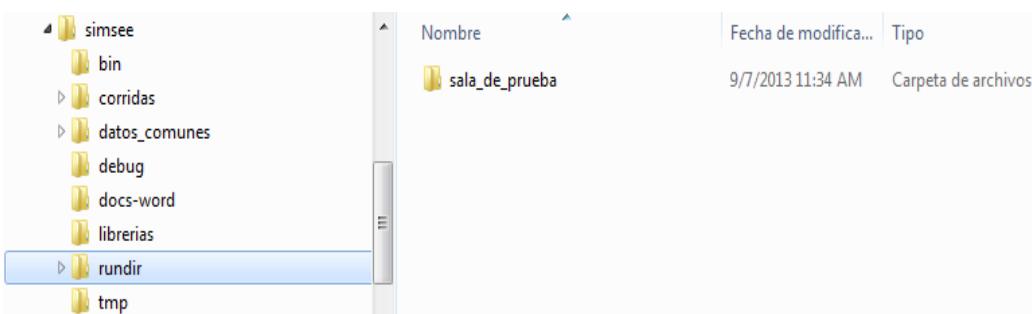


Fig. 5: Carpeta de resultados "rundir".

Se puede observar que, una vez ejecutada una corrida, el sistema agrega algunas carpetas auxiliares a la estructura básica de carpetas: debug, docs-word y tmp, que son carpetas utilizadas en forma accesoria por el software para guardar resultados intermedios, entre otros usos.

2.3. Binarios del SimSEE.

En la carpeta "bin" de instalación de SimSEE se encuentran los siguientes programas ejecutables:

- **"SimSEEEdit"**: Editor SimSEE mediante el cual el usuario puede crear y editar Salas y secuencias de pos-procesamiento de los resultados así como lanzar optimizaciones/simulaciones. Editar una simulación consiste en seleccionar los Actores que participarán del Juego e ir agregándolos en la Sala de Juegos. Para más información vea la sección 3 del presente manual.
- **"SimSEESimulador"**: el optimizador/simulador que será invocado por el Editor cuando el usuario haya finalizado la edición de la Sala y decida optimizar y simular la misma (hacer la Corrida). Se describe en la sección 4 del presente Manual. El optimizador/simulador puede encontrarse con diferentes versiones: "SimSEESimulador", "SimSEESimulador_glpk", "SimSEESimulador_icf", "SimSEESimulador_icf_glpk" según el modo de compilación. Para la resolución óptima del despacho de cada paso de tiempo se plantea un problema de optimización MIPSimplex. Hay dos implementaciones del planteo del problema, a) la inicial en que cada Actor con variable de estado se encarga de incorporar en la función objetivo su estimación de la afectación del costo futuro por movimiento de sus variables de estado y b) una implementación con un Intermediario de Costo Futuro (aquellas que tienen en el nombre la palabra "_icf") se encarga de estimar la afectación del costo futuro en base a los movimientos de los estados reportados por los Actores al incorporar al problema sus restricciones dinámicas. Para la resolución del MIPSimplex, se dispone de un resolver propio desarrollado para simsee y de la

posibilidad de llamar al resovedor de librerías externas GLPK. Las versiones con la palabra “`_glpk`” primero prueban resolver con GLPK y si esto falla prueban con el resovedor SimSEE. Las versiones que no tienen la palabra “`_glpk`” primero prueban con el resovedor SimSEE y si este falla entonces prueban con el resovedor GLPK.

- “**SimRes3**”: el programa que permite al usuario realizar diferentes cálculos de post-procesamiento de los resultados obtenidos en la simulación. Podrá ser invocado por el Simulador una vez finalizada la simulación correspondiente y desde el propio Editor si la simulación ya fue realizada. Su descripción detallada se encuentra en el Tomo IV de la serie de Manuales de Usuarios de SimSEE.
- “**analisisserial**”: es un utilitario auxiliar a la plataforma que permite analizar series temporales de datos y crear un modelo de Correlaciones en Espacio Gaussiano con Histograma CEGH. El programa **analisisserial** se explica en detalle en el Tomo V de la serie de Manuales de Usuario de SimSEE.
- “**cmdopt**”, “**cmdsim**”: archivos de comando que permiten la ejecución de las etapas de Optimización y de Simulación respectivamente. Estos programas no tienen interface gráfica y deben ser llamados pasando como parámetros la Sala a ejecutar y demás datos necesarios. Estos ejecutables son útiles para programar la ejecución de conjuntos de corridas en modo BATCH ya sea en Windows o en Linux. También son los mismos ejecutables que se utilizan para la ejecución de SimSEE en equipos de alto desempeño computacional en los que la ejecución se realiza en forma remota sin acceso a interfaces gráficas.
- “**datosbin2xlt**”: es un utilitario auxiliar que permite convertir un archivo horario detallado en formato binario (extensión `.bin`) a un archivo de texto plano utilizando el carácter tabulador como separador (extensión `.xlt`) de forma de poder visualizar su contenido (por ej. para visualizar los archivos de demanda de SimSEE).
- “**oddface_prepare**”, “**oddface_pig**” y “**oddface_calibrador_sala**”: Son aplicaciones que permiten preparar optimizaciones de planes óptimos de generación o de calibración de parámetros específicos de una Sala SimSEE y ejecutarlos. Se describen al detalle en el Tomo VI de la series de Manuales de SimSEE.
- “**transponerSimCosto**” Esta aplicación permite transponer el contenido de los archivos “`simcosto_{semilla}x{incrónicas}_{escenario}.xlt`”. En el nombre del archivo, `{semilla}`, `{incrónicas}` y `{escenario}` tendrán los valores correspondientes a la semilla madre de las fuentes estocásticas usadas para la simulación, la cantidad de crónicas simuladas y el escenario simulado. Con cada simulación se genera un archivo “`simcosto`” en la carpeta de resultados de simulación ubicada en la carpeta “`rundir/{nombre_sala}`”. La aplicación es útil para poder abrir el archivo “`simcosto...`” como una planilla de LibreCalc (o de Excel) cuando la cantidad de crónicas simulada excede la capacidad de dichos editores.

- “**analisisserial**” y “**fraccionadorcegh**”. La aplicación “analisisserial” permite el entrenamiento de un modelo estocástico del tipo de Correlaciones en Espacio Gaussiando con Histograma (CEGH) para su uso en SimSEE. La aplicación “fraccionadorcegh” es útil para cambiar el paso de tiempo de un modelo CEGH. Por ejemplo si un modelo de caudales fue entrenado con series de promedios mensuales y se requiere disponer de un modelo de paso diario. Estas aplicaciones se describen en el manual específico de la aplicación “analisisserial”.
- “**exploradorCF**”. Esta aplicación permite entre otras cosas convertir un archivo de costo futuro de formato binario a formato “xlt” para abrirlo con el editor de planillas LibreCalc o Excel.
- “**calibNNTD**” y “**cmdCalibNNTD**”. Son aplicaciones con interfase de usuario y de línea de comando respectivamente que permiten el entrenamiento de una red neuronal para ser utilizada en el modelo de Demandas NNTD de SimSEE. Estos modelos permiten captar la dependencia de la Demanda de electricidad con la temperatura y con el tipo de día. Para más detalles ver: <https://doi.org/10.3390/engproc2025101010>
- “**exploradorGRIB**”. Esta aplicación le permite extraer series temporales de archivos “.grib” en formato utilizable por la aplicación “analisisserial”. Es útil por ej. para construir los modelos CEGH que representan los recursos eólico y solar a partir de series de reanálisis bajadas de ERA5.
- “**tractorcito_GUI_rsr**” y “**tractorcito_rsr**”. La aplicación “tractorcito_GUI_rsr” permite definir la estructura de una red neuronal para representar la función de Costo Futuro $CF(X,k)$ y el conjunto de hiperparámetros que determinan las estrategias de exploración y aprendizaje por refuerzo de dicha representación. La aplicación “tractorcito_rsr” es de línea de comando y permite lanzar el agente que realiza el aprendizaje por refuerzo de la función $CF(X,k)$ en forma autómata usando las definiciones creadas con la aplicación “tractorcito_GUI_rsr”.

3. El Editor de Salas.

La información de una Sala SimSEE puede clasificarse en:

- Descripción de los Horizontes Temporales.
- Listado de Actores y Fuentes.
- Especificación de valores a registrar y su posprocesamiento.
- Descripción de Escenarios.
- Parámetros adicionales para la ejecución.

En este capítulo se describen los contenidos anteriores y la forma en que es posible editar los mismos.

3.1. **Métodos unificados de la interfaz de usuario.**

En esta sección se presentan características generales del editor que se aplican en varios tipos de edición. Generalmente, toda la información de la Sala está organizada en listados de entidades (Actores, Fuentes, etc.). El trabajo de edición implica principalmente: Agregar/Quitar entidades de las listas y Editar los parámetros de las entidades.

3.1.a) **Edición de formularios.**

Siempre que se comienza la edición de una entidad, en SimSEE se “clona” la entidad y se abre un formulario que despliega los valores actuales y permite modificarlos. Estos formularios tienen un botón “Guardar” y otro “Cancelar”. Si presiona el botón “Guardar Cambios” (ver ejemplo de la Fig.6) el nuevo juego de valores será copiado sobre los originales, si presiona “Cancelar” el nuevo juego de valores será descartado sin modificar los originales.

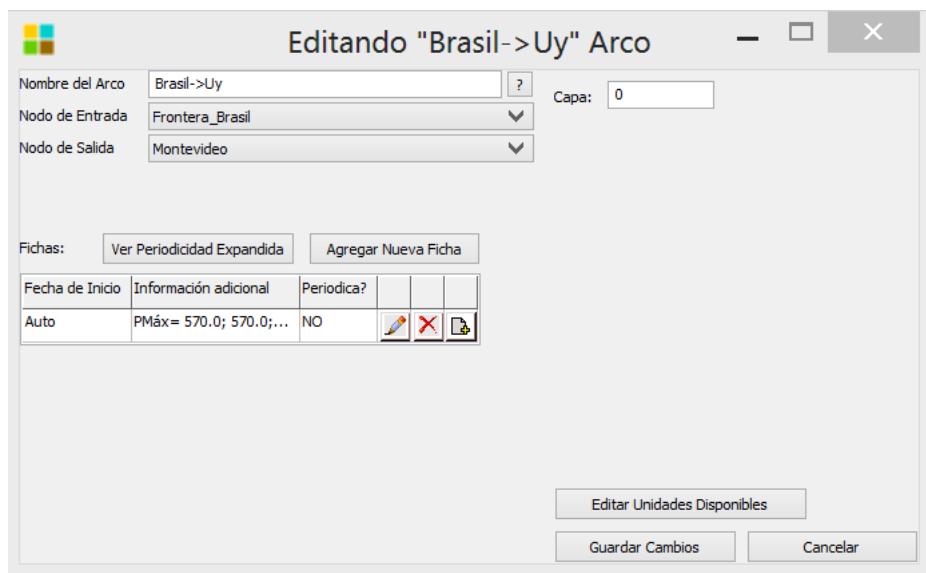


Fig. 6: Ejemplo de formulario de edición.

3.1.b) Manejo de listados.

En el Editor, siempre que es posible editar listados (por ej. Actores, Fuentes, fichas de parámetros dinámicos de una entidad) los mismos se presentan mediante tablas incrustadas en los formularios, como el ejemplo que se muestra en la Fig.7 . En la parte superior de la tabla hay un botón que permite agregar una ficha (registro) al listado. En el ejemplo de la Fig.7 este botón es “Agregar Fuente”.

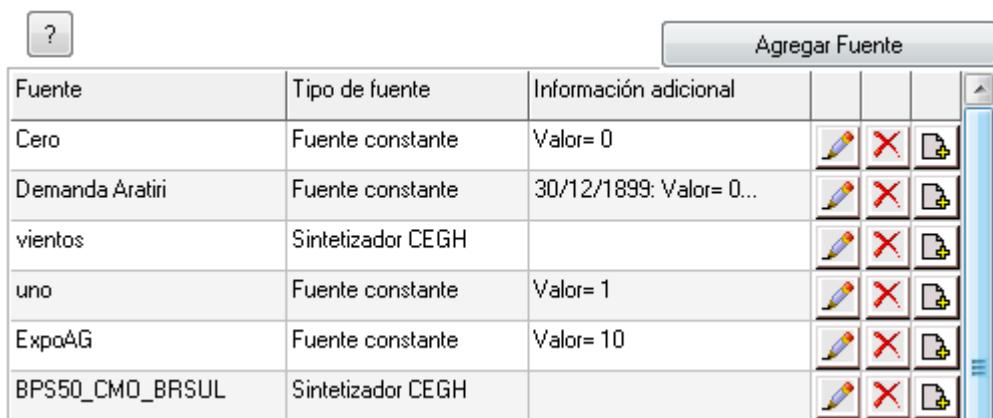


Fig. 7: Ejemplo de tabla para edición de un listado.

Las primeras columnas contienen un resumen de los valores de cada ficha. Las columnas a la derecha con los botones son las que permiten modificar el listado. El significado de los botones es el siguiente:

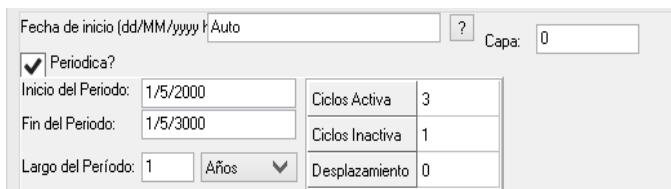
 “Lápiz”: Abre un formulario que permite editar y modificar los valores de la ficha.

 “Cruz”: Permite eliminar la ficha. Se abre una ventana que solicita la confirmación para proceder a dicha eliminación. Por otra parte, si la ficha está siendo referenciada por otra entidad, se abre una ventana que advierte de esto, e informa que por tanto no es posible su eliminación.

 “Clonar”: Clona la ficha. Al presionar este botón se crea una copia de la ficha seleccionada y se abre el formulario de edición sobre la nueva ficha creada. Es útil para crear una nueva ficha a partir de otra existente, evitando tener que introducir todos los datos nuevamente.

3.1.c) Editando una Ficha de Parámetros Dinámicos.

Cada Actor o Fuente tiene su propio tipo de Ficha de Parámetros Dinámicos con su juego de parámetros específicos, pero todos los tipos de Fichas de Parámetros Dinámicos tienen en común los parámetros que aparecen en el formulario de la Fig.8.



Fecha de inicio (dd/MM/yyyy):	Auto	Capa:	0
<input checked="" type="checkbox"/> Periodica?			
Inicio del Periodo:	1/5/2000	Ciclos Activa:	3
Fin del Periodo:	1/5/3000	Ciclos Inactiva:	1
Largo del Período:	1	Años	Desplazamiento: 0

Fig. 8: Fichas de parámetros dinámicos.

La “Fecha de inicio” indica a partir de qué fecha es válida la Ficha. La palabra “Auto” o un 0 (Cero) indica que la ficha es válida desde *el inicio de los tiempos* (o lo que es lo mismo desde el inicio del Horizonte).

La “Capa” permite especificar en qué Capa de la Sala es válida la ficha.

El casillero “Periódica?” permite indicar si la Ficha debe ser considerada periódica o no. Si está desmarcado, la ficha no es periódica y es válida a partir de la Fecha de Inicio indicada. Si se marca el casillero, se expande el panel que se muestra en la Fig.8. Si una Ficha es periódica, representa un tren de fichas coincidiendo una de ellas en la Fecha de Inicio. Las fichas estarán separadas entre sí el tiempo que se indique en “Largo del Período” (1 año en el ejemplo de la Fig.8). “Inicio de Período” y “Fin de Período” determina una venta (Filtro de Horizonte) en la que las fichas del tren de fichas son válidas. Además de ese Filtro de Horizonte, los parámetros “Ciclos Activa” y “Ciclos Inactiva” permiten dar una “cadencia” (Filtro de Cadencia) dentro del tren de fichas. En el ejemplo, “Ciclos Activa = 3” y “Ciclos Inactiva = 1” indican que en el tren de fichas hay una cadencia de tres fichas activas seguidas de una inactiva y luego se repite tres activas y una inactiva en forma indefinida. Este filtro de cadencia permite modelar situaciones como los mantenimientos programados de centrales de

generación. Generalmente, las centrales tienen mantenimientos Regulares todos los años y Especiales una vez cada cuatro años en el ejemplo. El parámetro “Desplazamiento” permite indicar a cuántos pasos (fichas) está la primera ficha activa respecto de la “Fecha de Inicio”.

La configuración y uso de las fichas periódicas ha mostrado ser difícil de entender y utilizar por los usuarios. Para intentar reafirmar el tema, se presentan a continuación tres ejemplos de uso de fichas periódicas.

3.1.c.i *Ejemplo 1*

Como ejemplo, para programar que una central es sacada a mantenimiento todos los años durante 1 mes en setiembre, se necesitan dos fichas periódicas. Una, que quite la unidad y otra que la re-establezca un mes después. En este caso, las Fechas de Inicio serían 1/9/2013 y 1/10/2013 respectivamente, ambas fichas tendrían marcado el casillero “Periódica?” y Largo de Período 1 año. En el filtro de horizonte se pondrían los dos valores en Auto o 0 (Cero), para indicar que es desde el inicio de los tiempos hasta el final de los tiempos (es decir durante todo el horizonte de análisis). Los parámetros de cadencia se pondrían en “Ciclos Activa = 1”, “Ciclos Inactiva = 0” y “Desplazamiento = 0” .

Para dar un ejemplo en que el filtro de cadencia tenga sentido, imagínese un caso en que las dos fichas del párrafo anterior definen el mantenimiento regular de la central, pero que una vez cada cuatro años hay que hacer un mantenimiento mayor que dura 4 meses y se quiere iniciar en agosto. Para lograrlo, hay que agregar dos fichas más que modelen el mantenimiento mayor y a las dos fichas del párrafo anterior hay que darles cadencia. Las dos fichas que modelan el mantenimiento mayor tendrían fechas 1/8/2013 y 1/12/2013, “Largo de Período = 1 año”. El filtro de horizonte con los dos valores en Auto. Los parámetros de cadencia serían: “Ciclos Activa = 1”, “Ciclos Inactiva = 3” y “Desplazamiento=(N-1)” con el valor de N que se explica más adelante. A las dos fichas del párrafo anterior hay que cambiarle los parámetros de cadencia que serían: “Ciclos Activa = 3”, “Ciclos Inactiva = 1” y “Desplazamiento= (N-1)+1” para asegurarnos de que quede el inicio de uno de los grupos de tres fichas activas un año después de cada mantenimiento mayor. El valor de (N-1) fija cuándo es el mantenimiento mayor respecto de la fecha 1/8/2013. Si (N-1) = 0 entonces hay un mantenimiento mayor en 2013, si es 1 en 2014 y así respectivamente.

3.1.c.ii *Ejemplo 2.*

La Fig..9 muestra una de las fichas de parámetros dinámicos de un actor que representa en una sala la posibilidad de importación de energía.

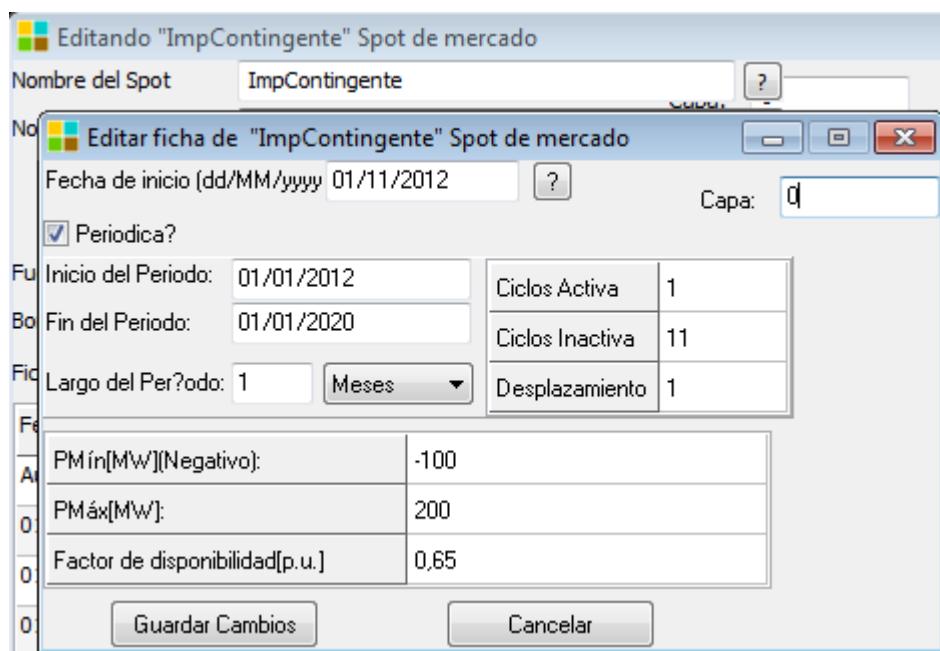


Fig. 9: Ejemplo de uso de parámetros dinámicos.

En el ejemplo, se trata de una importación modelada como un Actor del tipo “Spot de Mercado”. Para representar que la disponibilidad de energía del país vendedor puede variar sustancialmente según la época del año y de parámetros aleatorios como son el régimen de lluvias y la temperatura, se consideran factores de disponibilidad de la interconexión variables con las estaciones del año. Y esto se repite de igual forma todos los años. Es así que pueden definirse para el Actor dos fichas periódicas, una, cuya validez comienza a principios del invierno (mes de mayo) y la otra, cuya validez comienza a principios del verano (mes de noviembre), tal como se muestra en la Fig.10 (observe que para estas dos últimas fichas la columna “Periódica?” está marcada con “SI”, al contrario de las fichas anteriores que indican “NO”. Las dos primeras fichas son sobreescritas por las periódicas).

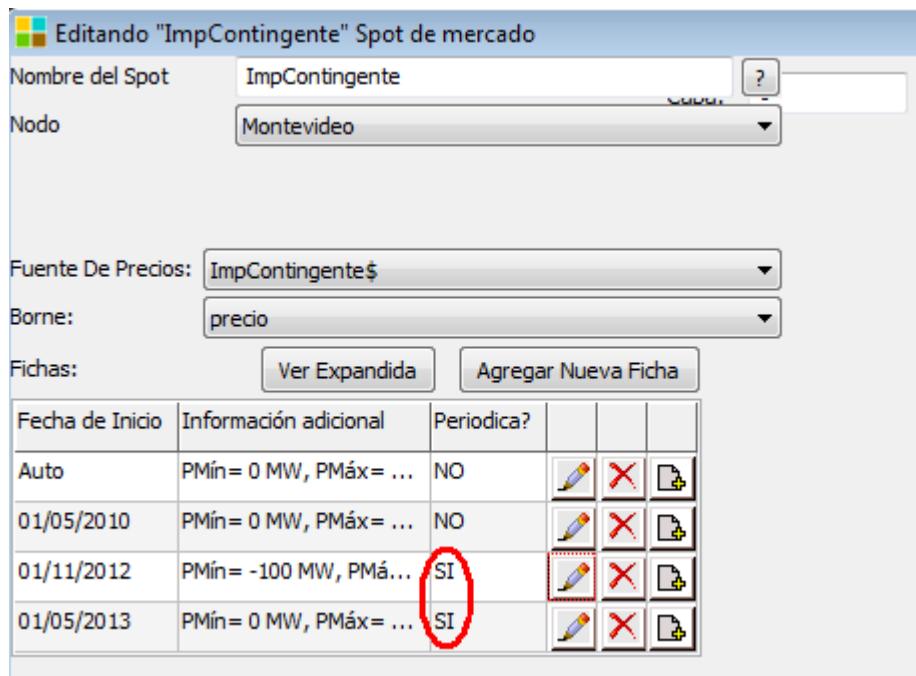


Fig. 10: Dos fichas periódicas para dar estacionalidad.

La ficha correspondiente al período de verano es la mostrada en la Fig.9, y allí puede verse que ,si bien la periodicidad es anual, se declaró en meses, a efectos de permitir desplazar el inicio del verano en un mes. La ficha se activa durante un ciclo (un mes) y no se vuelve a activar durante los 11 ciclos siguientes (pero permanece activa hasta que otra ficha la sobre-escriba). Esto será así para todos los meses comprendidos en el intervalo 2012-2020 durante el cual se declara que rige la periodicidad, comenzando por el 1/11/2012 (fecha de inicio de la ficha de “verano”). Si el desplazamiento fuera nulo, la ficha comenzaría a valer a partir de noviembre, todos los años. Pero se indicó un desplazamiento de 1 mes, esto significa que comenzará a valer a partir de diciembre todos los años. Llegado mayo, comenzará a valer la otra ficha “de invierno”, complementaria, que como se ve en la Fig.11, modifica la Potencia y disponibilidad de dicha importación.

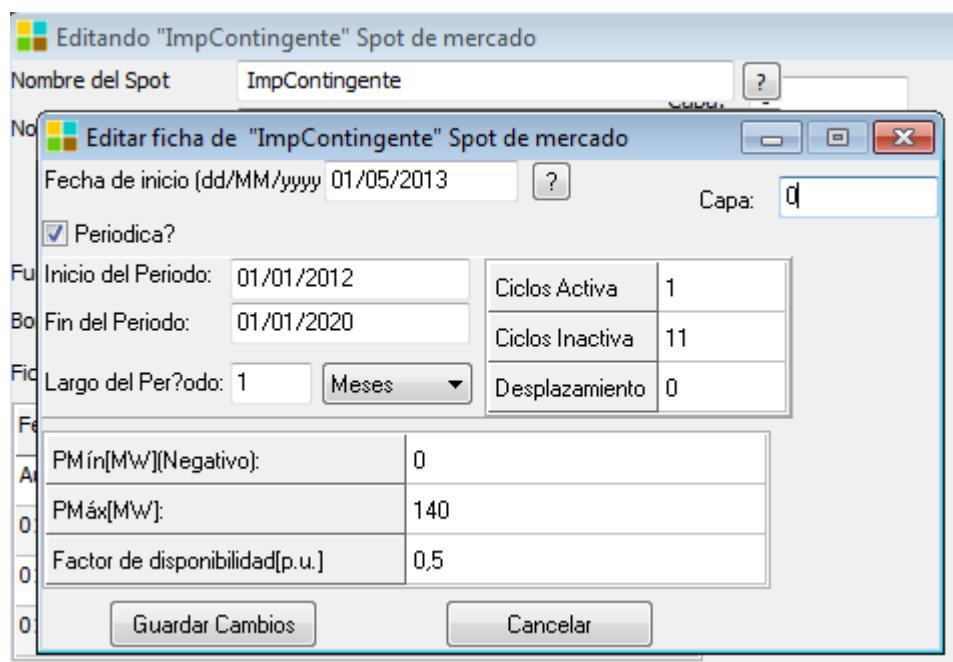


Fig. 11: Ficha de inicio de invierno para el ejemplo.

En el ejemplo, el horizonte de análisis es desde el de 27/4/2013 hasta 1/1/2020 y el paso de tiempo de simulación es semanal. Los dos trenes de fichas generados por ambas fichas periódicas y los respectivos filtros de horizonte y cadencia se representan en la Fig.12. Como se puede apreciar en este ejemplo, el “filtro de horizonte” de las fichas es más amplio que el horizonte de análisis, por lo que las fichas efectivas quedan limitadas por el horizonte de análisis.

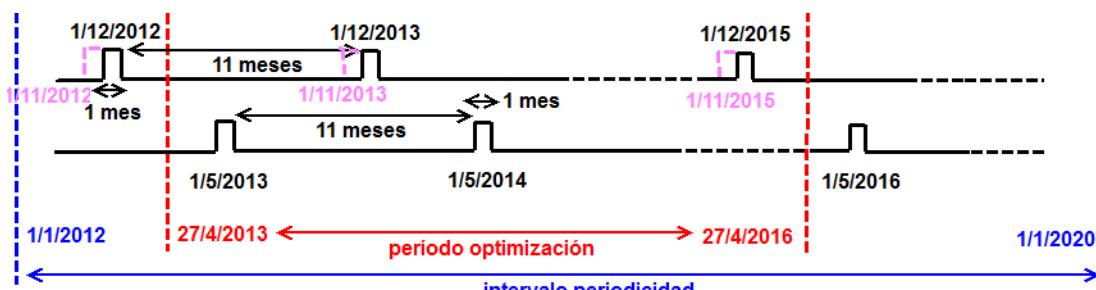


Fig. 12: Esquema de trenes de fichas generadas en el ejemplo.

Puede comprobarse cómo quedó configurada la periodicidad mediante el botón “Ver Expandida”, que proporciona el editor del Actor. En la Fig.13 se puede apreciar el botón “Ver Expandida” y en una ventana sobrepuerta, el resultado, de haber presionado el botón con el listado de las fichas que resultarán efectivas de acuerdo a las definiciones dadas.

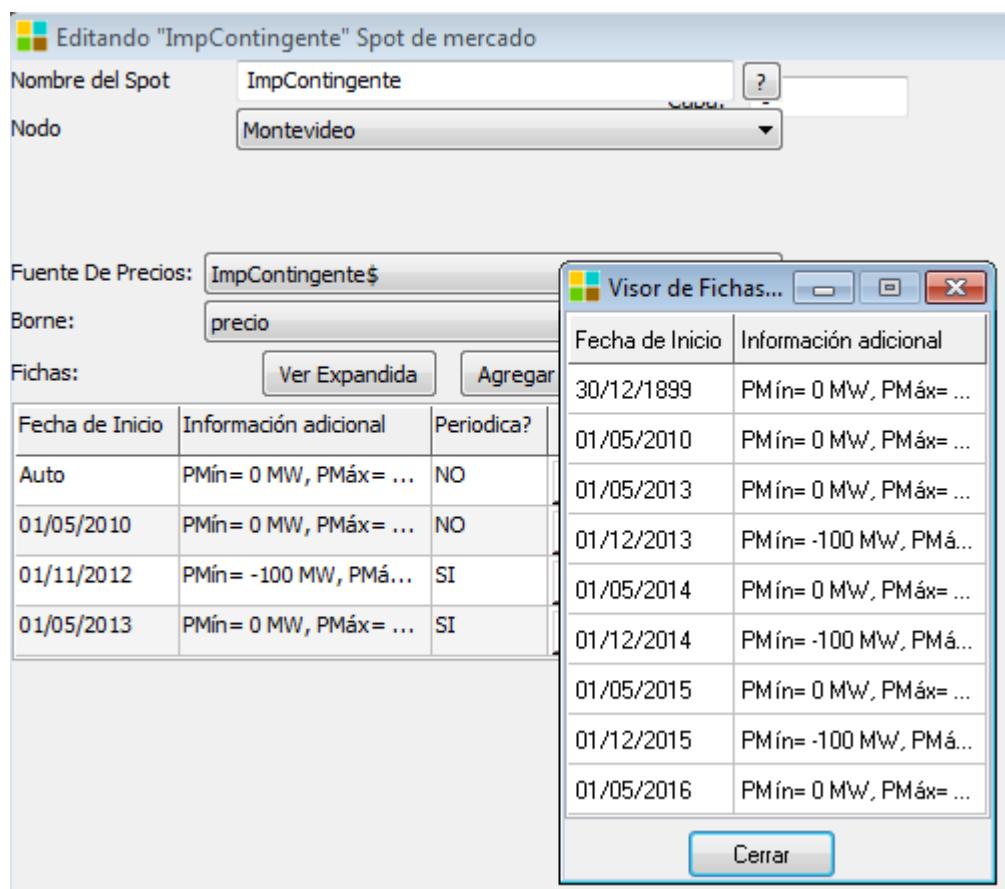


Fig. 13: Despliegue de las fichas expandidas por todas las fichas de un actor.

3.1.c.iii **Ejemplo 3.**

A modo de ejemplo, supóngase una central compuesta por 2 unidades generadoras de iguales características y que a partir del 1º de Enero de 2013, todos los años, en el mes de Abril se debe sacar de servicio una de las unidades por 30 días para realizar tareas de mantenimiento preventivo.

Para modelar esta rutina de mantenimiento se debe crear una primera ficha no periódica y con fecha de inicio el 01/01/2013 con 2 unidades disponibles y ninguna en mantenimiento.

Posteriormente se deben ingresar las rutinas de mantenimiento periódicas, para lo cual se deben crear 2 fichas periódicas. Una de ellas se debe activar todos los meses de Abril y saca de servicio una de las unidades. La otra ficha se debe activar todos los meses de Mayo reponiendo la unidad.

En la Fig.14 se muestra el “Editor de Unidades Disponibles” con las fichas correspondientes.

Fig. 14: Fichas de unidades del Ejemplo 3.

En la primera ficha (Fig. 16), se especificó que el inicio de un período es el mes de Abril del año 2013, que el Largo del Período es 1 año, Ciclos Activa 1, Inactiva 0 y Desplazamiento 0.

Fig. 16: Primera ficha periódica.

Fig. 15: Segunda ficha periódica.

En la segunda ficha (Fig. 17), se indicó que la fecha de inicio del período es Mayo de 2013, el largo del período 1 año y la cantidad de ciclos activa 1.

De esta forma quedó creada la rutina de mantenimiento durante todo el período de interés.

Con el botón *Ver Expandida* se puede visualizar todas las fichas del período (Fig. 17). Se observa claramente que todos los años en el mes de Abril sale de servicio una de las máquinas (indicado con M:1 que significa una unidad en mantenimiento) y en el mes de Mayo las 2 máquinas se encuentran disponibles (indicado con M:0 que significa que ninguna máquina está en mantenimiento). En la tabla de la Fig. 17 la nomenclatura (I:2 M:1) significa que hay dos máquinas instaladas (I:2) y una en mantenimiento (M:1).

Fig. 17: Fichas expandidas.

3.2. Menú Principal del Editor de SimSEE.

El programa “**SimSEEEdit**” es el Editor de salas para SimSEE. En la Fig.18 se muestra la pantalla inicial del Editor.



Fig. 18: Pantalla inicial del Editor.

En la parte superior se puede ver el **Menú Principal** de SimSEE con las siguientes opciones: “Archivo”, “Herramientas”, “?” e “Idioma”.

En la parte inferior derecha se muestra una ventana de “**Advertencias!!!**” donde se despliegan advertencias sobre posibles errores, en caso de presentarse éstos. Por ejemplo, cuando se cambia la versión de SimSEE, al abrir una Sala elaborada con alguna versión anterior, pueden aparecer mensajes de advertencia indicando los cambios realizados por el cambio de versión.

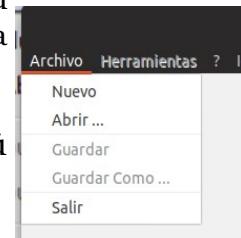
A continuación se describen las distintas opciones que presenta el **Menú Principal** de SimSEE.

3.2.a)

Opción “Archivo”

Haciendo click sobre la opción “**Archivo**” del Menú Principal, se abrirá un sub-menú como se muestra en la Fig.19.

Las acciones posibles a partir del sub-menú Archivo son las siguientes:



- “**Nuevo**”: permite crear un nuevo archivo de *Sala*, vacío sin Actores.
- “**Abrir...**”: para seleccionar y abrir un archivo de *Sala* previamente guardado.
- “**Guardar**”: para guardar en disco la *Sala* que se está editando.
- “**Guardar Como...**”: para guardar la *Sala* que se está editando con otro nombre.
- “**Salir**”: para salir del Editor de SimSEE.

Una vez abierto un archivo de *Sala* existente, o bien iniciada la creación de una nueva *Sala* vacía, se abrirá una pantalla con una serie de solapas, como se muestra en la Fig.20, que permiten editar los diferentes componentes de la *Sala de Juego*.



Fig. 20: Solapero principal del Editor.

El uso de cada solapa de la Fig.20 se describe más adelante en la sec. 3.3.

3.2.b)

Opción “Herramientas”.

La opción “**Herramientas**” solo se habilita una vez abierta una *Sala*. Haciendo click sobre la opción “**Herramientas**” se abrirá un sub-menú como se muestra en la Fig.21.

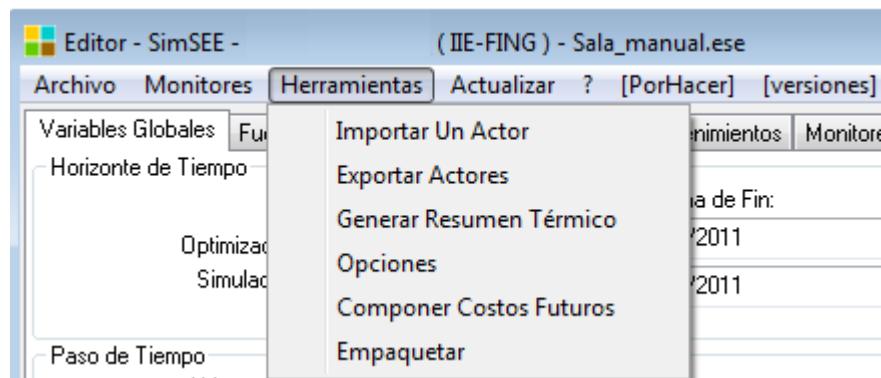


Fig. 21: Sub menú *Herramientas*.

Este sub-menú permite seleccionar la acción a realizar de acuerdo al detalle de las siguientes subsecciones.

3.2.b.i Importar Un Actor.

Permite importar a la *Sala* un *Actor* (archivo con extensión “.act”) previamente guardado con la opción “Exportar Actores” desde la carpeta *librerias* de SimSEE (por defecto en C:\simsee\librerias\). Esta misma acción se puede realizar desde la pantalla de edición de los *Actores* (solapa “Actores”).

3.2.b.ii Exportar Actores.

Permite seleccionar uno o varios *Actores* a ser exportados a la carpeta *librerias* de SimSEE. Esta misma acción se puede realizar desde la pantalla de edición de los *Actores* (solapa “Actores”).

3.2.b.iii Generar Resumen Térmico.

Genera una planilla Excel con un listado de la información relevante para los *Actores* correspondientes a las Centrales Generadoras Térmicas presentes en la corrida: Potencia mínima (si se especifica) y máxima (MW) de cada unidad, costo variable a potencia mínima (si se especifica) y costo medio (de acuerdo a su despacho en la corrida) en USD/MWh, costo variable incremental de generar el siguiente MWh, factor de disponibilidad especificado para cada unidad (p.u.), costo de arranque y de parada (USD) (si se especifican), etc, como se muestra en la Fig.22. Se trata de un resumen de sus parámetros iniciales, no teniendo en cuenta la evolución de los Generadores dada por las fichas de parámetros dinámicos.

El resumen se guarda automáticamente en la carpeta \${HOME}\SimSEE\run-dir\nombre_de_la_sala.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Nombre	PMin[MW]	PMax[MW]	CV_PMin[US]	CV_Medio[US]	CV_Increme	FDisp[p.u.]	Costo Arranque	Costo Parada[NUnidades	minNPasosC
2	Alur	-	5 -	0	0	0.4 -	-	-	-	-	-
3	Amp_Biomasa	-	0 -	0	0	0.6 -	-	-	-	-	-
4	Bioener	-	11.5 -	0	0	0.5 -	-	-	-	-	-
5	CB-5ta-FOP	-	77 -	121.4	121.4	0.84 -	-	-	-	-	-
6	CB-6ta-FOP	-	113 -	124.4	124.4	0.84 -	-	-	-	-	-
7	CTR	-	103.5 -	212.5	212.5	0.84 -	-	-	-	-	-
8	Ciclo_combinado	-	170 -	248.3	248.3	0.9 -	-	-	-	-	-
9	Fenirol	-	8.8 -	0	0	0.35 -	-	-	-	-	-
10	Galofer	-	12.5 -	0	0	0.5 -	-	-	-	-	-
11	Grupos_diesel	-	1 -	300	300	0.84 -	-	-	-	-	-
12	Las_Rosas	-	1.2 -	0	0	0.15 -	-	-	-	-	-
13	Liderdat	-	4.8 -	0	0	0.25 -	-	-	-	-	-
14	Montes_del_Plata	-	0 -	0	0	0.6 -	-	-	-	-	-
15	Motores	-	10 -	106.5	106.5	0 -	-	-	-	-	-

Fig. 22: Resumen de generadores térmicos.

3.2.b.iv “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 trasportar la Sala a otra computadora.

3.2.c)

Opción “?” (Ayuda).

La opción “?” intenta abrir el navegador Web por defecto de su computadora con la ayuda en línea para el uso de SimSEE. Para que se despliegue la ayuda, debe tener un navegador configurado y acceso a Internet. En diferentes partes del Editor, donde aparece el símbolo de pregunta “?” al presionarlo se despliega la página de ayuda según el contexto en el que aparece el botón. La ayuda en línea es permanentemente mejorada gracias a la realimentación de los usuarios, por lo cual, en caso de tener sugerencias sobre como mejorar una explicación no dude en utilizar el formulario de contacto en: <https://simsee.org/contacto.php> para hacer su aporte.

3.2.d)

Opción “Idioma”.

Esta opción le permite cambiar el Idioma utilizado en la plataforma SimSEE. Por ahora, los Lenguajes disponibles son Español (idioma por defecto) e Inglés. Al usar esta opción se le abrirá una ventana con un mensaje indicando que el cambio de idioma será efectivo a partir de la próxima vez que abra la aplicación.

3.3. Solapero Principal.

Al crear una nueva sala, o abrir una existente, se muestra el “solapero principal del Editor” que se muestra en la Fig.23 (señalado por la flecha roja)..

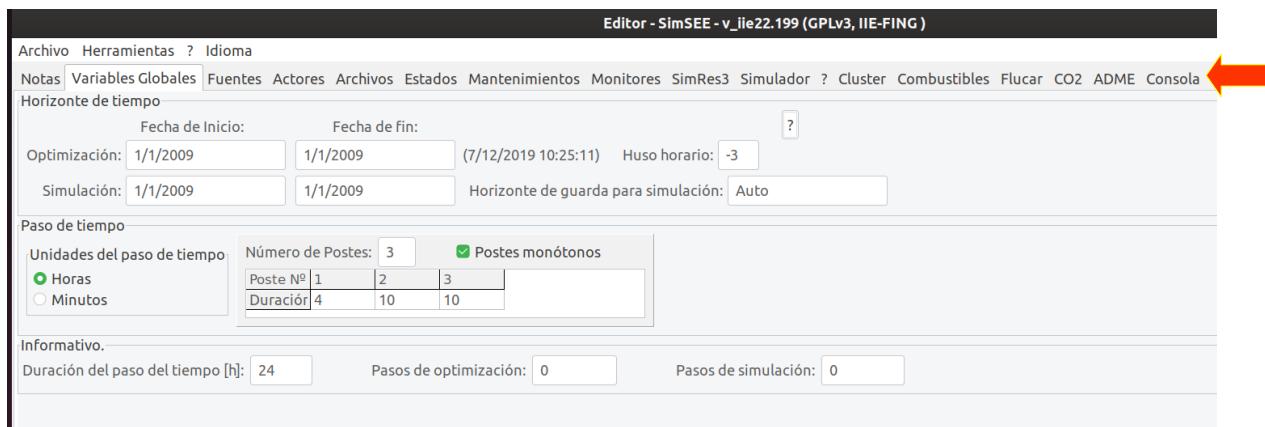


Fig. 23: Solapero principal del Editor de Salas SimSEE

El uso de toda estas solapas se describe en las siguientes secciones.

3.3.a)

Solapa 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.

3.3.b)

Solapa - Variables Globales.

En la solapa “**Variables Globales**” se definen los parámetros globales de la Optimización/Simulación. El ingreso de datos es como se muestra en la Fig.23. Las **Fechas de Inicio y Fin** permiten definir tanto del horizonte de tiempo de la **Optimización** como de la **Simulación**.

El horizonte de Simulación debe estar siempre contenido en el horizonte de Optimización, dado que es durante el proceso de Optimización que se determinará la Política de Operación óptima de los recursos del sistema; política que será necesaria para poder llevar a cabo la Simulación.

Se aconseja dejar un margen al final del horizonte de Optimización (esto es, que el mismo exceda el horizonte de Simulación) de forma de que los valores de la función de Costo Futuro (que se construyen desde el futuro hacia el

presente, en la recursión del algoritmo de Programación Dinámica Estocástica) se hayan estabilizado en valores representativos independientes de la condición inicial del algoritmo. A dicho margen se le llama “horizonte de guarda de optimización”.

Cuán extenso debe ser el “horizonte de guarda” depende del sistema bajo simulación, y en particular, de las constantes de tiempo involucradas. Otro factor que incide en la estabilización de la función de Costo Futuro es la tasa de descuento que se utilice (parámetro que se especifica en la solapa Simulador sec. 3.3.i)). Se aconseja utilizar tasas superiores a 8% anual.

La “**Fecha de Inicio**” es la fecha de comienzo del primer paso de tiempo.

La “**Fecha de Fin**” es la fecha de inicio del paso siguiente al último paso de tiempo considerado por la corrida.

Estrictamente, si se llama t_{ini} a la fecha de inicio t_{fin} a la fecha final y

Δt a la duración del paso de tiempo, los pasos de tiempo quedarán identificados por el ordinal $k=1,2\dots N$ con el mayor N tal que $(t_{ini}+(N-1)*\Delta t) < t_{fin}$.

La “**Fecha Guarda Sim**” permite especificar una fecha a partir de la cual se escriben los resultados de simulación. Esto permite ignorar fácilmente el inicio de una simulación como forma de independizarse de la condición inicial del sistema durante la simulación. El valor “30/12/1899” que se muestra en el ejemplo de la Fig.23, al ser anterior a la fecha de inicio de la simulación (“1/1/2009” en el ejemplo), implica que se salvarán todos los resultados desde el inicio de la simulación.

En el panel “Paso de Tiempo”, se presenta la opción de seleccionar las “Unidades del paso de tiempo”.

En la Fig.23 se muestra el panel “Paso de Tiempo” cuando se ha seleccionado como unidades “Horas”. En esa condición, hay que especificar la cantidad de Postes (o bandas horarias) en las que se dividirá el paso de tiempo (3 en el ejemplo de la Fig.23) y en la tabla de Duración de los postes especificar la duración en horas de cada uno de los postes.

Fig. 24: Panel del paso de tiempo en Minutos.

Si en lugar de marcar “Horas” como unidades se marca “Minutos”, el Panel cambia al formato de la Fig.24. Como se puede apreciar, si se selecciona “Minutos” como unidad para especificar el paso de tiempo, entonces no se permite sub-dividir el Paso en Postes y solamente se permite especificar la duración del paso en minutos. La posibilidad de ejecutar simulaciones con paso de tiempo en minutos es más con propósitos académicos y de investigación que para la operación real del sistema de generación de energía eléctrica.

En el panel “Informativo”, se despliega la duración resultante del Paso de tiempo (suma de las horas de los Postes) y la cantidad de pasos en que quedarán divididos el horizonte de Optimización y Simulación.

Volviendo al ejemplo de la Fig.23, con las unidades seleccionadas en “horas”, el casillero **“Postes Monótonos”** indica si en la partición del paso de tiempo en postes, se desordenan las horas del paso o no. 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. La Monótona de Carga se construye ordenando la potencia horaria de la Demanda (del primero de los Actores Demanda si hay más de uno) en forma decreciente creando así un nuevo orden de las horas en el paso de tiempo. De esa forma, se crea un nuevo orden en las horas del paso de tiempo. En el nuevo orden, las primeras horas son las del Poste 1 (horas de mayor demanda), las segundas del Poste 2 y así sucesivamente hasta llegar al último Poste (horas de menor demanda). Si se desmarca el casillero, no se desordenan las horas del paso y entonces, el Poste 1 contendrá las primeras horas del paso (en el orden cronológico natural), el segundo las siguientes y así sucesivamente hasta completar el paso de tiempo con el último Poste. El uso desmarcado es para fines académicos por lo cual verifique siempre que el casillero “Postes Monótonos” esté marcado (salvo que esté haciendo algún análisis en que tenga sentido no marcarlo).

Si no se quiere utilizar el mecanismo de subdivisión del Paso de Tiempo en Postes basta con indicar que la cantidad de postes es 1 (uno) y hacer que ese único poste tenga la duración en horas que deba tener el Paso de Tiempo.

3.3.c) **Solapa - Fuentes.**

En la Solapa Fuentes, es posible agregar y editar las Fuentes de la Sala de Juego. Una Fuente, es un generador de valores que pueden ser utilizados por los Actores y por otras Fuentes. En la Fig.25 se muestra un ejemplo (para una Sala dada) del contenido de la solapa.

Fuentes			
<input type="button" value="Agregar Fuente"/> <input type="button" value="?"/> <input type="button" value="Eliminar no usadas"/>			
Fuente	Tipo de fuente	Información adicional	
Cero	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
Excedentes_precio	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
precio_dist	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
viento	Sintetizador CEGH	0,	
fuente_kts	Sintetizador CEGH	0,	
BPS50yCMOBR	Sintetizador CEGH	0,	
CMG1_BR	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
CMG3_BR	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
cmgbrp12	Fuente producto	0, fuenteA= CMG1_BR...	
cmgbrp4	Fuente producto	0, fuenteA= CMG3_BR...	
cmgbrp3	Fuente de combinación	0, a= 0.767472527, ...	
ImpContingente_cte	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
ImpConvRivera_cte	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
tendencia_petroleo	Fuente constante	0, 30/12/1899: 0, 3...	
volatilidad_petroleo	Sintetizador CEGH	0,	
exp_precio	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
precio_Ventus	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
iPetroleo	Fuente producto	0, fuenteA= volatil...	
Uno	Fuente constante	0, 0, 30/12/1899,V:...	
iGO	Fuente de combinación	0, a= 0.75, fuenteA...	
CMO_Tendencia	Fuente constante	0, 30/12/1899: 0, 3...	
CMO1	Fuente producto	0, fuenteA= BPS50y...	

Fig. 25: Ejemplo del contenido de la solapa Fuentes.

Presionando el botón “Agregar Fuente” se despliega el formulario de la Fig.26 que permite seleccionar el tipo de fuente a agregar. Los diferentes modelos de fuentes se detallan en el TOMO 2 de esta misma serie de manuales.

Una vez seleccionada y configurada, la fuente es agregada al listado de fuentes que se muestra debajo del botón “Agregar Fuente”.

Presionando el botón “Eliminar no usadas”, elimina de la Sala todas las fuentes que no estén siendo referenciadas por ninguna otra entidad.

Para “editar” los parámetros de una fuente hay que presionar el lápiz en el listado, para eliminarla la cruz y para “clonarla” (hacer una copia gemela) el botón .

Si intenta eliminar una Fuente que esté referenciada por un Actor u otra Fuente, recibirá un mensaje de error. Deberá ir a la entidad que hace referencia a la fuente y eliminar la referencia para poder eliminar la Fuente.

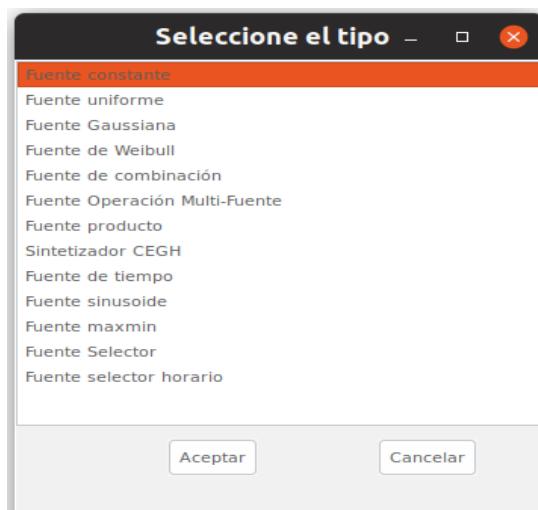


Fig. 26: Formulario selector de Fuente a agregar.

Un uso común de las fuentes es para modelar índices de crecimiento de precios para afectar, por ejemplo, los costos de generación de los Actores que consumen un mismo tipo de combustible. Otro uso común es el modelado de los recursos que son inherentemente estocásticos como ser los caudales de aportes a las centrales hidroeléctricas o la velocidad de viento en los parques de generación eólica.

Como ejemplo de uso en un Actor, puede verse en la Fig.27 una ficha de parámetros dinámicos correspondiente a una central térmica, en la que se considera un costo variable para la misma de 215 USD/Mwh, y que se ha seleccionado en el mismo formulario, como “Índice de Precios de Combustibles” a la fuente “iFO” y su borne “combustible”.

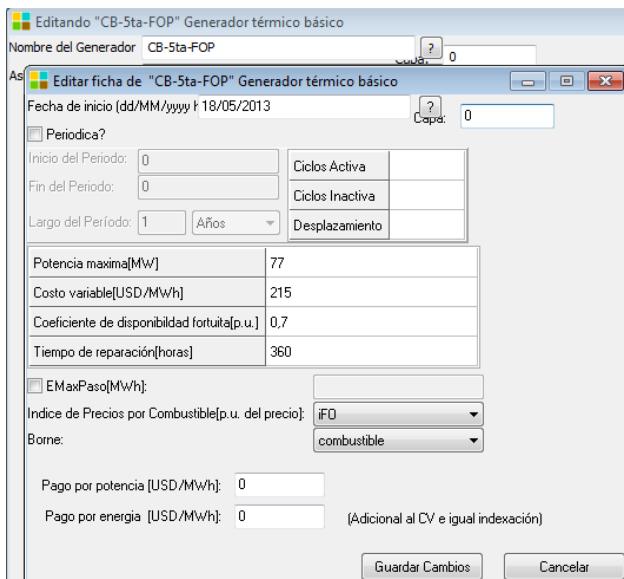
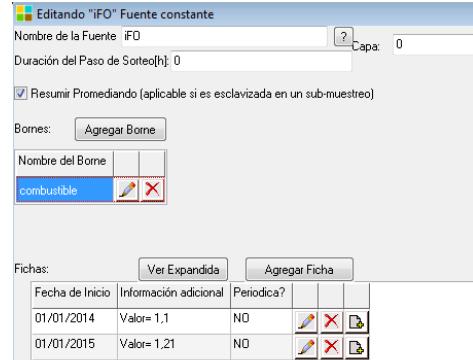



Fig. 28: Ejemplo de Fuente Constante.

Fig. 27: Ejemplo de Actor usando una Fuente.

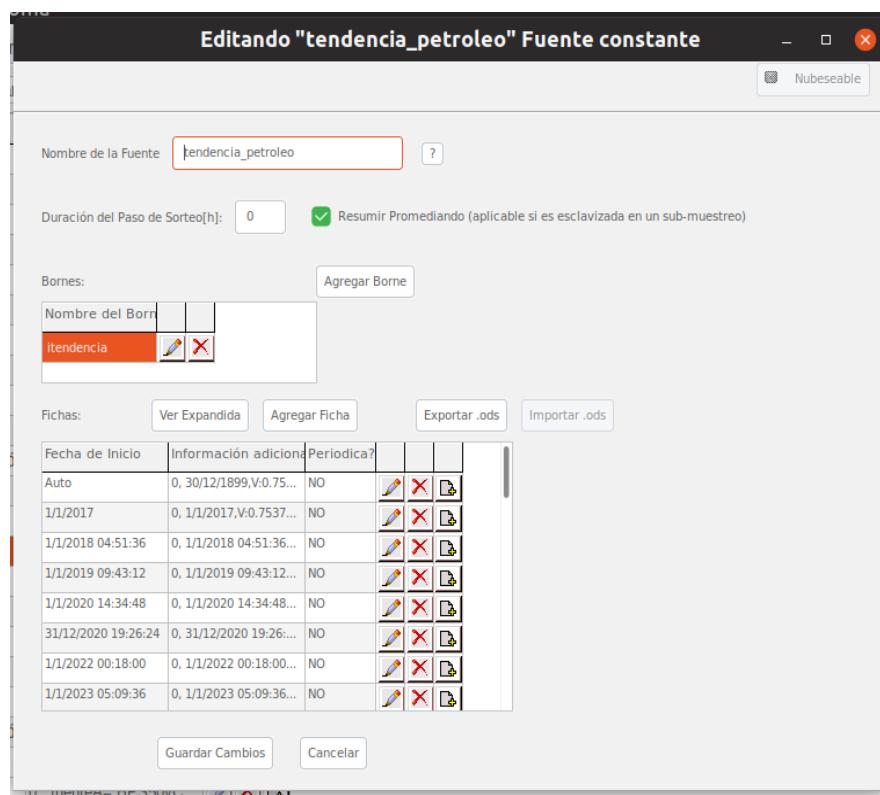
En la Fig.28 se muestran los parámetros de la Fuente “iFO” y como se puede apreciar, tiene dos fichas de parámetros dinámicos. La primera fija el valor 1.1 a su salida a partir del 01/01/2014 y la segunda fija el valor 1.2 a partir del 01/01/2015. En definitiva, este índice estará definido a partir del primero de enero de 2014 en 1.1 lo que implicará que el costo variable para el despacho de la central será $215*1.1 = 236.5$ USD/MWh y tendrá otro incremento a partir del primero de enero de 2015 en que pasará a tener un costo variable de generación de $215*1.21= 260.15$ USD/MWh.

3.3.c.i Fuentes y bornes.

Las Fuentes ponen a disposición, en sus Bornes (o salidas), distintos valores a efectos de ser utilizados por los Actores u otras Fuentes dentro de la misma Sala. Para hacer uso de una fuente, en la Entidad (Actor o Fuente) que la utiliza, se debe seleccionar la Fuente y el Borne de la Fuente al que se conectará la Entidad.

La mayoría de las Fuentes pone un único borne a disposición, pero hay algunas que ofrecen varios bornes. El ejemplo típico de Fuente multi-borne son las creadas del tipo “Sintetizador CEGH” cuando están representando un proceso estocástico multi-variable. En estos casos, dada la correlación entre las series, no es posible modelarlas como Fuentes independientes, y una única Fuente tiene que modelar el conjunto de variables cuyo proceso conjunto se quiere modelar.

Una Fuente consta de Parámetros Estáticos (aquellos que no varían durante el transcurso del tiempo) y Parámetros Dinámicos (aquellos que es posible especificar con variación temporal). La Fig.29 muestra el formulario típico de una fuente con sus parámetros estáticos y la lista de fichas con definición de parámetros dinámicos.



Fecha de Inicio	Información adicional	Periodicidad			
Auto	0, 30/12/1899,V:0.75...	NO			
1/1/2017	0, 1/1/2017,V:0.7537...	NO			
1/1/2018 04:51:36	0, 1/1/2018 04:51:36...	NO			
1/1/2019 09:43:12	0, 1/1/2019 09:43:12...	NO			
1/1/2020 14:34:48	0, 1/1/2020 14:34:48...	NO			
31/12/2020 19:26:24	0, 31/12/2020 19:26...	NO			
1/1/2022 00:18:00	0, 1/1/2022 00:18:00...	NO			
1/1/2023 05:09:36	0, 1/1/2023 05:09:36...	NO			

Fig. 29: Formulario de parámetros estáticos comunes de las fuentes.

Los parámetros estáticos comunes a todas las fuentes son el “Nombre”, la “Capa”, la “Duración del Paso de Sorteo [h]”, la casilla “Resumir promediando (si es esclavizada en un sub-muestreo)” y la lista de “Bornes”.

El **Nombre** es el identificador de la fuente. Este identificador será el que aparece en los listados de selección en los campos de formularios en los que sea posible seleccionar una fuente.

La **“Duración del Paso de Sorteo [h]”** permite especificar la duración del paso de sorteo (en horas) para la fuente. Esta duración del paso de sorteo es la “natural” de la fuente, entendiendo por tal, aquella cadencia de generación de valores para la cual la fuente fue diseñada. A modo de ejemplo, si se construye una fuente para generar valores que representen los valores medios semanales de caudales de aportes a una central hidroeléctrica, la cadencia natural de esa fuente será semanal. Si esa fuente es usada en una sala con paso de tiempo mensual, estaría imponiendo un valor fijo durante todo el mes con la varianza de valores semanales, lo cual no representa la realidad. Así mismo, si la fuente fuera utilizada en una sala de paso de tiempo horario, estaría generando un valor por hora con la varianza semanal que tampoco es correcto. Para permitir el uso de fuentes con una cadencia natural diferente al paso de tiempo de la Sala, se utiliza el parámetro “Duración del Paso de Sorteo”. Si se introduce un valor 0 (Cero) se está indicando que la fuente no tiene una cadencia natural preferida y que se use como si su cadencia natural fuera coincidente con el paso de tiempo de la Sala. Si se especifica un valor distinto de Cero, entonces el comportamiento es el siguiente:

a) Si la Duración del Paso de Sorteo es superior a la duración del paso de la Sala (por ejemplo una fuente semanal en una sala horaria), la fuente será “esclavizada” en un mecanismo de “sobre-muestreo”. Este mecanismo es transparente para el usuario. En tiempo de ejecución, se crea otra fuente que suplanta a la original y la toma de “esclava”. La nueva fuente genera valores acordes con el paso de la Sala, para lo cual le pide valores a la fuente esclavizada con la cadencia correspondiente a la “Duración del Paso de Sorteo” e interpola entre los valores obtenidos para generar los valores disponibles en sus bornes.

b) Si la Duración del Paso de Sorteo es inferior a la duración del paso de la Sala (por ejemplo una fuente horaria en una sala de paso semanal), la fuente será esclavizada en un mecanismo de “sub-muestreo”. Este mecanismo es transparente para el usuario. En tiempo de ejecución, se crea otra fuente que suplanta a la original y la toma de “esclava”. La nueva fuente genera valores acordes con el paso de tiempo de la Sala para lo cual le pide valores a la fuente esclavizada con la cadencia correspondiente a la “Duración del Paso de Sorteo” y resume el conjunto de valores recibidos en un valor para cada paso de tiempo de la Sala. Este resumen puede hacerse de dos formas y para ello interviene el casillero **“Resumir promediando (aplicable si es esclavizada en un submuestreo)”**. Si el casillero está marcado, los conjuntos de muestras recibidos de la fuente esclava son resumidos mediante un simple promedio. Si no está marcado el casillero, el conjunto de valores es resumido eligiendo uno de ellos cualesquiera al azar con igual probabilidad. Observar que ambas formas de resumir terminan dando el mismo valor esperado como resultado, la gran diferencia está en la varianza de los valores producidos. El método del promedio reduce considerablemente la varianza. El método al azar da la máxima varianza.

Esta alternativa se desarrolló para estimar el error cometido en Salas de Planificación de la expansión del sistema al considerar fuentes horarias de generación de energía eólica en salas de paso semanal (que es el paso utilizado en las salas de largo plazo para análisis de inversiones). En el caso de la eólica, en un sistema con centrales hidroeléctricas, los embalses actúan como un filtro de variaciones, reduciendo la varianza “vista” del recurso. En la medida en que aumente la cantidad de MW eólicos en el sistema, ese filtro comenzará a no poder absorber todas las variaciones. Ejecutando la misma Sala con “resumir promediando” marcado y desmarcado se obtiene una estimación del error que se puede estar cometiendo al asumir el promedio.

Además de los parámetros estáticos, las Fuentes tienen **Parámetros Dinámicos**. Cada tipo de fuente tiene un juego de parámetros específico de acuerdo a su modelo.

El conjunto de Fuentes disponibles en la versión v2.46 de SimSEE es el siguiente:

- Fuente Constante.
- Fuente Uniforme.
- Fuente Gaussiana.
- Fuente de Weibull.
- Fuente de Combinación.
- Fuente Operación Multi-Fuente.

- Fuente Producto.
- Sintetizador CEGH.
- Fuente de tiempo
- Fuente sinusoide
- Fuente maxmin
- Fuente Selector
- Fuente Selector horario

En el “Manual de referencia de las Fuentes – SimSEE”, Tomo 2 de esta serie de manuales se detallan el modelo y los parámetros de configuración para cada tipo de fuente.

3.3.d) Solapa - 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).

Si se selecciona en el Editor la solapa Actores, se habilitan las diferentes solapas de los grupos de actores que es posible crear y la solapa “?” donde se encuentra disponible la ayuda sobre la solapa “Actores”. Este solapero se puede apreciar en la Fig.30.



Fig. 30: Ejemplo del contenido de la solapa Actores.

Los Actores que pueden ser creados en SimSEE se clasifican en los siguientes grupos:

- Red.
- Demandas.
- Eólicas.
- Solar.
- Térmicas.
- Hidráulicas.
- Internacional y Otros.
- Usos Gestionables.
- Red de combustibles.
- Sin Editor.

Los botones **Importar Un Actor** y **Exportar Actores** permiten importar Actores previamente Exportados o Exportar Actores. Son las mismas acciones accesibles desde el Menú Principal y que se describen en la sec. 3.2.b). El botón **Agregar Actor** permite agregar un nuevo Actor seleccionando entre los disponibles en la solapa activa como se describe más adelante en esta misma sección.

Debajo de los botones en la Fig.30 se despliega una tabla con el listado de los Actores definidos en la Sala que pertenecen al grupo de la solapa activa (“Red” en el ejemplo de la Fig.30). Los botones en el lado derecho de cada renglón del listado permiten “Editar” el actor (el lápiz ) , eliminarlo (la cruz ) y clonarlo (el botón ).

El botón **Agregar Actor** permite agregar un nuevo Actor en la Sala. Se debe seleccionar la solapa correspondiente al tipo de Actor que se desea agregar y presionar el botón Agregar Actor. Por ejemplo, si se desea agregar un generador térmico, debe seleccionar previamente la solapa Térmicas y posteriormente el botón Agregar Actor.

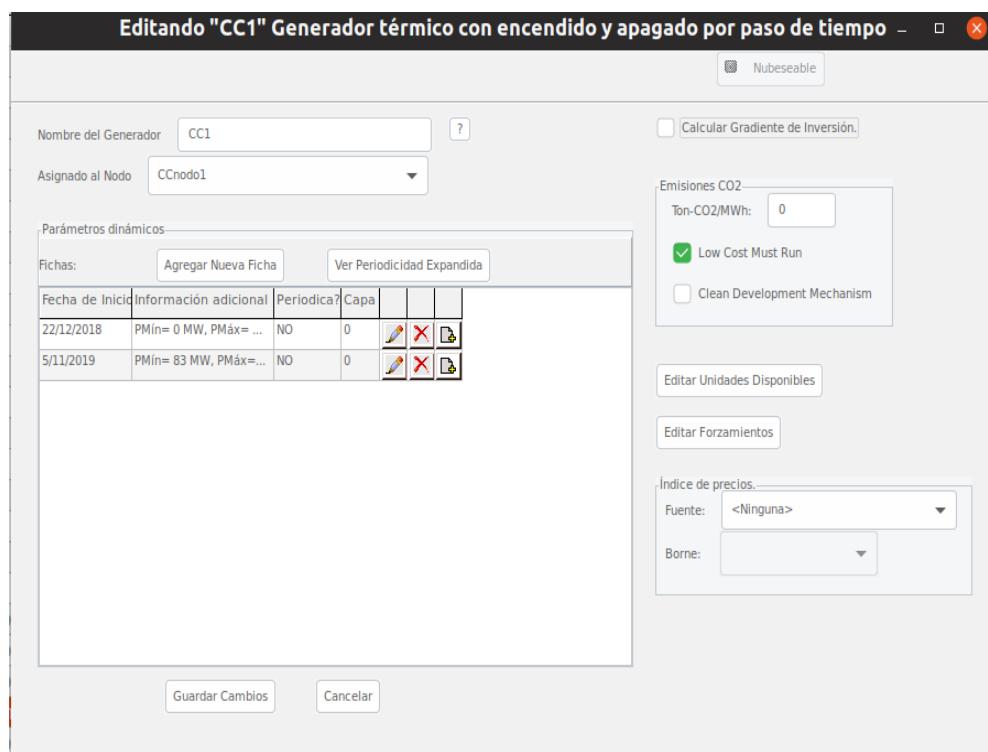
Al presionar el botón Agregar Actor, se abrirá un formulario de selección del tipo específico de Actor que creará entre los disponibles en la solapa activa. El contenido del listado de dicho formulario de selección depende de cuál de las solapas de Actores (Red, Demandas, Eólicas, Térmicas, Hidráulicas, Internacional y Otros, Usos Gestionables o Sin Editor) esté activa. En la Fig.31 se muestra el formulario de selección que se despliega en el caso de estar activa la solapa “Térmicas” dentro de la solapa Actores.



Fig. 31: Ejemplo de selector de tipo de Actor a crear.

Como se puede apreciar, hay diferentes modelos (o tipos) de Centrales Térmicas. Una vez seleccionado el tipo de Actor que desea agregar, presione el botón Aceptar. Se le abrirá un nuevo formulario específico del tipo de Actor seleccionado.

A modo de ejemplo, se muestra en la Fig.32 el formulario de Creación/Edición de un Actor sencillo (Generador Térmico Básico). Como se puede apreciar, hay que especificar un “Nombre del Actor”. En este caso, por tratarse de un generador hay que seleccionar el Nodo al que estará conectado. El cuadro “Emisiones de CO₂” es también específico de los generadores y permite especificar las toneladas de CO₂ por MWh generado, si el generador es del tipo “Low Cost Must Run” y si participa a un programa del tipo Mecanismo de Desarrollo Limpio.



The screenshot shows the 'Editando "CC1" Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo' dialog box. At the top, there are fields for 'Nombre del Generador' (CC1) and 'Asignado al Nodo' (CCnodo1). Below these are 'Parámetros dinámicos' (Dynamic Parameters) settings, including a table for periodic data. The table has two rows:

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodicidad	Capa			
22/12/2018	PMín= 0 MW, PMáx= ...	NO	0			
5/11/2019	PMín= 83 MW, PMáx=...	NO	0			

Other sections include 'Emisiones CO2' (CO2 Emissions) with 'Ton-CO2/MWh: 0' and 'Low Cost Must Run' checked, and 'Índice de precios' (Price Index) with 'Fuente: <Ninguna>' and 'Borne:'. Buttons at the bottom include 'Guardar Cambios' (Save Changes) and 'Cancelar' (Cancel).

Fig. 32: Ejemplo de formulario de creación/edición de un Actor sencillo.

A continuación, se puede apreciar la tabla con las Fichas de Parámetros dinámicos. El botón “Ver Periodicidad Expandida” muestra en una ventana aparte el conjunto de fichas incluyendo las fichas no-explicativas que se generan por el efecto de las periodicidades que tengan definidas las fichas definidas explícitamente. El botón “Agregar Nueva Ficha” crea una nueva ficha y abre el formulario de edición de la misma. Los campos de la ficha de parámetros dinámicos es específica de cada tipo de Actor y se describen detalladamente en el Tomo 3 “Manual de referencia de la plataforma SimSEE TOMO 3 – Actores” de esta misma serie de manuales de usuario.

En la Fig.33 se muestra un ejemplo de formulario de edición de la ficha de parámetros dinámicos. En este caso, se trata de un Actor Generador Térmico Básico. En líneas generales, como en toda ficha de parámetros dinámicos hay que especificar la fecha a partir de la cual es válida, la Capa y la información sobre la periodicidad (ver sec. 3.1.c)”). El resto de los parámetros es específico del tipo de Actor usado de ejemplo y se describen para cada Actor en el Tomo 3 como ya se mencionó.



Fig. 33: Ejemplo de ficha de parámetros dinámicos de un Actor.

En la Fig.32, del lado inferior derecho, aparecen los botones “Editar Unidades Disponibles” y “Forzamientos”, que son comunes a todos los Actores.

El botón “Editar Unidades Disponibles” permite indicar cuántas unidades (máquinas) disponibles idénticas tiene el Actor. Hay actores como los Ciclo Combinados que tienen más de un tipo de unidad (Turbinas de Gas y de Vapor) y en ese caso hay que especificar cuantas unidades de cada tipo tienen disponibles.

El botón “Forzamientos” permite especificar despachos forzados para los generadores, esto es imponer un despacho aunque el óptimo económico indique otra operación. Un ejemplo de estas situaciones es cuando un generador debe entrar en operación para realizar un ensayo sin importar si en ese momento es o no despachado por la operación normal del sistema.

3.3.d.i **Editar Unidades Disponibles.**

Una vez creado el actor, se debe especificar la cantidad de Unidades disponibles durante el período de estudio. Para ello se cuenta con el botón **Editar Unidades Disponibles**. Al presionar ese botón, se abre un formulario como el de la Fig.34. Como se puede apreciar en este ejemplo, se muestra un listado que tiene en cada renglón un resumen de la ficha de unidades disponibles. El resumen indica la fecha, el número de máquinas, si la ficha es del tipo periódica o no y la capa a la que pertenece la ficha.

El botón “Aregar Ficha” sirve para agregar una nueva ficha al listado y los botones   y , a la derecha de cada ítem del listado sirven para Editar, Eliminar o Clonar el ítem asociado a la misma fila del botón.

Editar Unidades Disponibles						
Fecha de Inicio	Instaladas	En M.Prog.	Periodica?	Capa		
Auto	[0]	[0]	NO	0		
1/1/2020	[8]	[0]	NO	0		
1/1/2025	[16]	[0]	NO	0		

Agregar Ficha Ver Expandida ?

Exportar .ods Importar .ods

Guardar Cambios Cancelar

Fig. 34: Listado de fichas de unidades disponibles de un Actor.

En el ejemplo, el Actor tiene 0 (cero) unidades desde el origen de los tiempos hasta el 1/1/2020 en que pasa a tener 8 unidades. Continúa con 8 unidades hasta el 1/1/2025 en que pasa a tener 16 unidades. El ejemplo corresponde a una expansión del sistema de generación y en este caso cada unidad representa una central de biomasa de 12 MW. En este ejemplo, todas las fichas pertenecen a la Capa 0 y no son periódicas.

Al presionar el botón “Agregar Ficha” o el lápiz de alguna de las fichas existentes, se abre el formulario de edición como el de la Fig.35. En este formulario se pueden apreciar los parámetros del resumen “Comienzo”, “Número de máquinas”, “Capa” y “Periódica ?”. En el caso de marcar el casillero de periodicidad se habilita el cuadro con los parámetros que definen la forma de la periodicidad.

Editar unidades de CC1

Fecha:	1/5/2019	Capa:	0
<input type="checkbox"/> Periodica?			
Unids instaladas:	1	En Mant. Prog.:	0
<input type="checkbox"/> Alta Incierta		<input type="checkbox"/> Inicio Crónica Incierto	
<input type="button" value="Guardar"/>		<input type="button" value="Cancelar"/>	

Fig. 35: Ficha de unidades de generador simple.

Volviendo a la Fig.34, los botones “Exportar .ods” e “Importar .ods” permiten exportar a una planilla LibreCalc el conjunto de fichas de unidades disponibles para facilitar su modificación en conjunto y luego importar nuevamente. La exportación se realiza escribiendo en el disco duro de su PC un archivo temporal con extensión .ods y abrirlo para permitirle la edición. La importación funciona leyendo el mismo archivo, por lo cual es necesario que usted GUARDE las modificaciones que realice en el archivo antes de presionar el botón “Importar .ods”.

Como se puede apreciar en la Fig.35 además de los parámetros ya mencionados están los casilleros “Alta Incierta” e “Inicio Crónica Incierto” opciones estas que se explican en las siguientes secciones.

3.3.d.ii Edición de Forzamientos.

En la mayoría de los Generadores es posible definir “Forzamientos”. Cuando esto es así, en el formulario de edición del Actor aparece el botón correspondiente. Al presionar el botón, se abre un formulario como el de la Fig.36 que permite editar las Fichas de Forzamientos.

Presionando el botón “Agregar Ficha” o el lápiz para editar o el botón de clonar, se abre el formulario de edición de la ficha de forzamientos que se muestra en la Fig.37. Como toda ficha de parámetros dinámicos, permite especificar la Fecha a partir de la cuál es válida, la Capa a la que pertenece, si es o no periódica y sus parámetros. Los parámetros específicos del forzamiento se pueden activar con el casillero que tienen a su izquierda y tienen el siguiente significado:

- Activar Forzamiento. Si este casillero está desmarcado, no se aplica ninguno de los otros parámetros. Si se marca, se aplicarán los forzamientos sobre los otros parámetros que estén activados.
- Fijar Potencia [MW]. Especifica la potencia despachada por el actor que debe considerarse forzada.
- Potencia máxima [MW]. Impone como forzamiento que la potencia despachada no supere el valor especificado.
- Potencia mínima [MW]. Impone como forzamiento que la potencia despachada no sea inferior al valor especificado.

Editar Forzamientos

Fecha de Inicio	Forzamiento	Periodica	Activo	Capa			
Auto	0.00	NO	NO	0			

Editar Forzamientos de Acaray

Fecha: Auto	Capa: 0
<input type="checkbox"/> Periodica?	
<input type="checkbox"/> Activar forzamiento <input type="checkbox"/> Fijar Potencia [MW]: 0 <input type="checkbox"/> Potencia máxima [MW]: 0 <input type="checkbox"/> Potencia mínima [MW]: 0	
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

3.3.d.iii Modelo de Falla - Reparación.

Internamente, SimSEE crea un modelo de Falla-Reparación para el manejo de la disponibilidad de las unidades de cualquier entidad. Entre los

parámetros de la entidad (generalmente entre los parámetros dinámicos) se pueden especificar los parámetros Factor de Disponibilidad (FD) y Tiempo Medio de Reparación (TMR).

El modelo implica el reconocimiento de dos estados posibles de las unidades: Disponible (1) e Indisponible (0) como se muestra en la Fig. 38 y la definición de probabilidades de transición entre dichos estados. El FD representa la probabilidad de que la unidad esté disponible si la observamos sin conocimiento de su estado anterior. Por ej. un FD = 0.9 indicará que si observamos la unidad, sin conocimiento del estado anterior, con un 90% de probabilidad estará en el estado Disponible y con un 10% de probabilidad en estado Indisponible. El Tiempo Medio de Reparación (en horas) representa el valor esperado del tiempo que una vez que la unidad ingresa en el estado Indisponible, permanece en ese estado. En base a los parámetros FD y TMR y a la duración del paso de tiempo de simulación, SimSEE calcula las probabilidades de transición entre los estados aplicables durante la simulación.

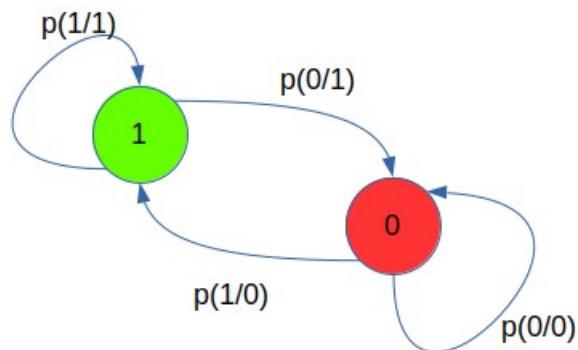


Fig. 38: *Modelo de Falla-Reparación de las Unidades.*

3.3.d.iv Alta Incierta

Si se encuentra seleccionada la opción “Alta Incierta”, cuando se ingresan unidades que pueden ser nuevas unidades o unidades que estaban en período de mantenimiento, las mismas son agregadas al conjunto de unidades Indisponibles. Esto significa que estarán realmente operativas de acuerdo a la probabilidad de reparación de las unidades definidas en la ficha de parámetros dinámicos del Actor. Dependiendo de los parámetros Factor de Disponibilidad y Tiempo Medio de Reparación, en forma aleatoria las unidades podrán entrar en servicio en forma inmediata o no con una distribución de atraso en la entrada efectiva acorde al Tiempo Medio de Reparación especificado.

En el caso en que esta opción no esté seleccionada, las unidades estarán disponibles en forma efectiva en la fecha de inicio establecida.

A modo de ejemplo, en la Fig.39 se muestra los resultados de una simulación de paso diario y 1000 crónicas de un generador de potencia media 100 MW con FD=0.7 y TMR=360h.

Al inicio de la simulación el generador tiene una unidad disponible (ficha con fecha “auto” indicando 1 (una) unidad disponible) que sale de servicio para realizar una rutina de mantenimiento programado (1/2/2015 tiene una ficha indicando 0 (cero) unidad disponible). La unidad está un mes en mantenimiento programado y “vuelve” (una ficha el 1/3/2015 indicando 1 unidad disponible). Las dos curvas de la figura corresponden a la misma Sala simulada con “Alta Incierta” marcada (curva Roja) y sin marcar (curva Azul) en la ficha del

1/3/2015. Las curvas corresponden a la potencia esperada en el conjunto de las 1000 crónicas simuladas. Como se observa, del lado derecho, ambas curvas verifican el valor del Factor de Disponibilidad (0.7) especificado. Las diferencias están al momento de dar de alta la unidad. En el caso de la curva azul (Alta Incierta = FALSE) la máquina entra seguro, y por eso tiene una potencia esperada del 100% valor que va decayendo hacia la probabilidad de estado estacionario. En el caso de la curva roja (Alta Incierta = TRUE) la máquina dada de alta estará efectivamente operativa en forma aleatoria con el modelo de Falla/Reparación en un tiempo medio igual al Tiempo Medio de Reparación especificado. Por esa razón, la potencia esperada parte desde 0 (cero) hacia el valor de estado estacionario correspondiente al factor de disponibilidad.

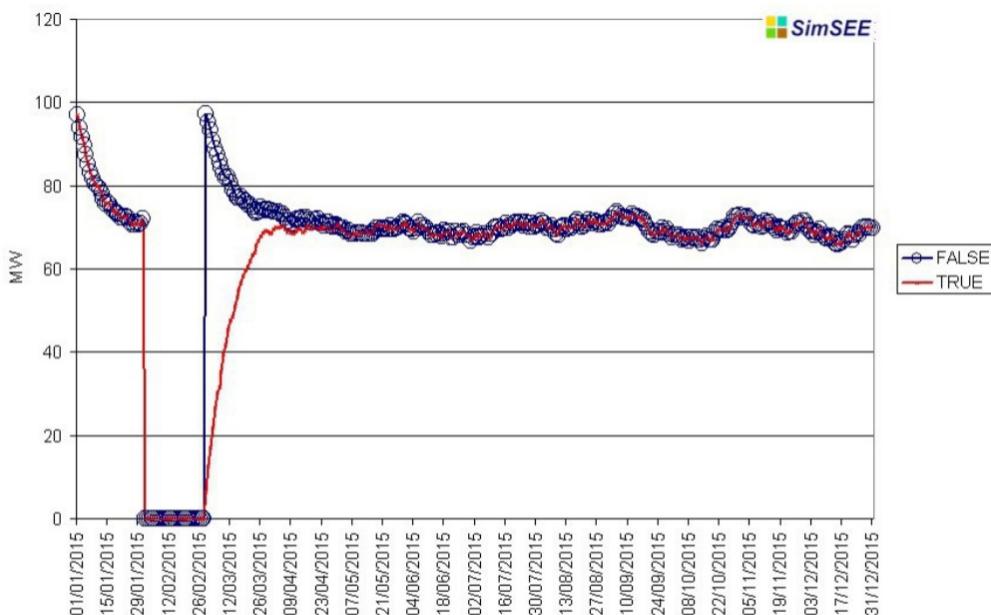


Fig. 39: Efectos del Alta Incierta sobre la Potencia Esperada.

3.3.d.v Inicio Crónica Incierto.

Esta opción de las fichas de unidades (ver Fig.35) permite especificar el tratamiento de la disponibilidad de las unidades generadoras al inicio de cada crónica. El uso de esta opción puede ser diferente si el caso de estudio corresponde al análisis de corto plazo, partiendo desde una situación actual bien conocida, o si se trata de un estudio en un horizonte futuro donde la situación inicial (esto es al inicio del horizonte) es incierta.

Si el casillero “Inicio Crónica Incierto” está marcado, al inicio de cada crónica de simulación, en lugar de suponer que las unidades están efectivamente disponibles, se realizan sorteos y estarán disponibles acorde con el Factor de Disponibilidad de estado estacionario (FD) que se haya especificado para ese generador en la ficha de parámetros dinámicos válida al inicio del horizonte de simulación.

En la Fig.40 se muestra el resultado de simulación de 1000 crónicas de una sala en la que hay dos generadores térmicos sencillos idénticos de 100 MW y una demanda de 200 MW. Los generadores tienen un factor de disponibilidad FD=0.7 y un tiempo medio de reparación de TMR=360 horas. Los generadores resultan despachados siempre que estén disponibles, pues son los recursos más económicos en la simulación. La única diferencia es que en el generador 1 (G1 en la figura) se utilizó “Inicio Crónica Incierto” desmarcado (False) mientras que en generador 2 (G2 en la figura) se utilizó “Inicio Crónica Incierto” marcado (True).

Como se puede apreciar, al inicio de la simulación (lado izquierdo de la figura) la curva azul comienza con un despacho casi del 100% y decae exponencialmente hacia el 70% correspondiente a la probabilidad de estado estacionario. La curva naranja comienza directamente con una potencia esperada de 70% correspondiente con la potencia de estado estacionario dado el factor de disponibilidad de 0.7.

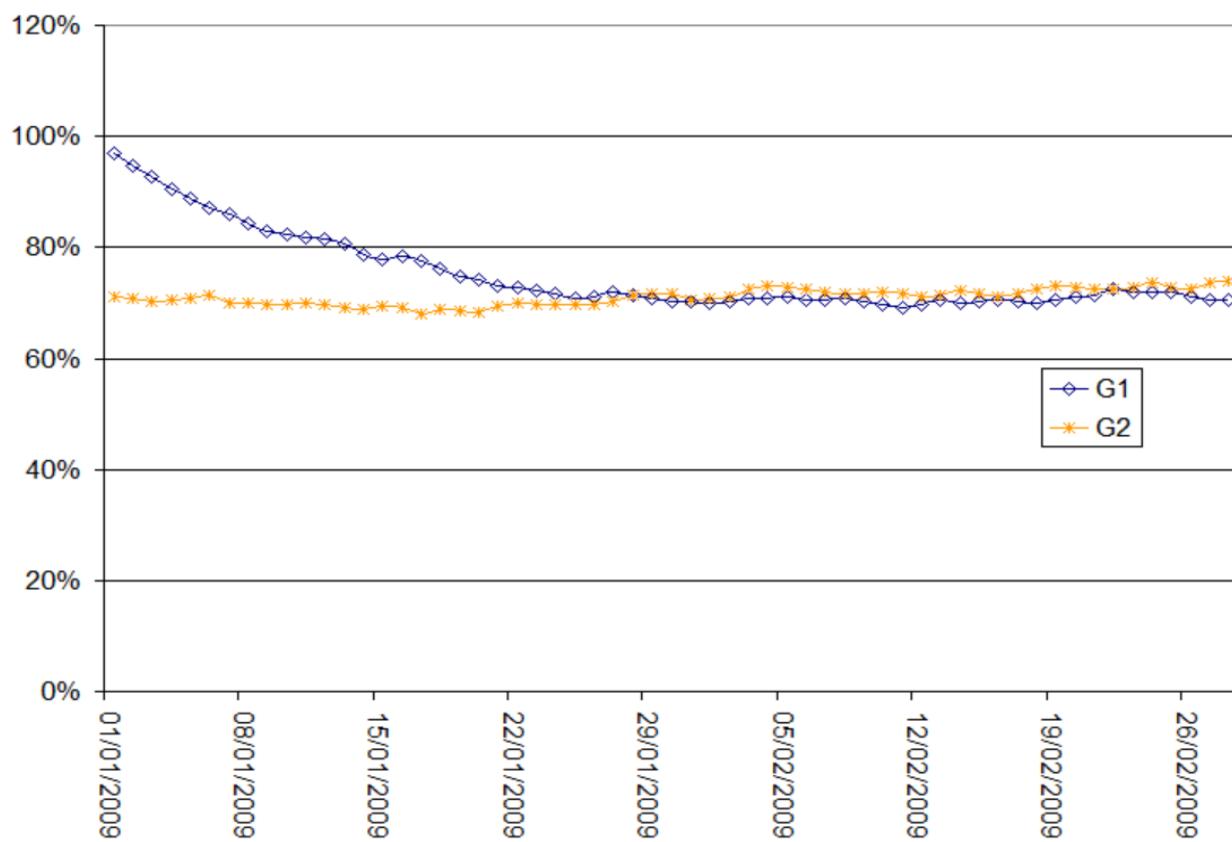


Fig. 40: Efecto de la opción “Início Crónica Incierto” sobre la potencia disponible.

La curva de G1 (azul) no parte del 100% pues lo que se conoce es que al inicio del primer paso de simulación la unidad estaba disponible, pero se realiza un sorteo (en el modelo de falla/reparación) y con la probabilidad de transición del estado Disponible al estado Indisponible ($p(0/1)$ en la Fig.38) la unidad no estará disponible en el primer paso de simulación.

3.3.e)

Solapa - Archivos.

En la solapa “Archivos” (ver Fig. 41) es posible administrar los archivos externos, vinculados a la Sala. Con el botón “Aregar Archivo” es posible seleccionar un archivo de su computadora para que quede vinculado a la Sala. Si la Sala es “empaquetada” (ver sec.3.2.b.iv) todos los archivos listados en esta solapa serán comprimidos en el misma Sala empaquetada y sus referencias cambiadas de forma tal que al desempaquetar la sala quedan todos los archivos en el mismo directorio de la Sala.

En diferentes partes del Editor, cuando necesite referenciar un Archivo, deberá haberlo agregado previamente al listado de archivos vinculados a la Sala utilizando la solapa “Archivos”.

Puede también agregar archivos que aunque no sean referenciados dentro de la Sala pueda querer que queden vinculados a la misma y “viajen” junto con la Sala empaquetada.

3.3.f)

Solapa – Estados.

La solapa Estados permite especificar algunas características que involucran a la **función de Costo Futuro (CF)** y del dominio de dicha función, es decir del **espacio de estados del sistema**.

En la Fig.42 se muestra el contenido de esta solapa.

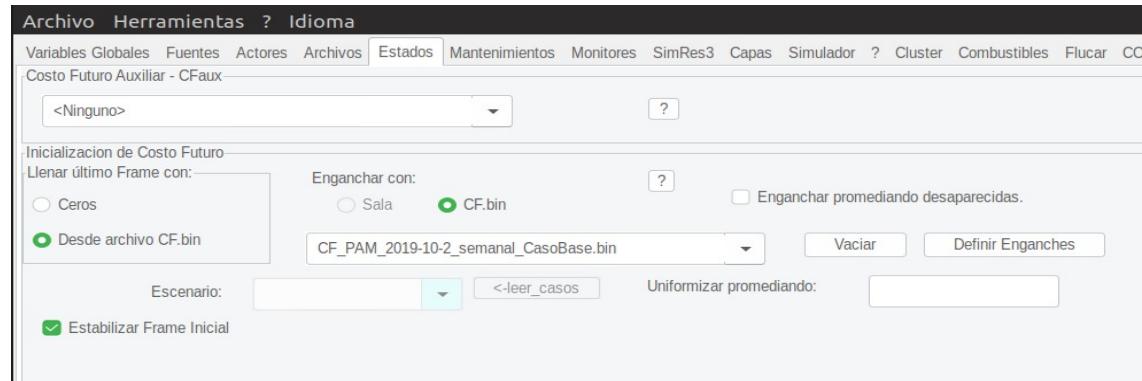


Fig. 42: Solapa Estados.



Fig. 41: Solapa Archivos.

En el panel superior “**Costo Futuro Auxiliar- CFaux**” es posible definir una función CF auxiliar (CFaux) para la Simulación. Para poder seleccionar el archivo debe previamente agregarlo al conjunto de archivos de la Sala como se explicó en la sec. 3.3.e).

El Costo Futuro (CF(X,k)) representa el valor presente esperado de la operación del sistema con una Política de Operación dada, partiendo desde el estado X en el paso de tiempo k. La información que define la Política de Operación (esto es como será el Despacho en cada paso de tiempo) está contenida en la función CF y por eso a veces se utilizan como sinónimos.

La funcionalidad de definir un CFaux, puede utilizarse durante la simulación del sistema a los efectos de dar una evaluación “auxiliar” del Costo Futuro de operación. Si bien la simulación se realiza siempre usando la función CF obtenida durante la optimización para decidir la operación óptima, la función CFaux se puede utilizar para analizar la evaluación del Costo Futuro que haría otro Operador utilizando una política de operación diferente (contenida en CFaux). Es una forma de poder comparar dos políticas de operación. Permite analizar cómo sería vista la operación del sistema por un Operador diferente, informando cual es el valor de CFaux(X,k) para cada estado X por los que va evolucionando el sistema (X representa el estado del sistema resultante de la simulación paso a paso). El valor CFaux(X,k) es exportado como variable disponible durante la Simulación. (ver Tomo 4 SimRes3).

Como ejemplo, esta funcionalidad se utilizó para comparar una política de operación del sistema que incluya información del Niño 3.4 en la previsión de aportes hidráulicos, con otra que no considere dicha información. Para más detalle sobre este ejemplo de aplicación puede consultarse el trabajo de Chaer R., Terra R., Diaz A., Zorrilla J., “Considering the information of the Niño 3.4 index in the operation of the Electrical System of Uruguay”, 33º IAEE Rio de Janeiro 2010.

<http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2010/CTDZ10/CTDZ10.pdf>

El panel inferior “**Inicialización de Costo Futuro**” permite especificar la forma en que queremos inicializar los valores de la función CF al final del último paso de tiempo del horizonte de Optimización. El algoritmo de optimización dinámica estocástica realiza el cálculo de CF en los demás pasos de tiempo a partir de esa inicialización.

Las opciones son:

- “**Ceros**”: esto implica poner a cero el CF sobre todo el espacio de estado al final del último paso de tiempo del horizonte de optimización. Es la opción que se utiliza por defecto cuando no se va a “enganchar” la corrida con otra, esto es, los valores de costo futuro se comienzan a calcular desde cero, y no se toman valores iniciales provenientes de otra corrida.
- “**Desde archivo CF.bin**”: esto implica que la Sala actual “engancha” en otra corrida de más largo plazo cuya optimización ya fue realizada. En este caso hay que usar el selector para seleccionar el archivo (formato binario) de la corrida de más largo plazo desde la que queremos inicializar la corrida actual. El encadenamiento de corridas es útil para poder ir

agregando detalle al modelado en el corto plazo y poder realizar optimizaciones en un tiempo de cálculo razonable.

El uso más común de esta opción es para realizar la valorización escalonada del agua de los embalses de las centrales hidroeléctricas. Por ejemplo, en el sistema uruguayo, las corridas que involucran horizontes superiores al año se realizan con paso de tiempo semanal y solamente se considera el embalse de la represa de Rincón del Bonete, por ser el único con capacidad de embalse de algunos meses. De esa forma se obtiene la valorización del agua del mayor embalse del país. Ese tipo de Sala es útil a los efectos de estudios de planificación. Para propósitos de la programación del despacho de corto plazo es necesario un modelado más detallado, por lo que se construyen Salas que consideran los embalses cuya capacidad de embalse es de unas 2 semanas. Estos embalses semanales no tienen relevancia al considerar períodos plurianuales, pero sí cuando se analiza el mediano o corto plazo.

La posibilidad de enganchar Salas permite reducir tiempo de cálculo sin perder precisión, permitiendo “refinamientos sucesivos” según el horizonte de tiempo que se desee observar.

Para realizar el enganche, SimSEE identifica la fecha del fin del último paso de la Sala y se interpolan los valores en la función CF a la que se engancha la Sala. Esto resuelve el enganche temporal, no importando si los pasos de tiempo son diferentes, basta solo que **la fecha de fin del último paso** de tiempo del horizonte de optimización de la Sala actual **esté comprendida en el horizonte de tiempo de optimización** de la corrida a la que la estamos enganchando. También se interpola en las variables de estado, por lo cual no es necesario que las discretizaciones de las diferentes variables coincidan en ambas corridas.

Al estar enganchando dos funciones $CF(X,k)$, puede darse el caso de que los espacios de estado sean diferentes (de hecho ese es el caso del ejemplo antes comentado). Puede ocurrir que en la corrida actual existan nuevas variables de estado (volumen del embalse agregado, en el ejemplo mencionado). En ese caso no existe información del comportamiento de CF sobre esa dimensión del estado en la corrida a la que estamos enganchando la actual, pues en esa corrida no existía esa dimensión del estado del sistema. Para inicializar el CF en el primer cuadro de cálculo sobre las nuevas dimensiones que se agregan al espacio de estado lo que se hace es suponer que la derivada del CF respecto de esa dirección es cero (esto significa asignar un costo nulo al uso de la variable de estado). Otro caso que se puede dar es que en la nueva corrida desparezca una variable de estado de las que estaban definidas en la corrida a la que nos enganchamos. En ese caso hay que decidir qué valor se le fija en el CF de la corrida a la que nos enganchamos a esa variable de estado. Para ello está el botón **“Definir Enganches”**. Por defecto, los enganches se definen con el punto medio de los intervalos de las variables de estado, pero usando este botón es posible cambiar el valor. Un ejemplo de uso de esto puede ser la consideración de la aleatoriedad del precio del petróleo. En corridas de largo plazo no es posible considerar el precio del barril de

petróleo como una constante y puede ser relevante entonces considerarlo como una fuente aleatoria con estado (modelo CEGH). Pero al ir a la corrida semanal, con paso horario no tiene sentido mantenerla como una variable de estado y se puede suponer que se conoce su valor: en este caso habría que usar el botón “definir enganches” para fijar el valor del precio del barril de petróleo al valor que estimamos podemos considerar razonable para la semana considerada.

El botón “Vaciar” le permite eliminar por completo el enganche y volver la definición por defecto “Ceros”.

El botón “Definir Enganches” le permite acceder al Editor de Enganches que se muestra en la Fig.43. De lo que se describió en los párrafos anteriores, el Enganche entre de la Sala A con el resultado de la optimización de la Sala B, implica definir valores para la función de Costo futuro al final del Horizonte de optimización de la Sala A a partir de la información obtenida del costo futuro, resultado de la optimización de la sala B, para el mismo instante temporal. Si el vector X describe el espacio de estado de la Sala A y el vector Y describe el espacio de estado de la sala B, el mapeo que define el enganche se puede expresar como $Y=M(X)$ y la inicialización como $CF_A(X, t_{final_{H_A}}) = CF_B(M(X), t_{final_{H_A}})$. Para la definición de $Y=M(X)$, el formulario permite dos opciones en el panel “Tipo de mapeo”. Si se selecciona “Simple”, vale lo que se muestra en el Panel “Mapeo Simple” en el panel izquierdo en la parte superior. Si se selecciona “ $Y=F(X)$ ” vale lo que se muestra en el panel derecho de la parte superior.

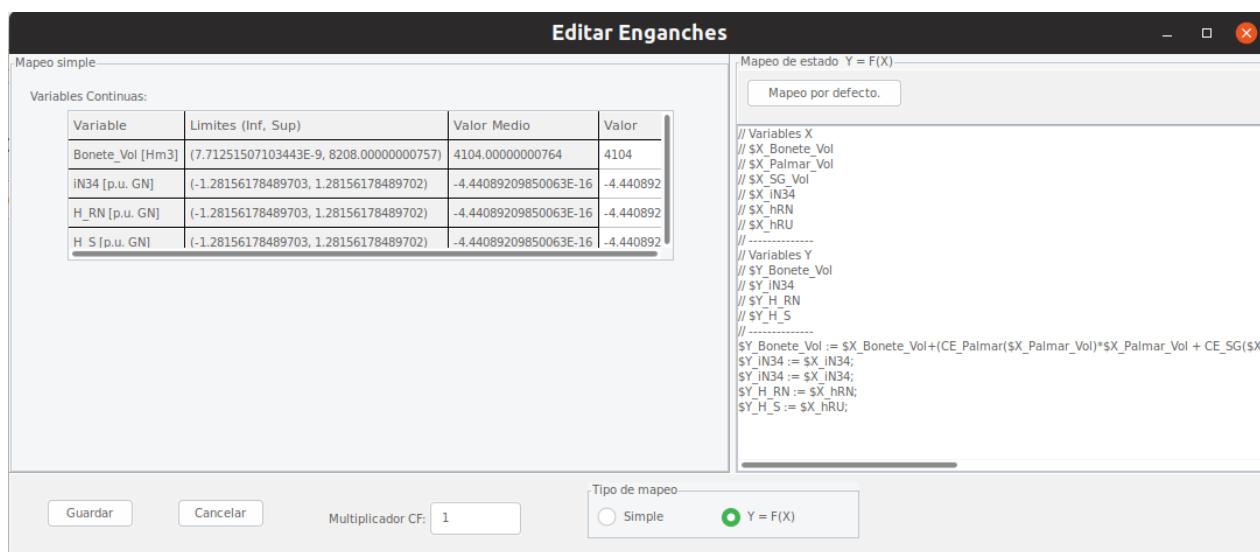


Fig. 43: Editor de enganches.

En el mapeo simple, las variables que con igual nombre en ambos espacios de estado son asignadas directamente, las variables “nuevas” esto es presentes en X y no disponibles en Y son ignoradas en el

mapeo (lo que implica imponer $\frac{\partial CF_A}{\partial x_k} = 0$ para cada variable nueva x_k)

y las variables “desaparecidas”, esto es presentes en Y , pero no disponibles en X son fijadas en un valor que por defecto es la mitad del intervalo de la variable pero que puede especificarse utilizando el panel “Mapeo Simple”.

Si se selecciona “Mapeo $Y=F(X)$ ” es posible escribir la expresión en forma explícita en el panel correspondiente. La sintaxis es la siguiente:

Dos barras “//” indican que lo que sigue hasta el final de la línea es un comentario y no será interpretado.

Cada variable del espacio de estado X correspondiente a la Sala que estamos editando se identifica como “\$X_Nombre”, siendo “Nombre” el nombre con que la variable es publicada en SimSEE. Cada variable del espacio de estado Y , correspondiente a la función de Costo Futuro a la que estamos enganchando la Sala en edición, es identificada como “\$Y_Nombre”. La asignación $Y=M(X)$ se define entonces por varias sentencias de asignación del tipo “\$Y_Nombre := expresión;”, utilizando como operador de asignación “:=” y pudiendo la expresión tener definiciones en base a los operadores estándar de suma producto y funciones estándar como log(), exp(), cos(), etc.

En el formulario de la Fig.42, el casillero “Enganchar Promediando Desaparecidas” se aplica solo en el caso de “Mapeo Simple” y si dicho casillero está marcado, se fija para la variable desaparecida el promedio del costo futuro en el rango de discretización de la variable.

En el formulario del a Fig.42, en el campo “Uniformizar promediando” es posible introducir una lista de variables de estado (separadas por “;” punto y coma) para las que se quiere imponer un valor de CF constante e igual al promedio de los valores en la dirección de cada variable. Esta uniformización se ejecuta al final de realizado el enganche en cualquier de los tipos de mapeo. Esta opción es raramente usada y se incorporó con propósitos de investigación.

Por último, abajo a la izquierda en la Fig.42, se tiene un casillero **“Estabilizar Frame Inicial”**. Si se marca este casillero, el algoritmo de programación dinámica estocástica se corre varias veces sobre el último paso de tiempo, tratando de estabilizar la función CF. El procedimiento consiste en calcular el valor de CF al inicio del último paso de tiempo del horizonte de optimización a partir del valor de CF al final de dicho paso de tiempo, luego copiar el valor obtenido sobre los valores de inicio de cálculo y así repetidas veces hasta que se logre estabilizar las derivadas de CF respecto de las diferentes direcciones del estado. Este procedimiento es alternativo a definir un horizonte de optimización más amplio que el de simulación para dejar un “tiempo de guarda” para que el algoritmo se estabilice. Como el resultado es aproximadamente el mismo, es preferible optar por dejar el “tiempo de guarda” y dejar desmarcado este casillero, ya que de esa forma en el archivo de salida de la

optimización se registrarán todos los valores de CF, comenzando por el cuadro de inicio del cálculo e incluyendo el tramo de guarda. Esto permite visualizar mejor el transitorio de estabilización. Si se opta por marcar el casillero y usar así la estabilización del primer cuadro de cálculo, se pierde la posibilidad de inspeccionar el transitorio en el archivo de salida de la optimización. Por otra parte, si se utilizan años de guarda, es necesario realizar las proyecciones de futuro pertinentes para el sistema (p.ej. demanda, generación disponible, etc.) que abarquen dicho horizonte “ampliado”.

3.3.g) Solapa – Mantenimientos.

Esta solapa muestra en un solo listado todas las fichas de unidades de los Generadores y Mercados presentes en la Sala. En la Fig.44 se muestra un ejemplo de la visualización del listado de unidades.

Editor - SimSEE - v_iie20.196 (GPLv3, IIE-FING) - PAM_2019-10						
Archivo Herramientas ? Idioma						
Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Capas Simulador ? Cluster Combustibles Fluar CO2 Consola						
Agregar Ficha de Unidades Guardar mantenimientos Visor Gráfico						
Actor	Tipo de actor	Fecha	Und. Instaladas	Und. en mantenimiento	Periódica?	
18 de Julio	Parque eólico	30/12/1899	5	0	NO	
ARIAS	Parque eólico	30/12/1899	35	0	NO	
Abrial	Generador Solar PV	30/12/1899	0	0	NO	
Abrial	Generador Solar PV	16/9/2017	2	0	NO	
Agroland	Parque eólico	30/12/1899	0	0	NO	
Agroland	Parque eólico	26/4/2008	1	0	NO	
Alto Cielo	Generador Solar PV	30/12/1899	40	0	NO	
Alur	Generador térmico básico	30/12/1899	1	0	NO	
Amp_Biomasa	Generador térmico básico	30/12/1899	0	0	NO	
Arapay Solar	Generador Solar PV	30/12/1899	0	0	NO	
Arapay Solar	Generador Solar PV	19/8/2017	20	0	NO	
Arboreto	Generador térmico básico	30/12/1899	1	0	NO	
Asahi	Generador Solar PV	30/12/1899	1	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	30/12/1899	3	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	12/10/2019	2	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	2/11/2019	3	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	29/2/2020	2	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	21/3/2020	3	0	NO	
Baygorria	Generador hidráulico de pasada	5/9/2020	2	0	NO	

Fig. 44: Solapa mantenimientos.

Como se puede apreciar, se muestra el nombre del Actor, el tipo de Actor, la Fecha de la ficha, la cantidad de unidades y si la ficha es periódica o no.

Presionando el botón “Visor Gráfico” se despliega una pantalla como la que se muestra en la Fig.45, que puede ser útil para identificar problemas en la configuración de la Sala. Marcando y desmarcando en el panel de la derecha, se pueden visualizar o ocultar los generadores. Cada generador es desplegado en un renglón y a la derecha, en el mismo renglón, se muestra el nombre del generador y la cantidad máxima de Unidades que tiene instaladas. En verde se muestra la proporción de unidades instaladas que no están en mantenimiento programado, en rojo la proporción de unidades en mantenimiento programado. Los grises indican que hay menos unidades instaladas que el máximo en el horizonte. Un renglón en blanco indica que ese generador no tienen ninguna unidad instalada en el horizonte de la Sala.

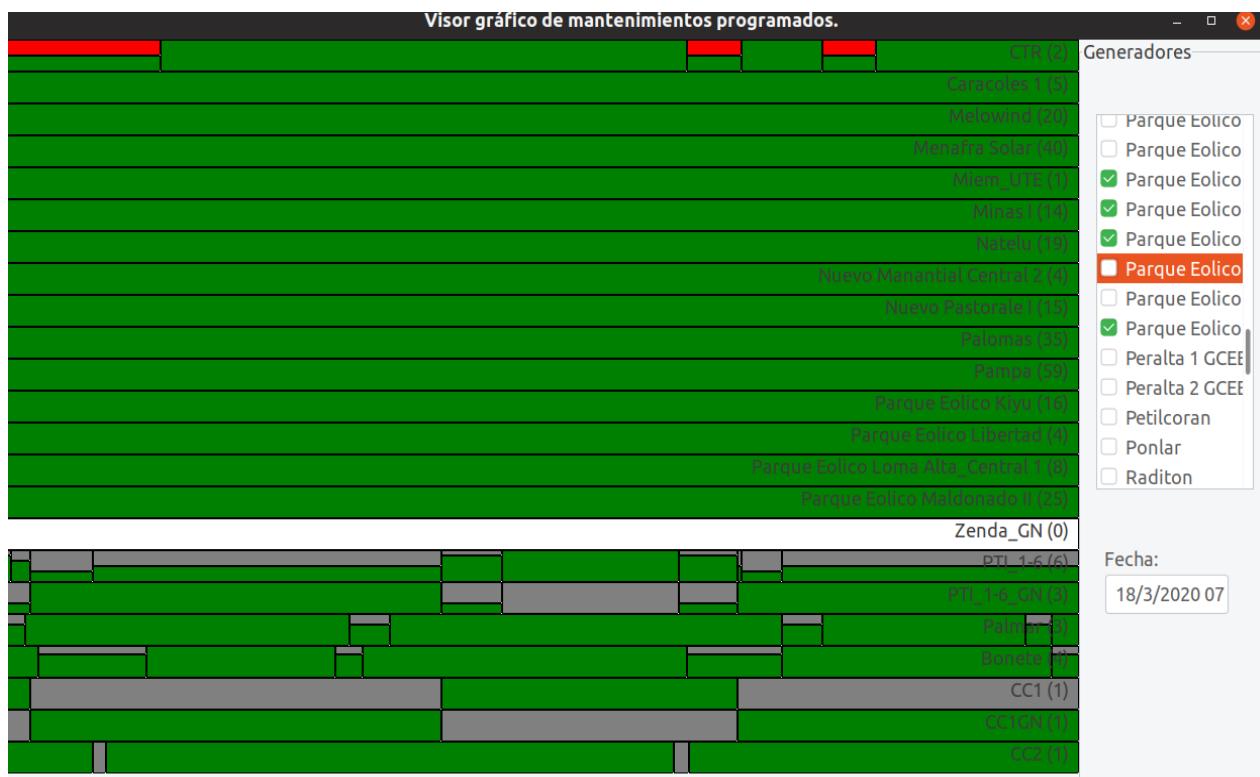


Fig. 45: Visor gráfico de mantenimiento.

3.3.h)

Solapa – SimRes3.

Esta solapa (ver Fig.46) permite editar especificaciones de cálculos a realizar con el posprocesador de resultados “SimRes3”.

Como muestra la figura, es posible agregar nuevas especificaciones (esto es crear un archivo descriptivo de los cálculos que se almacena con la extensión “.sr3”). Al presionar el lápiz para editar un archivo, se abre el Editor de SimRes3. La aplicación SimRes3 y su editor (que está empotrado dentro del editor de salas) se detalla en el Tomo 4 de estas serie de manuales.

Si quiere incorporar a la Sala una planilla de posprocesamiento “.sr3” creada anteriormente, debe utilizar la solapa “Archivos” (ver sec. 3.3.e)) y luego vuelva a la Solapa - SimRes3 y aparecerá dicha plantilla en el listado y podrá Editarla si es necesario.

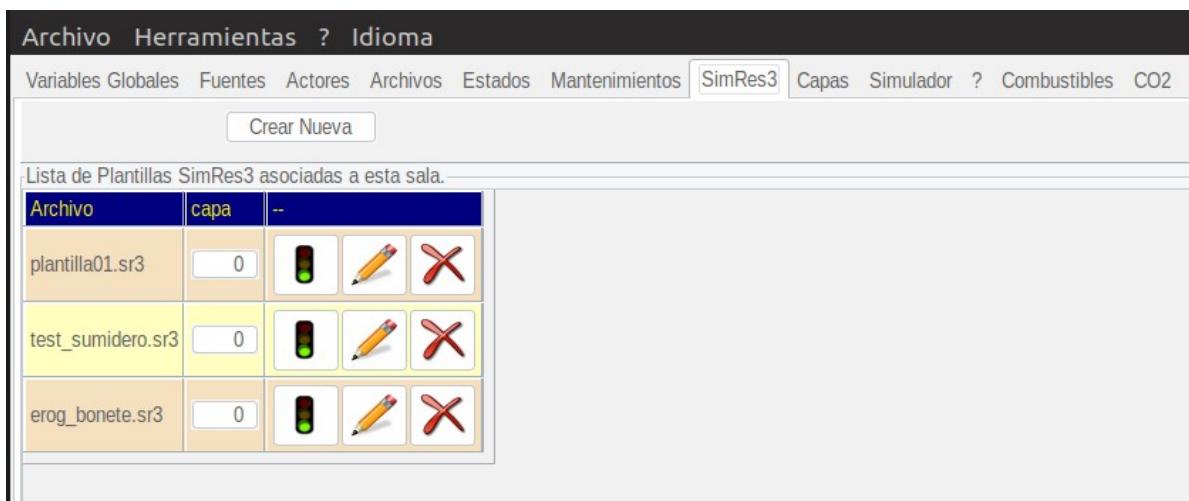


Fig. 46: Solapa SimRes3

3.3.i)

Solapa - Simulador.

Una vez editada la Sala (esto es: especificadas las Variables Globales, detallados los diferentes Actores que se desea incorporar al modelado, especificando sus Mantenimientos y las Fuentes Aleatorias que les darán algún servicio), se deberán especificar las características deseadas para las etapas de Optimización y Simulación, en la solapa “**Simulador**”.

Como se puede apreciar en la Fig.47 hay tres grandes paneles “Variables de Optimización”, “Variables de Simulación” y “Escenarios”. Los dos primeros permiten configurar los parámetros para las etapas de Optimización y Simulación respectivamente. El panel “Escenarios” permite configurar los escenarios disponibles en la Sala y realizar la ejecución de los mismos.

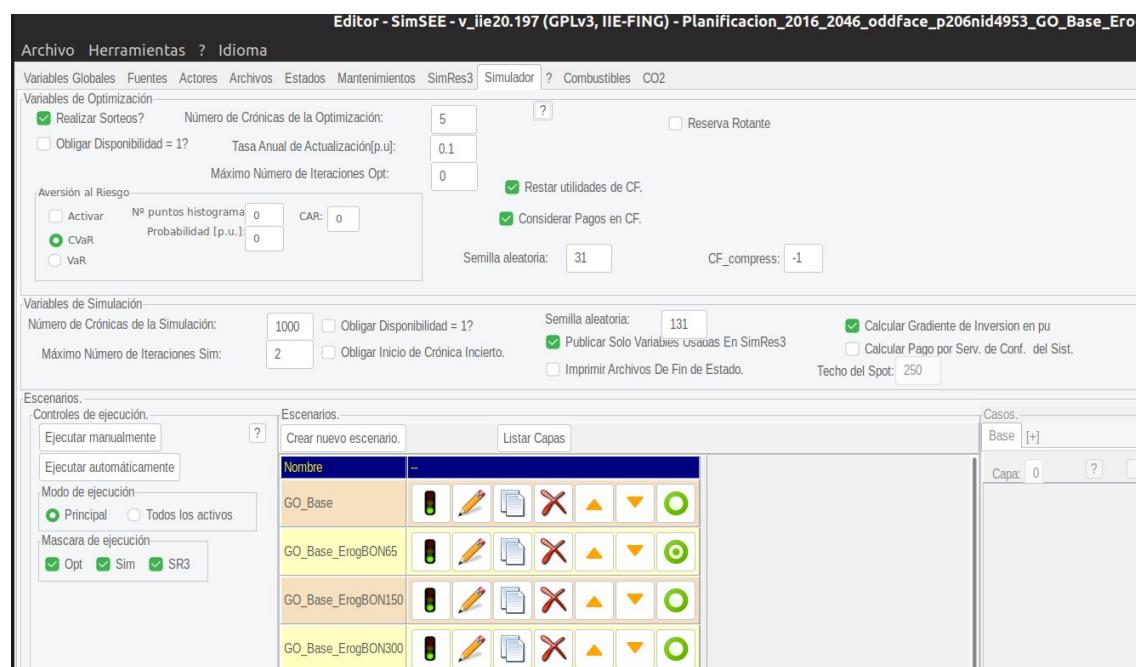


Fig. 47: Solapa Simulador.

3.3.i.i Parámetros de Optimización.

Marcando el casillero “**Realizar Sorteos?**” la Optimización Dinámica Estocástica se lleva a cabo realizando sorteos de las variables aleatorias en cada paso de tiempo. Si el casillero no se marca, la optimización se realiza considerando en cada paso de tiempo el valor esperado de las variables aleatorias, en lugar de hacer sorteos (p.ej. valor esperado de la potencia para el caso de las centrales de generación calculado multiplicando la potencia nominal por el coeficiente de disponibilidad fortuita, o bien valor esperado de los aportes hidrológicos para el caso de las centrales hidráulicas). Es habitual usarlo marcado y realizar entonces una optimización Dinámica Estocástica. El casillero sin marcar lleva a una optimización Dinámica determinista y generalmente lleva a una política de operación sub-óptima y “mas liberal” con el uso de los recursos.

En el casillero “**Número de Crónicas de la Optimización**” se debe ingresar el número de crónicas a ser utilizadas para sortear en cada paso de tiempo, en caso de haber marcado el casillero “Realizar Sorteos?”. Si no se marcó esa opción, este parámetro se ignora. A mayor cantidad de crónicas, mayor será la cantidad de combinaciones efectivamente consideradas de los procesos estocásticos que se tendrá en consideración. A mayor cantidad, más probabilidades se tiene de que casos poco probables (como la rotura simultánea de muchas máquinas) aparezcan y por lo tanto tengan su impacto en la valorización de los recursos. El tiempo de cálculo de la etapa de Optimización es directamente proporcional al *Número de Crónicas de la Optimización*, por lo cual el valor a utilizar es un compromiso entre exactitud y velocidad de cálculo.

El casillero “**Obligar Disponibilidad = 1?**” permite forzar la disponibilidad de todas las máquinas en 1 (100%), no realizándose sorteos de falla fortuita de

las mismas. Esto es útil en ocasiones en que un resultado sea difícil de interpretar, como una forma de detectar si el mismo está relacionado con la rotura de las máquinas o tiene otro origen. Usualmente se usa desmarcado.

“**Tasa Anual de Actualización (p.u.)**” es la tasa de actualización anual aplicada al dinero para el cálculo del valor actual (la función $CF(X)$ es el valor esperado de los flujos de fondos actualizados). Esta tasa debe ser mayor que cero para asegurar la estabilidad del algoritmo de optimización. Un valor razonable puede ser entre 0.08 y 0.12 (esto es entre 8% y 12% al año) para el caso en que los precios se encuentren expresados en dólares constantes.

El “**Máximo Número de Iteraciones Opt.**” fija el máximo de iteraciones que se permitirá realizar en la resolución de cada paso. El mecanismo de iteraciones permite mejorar la exactitud del modelo. En SimSEE, cada Actor es responsable de suministrar las ecuaciones de su modelo y mediante el mecanismo de iteraciones se le permite “cambiar las ecuaciones” si el punto de funcionamiento resultante está alejado del supuesto en la iteración anterior. Un ejemplo de aplicación de este mecanismo es el coeficiente energético de las centrales hidroeléctricas que al estar afectado por el caudal erogado, depende del propio resultado del paso. Al resolver un paso, cada Actor realiza una linealización de sus ecuaciones en torno al punto de trabajo supuesto y se resuelve el problema. Al resolverlo, puede suceder que el punto de operación resulte fuera del rango de validez del punto supuesto al hacer la linealización del modelo. Si esto ocurre, el Actor que se encuentre en esa situación puede requerir una nueva resolución del paso para tener la oportunidad de mejorar su ecuacionado. Esta “consulta a los Actores” se realiza hasta que todos confirman estar de acuerdo con el resultado o bien hasta que se alcanza el número máximo de iteraciones establecido. Si se fija en 0 no se permiten iteraciones. Un valor razonable puede ser p.ej. 3 o 4.

El casillero “**Reserva Rotante**” permite habilitar el mecanismo de Reserva Rotante, lo que significa imponer además del balance de potencias demandadas y entregadas en cada nodo imponer el balance entre demanda y oferta de reserva rotante en cada nodo.

El panel de “**Aversión al Riesgo**” que se encuentra a continuación puede ser activado/desactivado mediante el casillero “**Activar**” (por defecto se encuentra desmarcado). Implementa el manejo de riesgo en la optimización, permitiendo optar entre utilizar la función “**VaR**” (Value at Risk) o “**CVaR**” (Conditional Value at Risk) como medidas de dispersión de los costos.

El casillero “**CAR**” (Coeficiente de Aversión al Riesgo) se debe especificar un número entre 0.0 y 1.0 que indicará el grado de aversión al riesgo a utilizar.

Si es $CAR=0.0$ no se es averso al riesgo y en la optimización se minimizará el valor esperado de la función de costo futuro (que es lo mismo que no activar la aversión al riesgo).

Si en cambio el usuario tiene máxima aversión al riesgo, ingresará $CAR=1.0$. Esto implica que la optimización intentará minimizar “los costos altos” (en lugar del valor esperado de los costos). La medida de “los costos altos” será el valor que es excedido con una probabilidad P (especificada en el casillero “Probabilidad”) o el valor esperado de los costos que exceden dicha probabilidad

P según que se haya seleccionado como medida de riesgo “VaR” o “CVaR” respectivamente.

Para valores intermedios del Coeficiente de Aversión al Riesgo, la función objetivo a minimizar será una combinación lineal entre el valor esperado de los costos y la medida de dispersión que se haya seleccionado.

El casillero de “**Probabilidad (p.u.)**” determina el límite de probabilidad de excedencia que fije el usuario para medir la dispersión de costos de un histograma dado (esto es una forma de medir la exposición al riesgo). VaR(P) es el valor que es excedido con probabilidad P . CVaR(P) es el valor esperado de los costos que exceden a VaR(P).

El valor “**Nº de puntos del histograma**” determina la “fineza” con que se elaboran los histogramas de la función Costo Futuro CF(X, k), esto es, en cada etapa k de la optimización no se representará solo el valor esperado de costo futuro para cada discretización de la variable de estado X , sino que se tendrá una distribución o histograma (con tantos puntos como se especifiquen) que serán los que permitan calcular los valores de costo futuro con la probabilidad de excedencia que fijó el usuario. Un valor típico a utilizar es 200 cuando la probabilidad es 0.05.

El casillero “**Restar utilidades de CF**” si se encuentra marcado, en lugar de minimizar el valor esperado del costo futuro, minimizará los costos restándole las utilidades que obtenga el usuario. Esto está previsto para que los Actores pueden determinar además del costo incurrido en el paso de tiempo, la utilidad generada. Para un ejemplo de modelo que especifica utilidades véase el Actor “Usos Gestionables” en el Tomo 3 de esta serie de manuales. El uso normal de este casillero es marcado y no tiene consecuencias sobre el tiempo de cálculo.

El casillero “**Considerar Pagos en CF**” permite especificar si los pagos adicionales (por potencia puesta a disposición y por energía) que no son considerados en la resolución del despacho son o no sumados a la función del Costo Futuro (CF). Al sumarlos, el optimizador los tiene en cuenta y la política de operación puede verse influida si el operador tuviera algún mecanismo (operativo) que le permita reducir los pagos. Solo a modo de ejemplo, si se especifica un “pago por energía” en una central hidráulica y en otra no se especifica, cuando existan excesos de energía que den lugar a vertimiento, el optimizado dará preferencia a abrir los vertederos de la central a la que se le pagaría por entregar la energía.

El campo “**Semilla aleatoria**” le permite especificar una semilla para inicializar los generadores de números aleatorios usados en la etapa de Optimización. Cambiar este número es útil para estimar la exactitud de los resultados con el número de sorteos especificados. Si los resultados son sensibles a la semilla inicial significa que debe aumentar la cantidad de sorteos.

El campo “**CF_compress**” por defecto está en -1 e implica que se utilizará una representación comprimida del Costo Futuro al almacenarlo en el archivo binario. Si se especifica 0 (Cero) no se realiza ninguna compresión.

3.3.i.ii Parámetros de Simulación.

El “**Número de Crónicas de la Simulación**” determina el número de crónicas que se simularán. Cada crónica se simula por separado. Simular una crónica significa que en cada paso de tiempo (desde el primero hasta el último del horizonte de tiempo de simulación) se realizarán los correspondientes sorteos para obtener así los valores a considerar para todas las variables aleatorias.

El casillero “**Obligar Disponibilidad = 1?**” permite forzar la disponibilidad de todas las máquinas en 1 (100%), no realizándose sorteos de falla fortuita de las mismas. Lo aconsejable es no marcar este casillero y utilizar la potencialidad de la plataforma. El casillero está para fines de análisis de efectos de considerar o no la rotura fortuita en las simulaciones.

El casillero “**Máximo Número de Iteraciones Sim.**” permite fijar el máximo de iteraciones que se permite en un paso de tiempo para mejorar el modelado de los diferentes actores. (véase el mismo parámetro de la optimización más arriba).

El casillero “**Obligar inicio de crónica incierto**” permite especificar que todas las fichas de unidades (ver sec.3.3.d.i) se comporten como si tuvieran marcado el *Inicio de crónica incierto*.

El campo “**Semilla aleatoria**” determina la semilla con que se inicializan todos los generadores de números aleatorios usados durante la simulación. Variando este número pueden generarse diferentes conjuntos de crónicas de simulación y determinar así la precisión de los resultados en base al número de crónicas utilizados.

El campo “**Publicar Solo Variables Usadas en SimRes3**” debe utilizarse marcado y significa que en los archivos que se generan con los resultados de las simulaciones solo se guardan aquellas variables que luego son usadas en alguno de los archivos SimRes3 asociados a la Sala. Todas las entidades de la Sala publican (declaran) variables que pueden utilizarse luego en los cálculos con SimRes3. Si no se marca el casillero, se registran en los archivos de salida todas las variables aunque no estén referenciadas en archivos SimRes3, lo que lleva a que rápidamente el volumen de los archivos sea inmanejable. La opción de desmarcar el casillero se deja disponible solo para propósitos académicos.

El casillero “**Imprimir Archivos de Fin de Estado**” también tiene objetivos académicos y tiene el efecto que si se marca, se generan archivos de texto con el registro del Estado del Sistema al final de cada crónica simulada.

El casillero “**Calcular gradientes de inversión en p.u.**” especifica si los Gradientes de Inversión de aquellos Actores para los que se especifique su cálculo se realiza por unidad o en USD (dólares).

Con el casillero desmarcado en cada paso de tiempo para cada Actor en el que esté marcado realizar el cálculo, se calcula el gradiente de inversión (GradInv) como: $GradInv := E * CMG - Costos$. La energía que entrega el generador valorizada al costo marginal del nodo menos el costo de generación y menos los pagos no considerados en el despacho (disponibilidad y energía). Si el casillero está marcado, se realiza como:

$$GradInv := (E * CMG - Costos) / Pago_por_disponibilidad$$

El casillero “**Calcular Pago por Serv. de Conf. del Sist.**” habilita el cálculo de la participación de los generadores y las demandas en el Servicio de Confiabilidad del Sistema. Se calcula para cada Actor y se publican dos variables: ParticipacionSCS y ForzamientoSCS. El casillero “**Techo del Spot**” especifica el valor límite utilizado para la sanción del precio Spot en base al costo marginal. Si el Costo Marginal supera el valor Techo, el precio spot se fija al valor techo y en ese caso, se calculan las variables de Participación y Forzamiento en el SCS que corresponden a la energía intercambiada (al nodo al que se conecta) valorizada al Costo Marginal menos el valor especificado como “Techo del Spot” o el costo variable de generación si es superior. En el caso de que el costo variable de generación sea superior al Techo, se asigna a ForzamientoSCS el monto correspondiente a la Energía por la diferencia entre el techo y el costo variable.

El pseudo código del cálculo es el que se muestra a continuación:

```

ParticipacionSCS:= 0;
ForzamientoSCS:=0;
CmgMenosTecho:= CMG - TechoDelSpot;
if CmgMenosTecho > 0 then
begin
    TechoMenosCV:= TechoDelSpot - CV_spot;
    if TechoMenosCV > 0 then
        ParticipacionSCS:= E * CmgMenosTecho
    else
        begin
            ParticipacionSCS:= E * ( CMG - CV_Spot );
            ForzamientoSCS:= E * (-TechoMenosCV) ;
        end
    end
end

```

3.3.i.iii Escenarios.

En el panel “**Escenarios**”, usando el botón “**Crear nuevo escenario**”, se pueden crear varios escenarios (o casos) de simulación en la misma Sala, evitando así duplicar la información y facilitando el mantenimiento del conjunto de casos.

Un escenario se define indicando cuáles son las capas activas en dicho escenario. Las fichas de parámetros dinámicos tienen un parámetro que es la capa, y esto permite tener juegos de fichas que se activan o no según el escenario. Por defecto todas las fichas están en la capa 0 (cero), lo que corresponde al escenario “Base”, pero es posible especificar fichas de parámetros dinámicos con un número de capa diferente (1, 2, 3, etc.). Dos fichas pueden tener la misma fecha de inicio, pero si se especifican con diferente número de capa, se activarán cada una en el escenario que active la capa a la que pertenece.

Esto facilita la creación de pequeñas variantes de una misma Sala en forma de “**Escenarios**”. Un escenario tiene un “nombre” que lo identifica y un conjunto de capas activas que serán las que se considerarán en la Optimización y en la Simulación. Las capas que no estén activas NO participan ni en la

Optimización ni en la Simulación del escenario. (son eliminadas de la sala antes de ejecutar la Optimización y/o la Simulación).

Un escenario una vez creado podrá ser activado/desactivado, editado, eliminado y marcado/desmarcado como escenario principal de la corrida, mediante diferentes botones disponibles. El significado de los botones es el siguiente:

- “Semáforo” que permite activar/desactivar el escenario. Si el mismo se desactiva pasa a tener un fondo rojo. Si se aprieta el botón “Ejecutar Automáticamente” se ejecutan los escenarios activos en forma automática sin que tenga que intervenir el usuario.
-  “Lápiz” que permite editar y modificar el escenario.
-  “Duplicado” permite clonar un escenario.
-  “Cruz” que permite eliminar el escenario.
-  “Flecha para arriba” permite mover hacia arriba el escenario en la lista de escenarios disponibles.
-  “Flecha para abajo” permite mover hacia abajo el escenario en la lista de escenarios disponibles.
-  “Principal”, marca roja que señala el escenario principal (solo uno podrá serlo por vez). Éste será el escenario optimizado/simulado cuando se invoque al *Simulador* presionando el botón “Ejecutar Manualmente”.

Al editar un escenario se abre un formulario como el de la Fig.48.



Fig. 48: Formulario de edición de un Escenario.

En el mismo es posible especificar un “**Nombre**” que se asigna al escenario y detallar las “**Capas activas**”, esto es, las que serán tenidas en cuenta para la Optimización y/o Simulación en ese escenario. Asimismo presenta una ventana donde es posible realizar una breve descripción del mismo. Mediante dos casilleros en la parte inferior es posible marcar si este escenario se usará para **Optimizar** y/o para **Simular**. En el ejemplo de la figura, las fichas de parámetros dinámicos que tengan valores de capa 0, 1, 2, 3 y 4 serán todas activas. Los elementos que estén en las demás capas (p.ej. capa=5) no serán considerados en el escenario denominado “ConAra_BioPPI” mostrado en el ejemplo. Habitualmente se incluirá la capa 0 (Base) en todos los escenarios, y se agregarán las capas correspondientes a las variantes que se desea especificar.

La funcionalidad de los casilleros que permiten especificar “optimizar” y “simular” está prevista para una futura versión de SimSEE que permitirá ejecutar en modo BATCH el conjunto de escenarios activos en el orden listado.

El botón “**Listar Capas**” genera una página y la despliega en su navegador de internet con el listado de los Escenarios y las fichas de parámetros ubicados en cada capa.

3.3.i.iv Llamar Optimizador/Simulador con el escenario principal

Finalmente, con el botón “**Llamar Optimizador/Simulador con el escenario principal**” que se encuentra más hacia la derecha en la ventana correspondiente a la pestaña “Simulador” (ver Fig.47), es posible invocar el programa SIMULADOR para el escenario principal. Para detalles sobre la operación del mismo ver el capítulo 4 del presente Manual.

Un ejemplo posible de uso de escenarios puede tenerse con un Actor Demanda al cual puede querer sumársele una componente adicional en un escenario y no considerar dicha componente en el escenario base de estudio, siendo el modelado del resto del sistema el mismo en ambos casos. Una posibilidad es realizar 2 Salas por separado, idénticas salvo en esa modificación, optimizar y simular ambas por separado. Mediante el manejo de escenarios es posible hacerlo en una única Sala. Se asociará entonces al Actor Demanda una componente que será una fuente aleatoria, la cual tendrá una ficha con un valor nulo en la capa=1 y el valor de la demanda adicional en otra ficha en la capa 2. Se darán de alta dos escenarios: en uno de ellos las capas activas serán la 0 y la 1, mientras que en el otro las capas activas serán 0 y 2. Al optimizar/simular el primero de ellos, SimSEE no tendrá en cuenta los valores especificados en la capa 2 (esto es, no verá la componente adicional de demanda que se especificó con capa=2, pues esa capa está inactiva en ese escenario), mientras que al

optimizar/simular el segundo escenario, sí la tendrá en cuenta (pues dicha capa está activa).

Es posible así ir introduciendo pequeñas variantes a la Sala (esto es, distintos escenarios), sin necesidad de duplicar cada vez toda la información.

3.3.j)

Solapa - ?.

Al intentar activar esta solapa se abre el navegador configurado por defecto y se accede a una página web con la información de ayuda sobre el Solapero Principal del Editor de SimSEE.

3.3.k)

Combustibles.

En la solapa “Combustibles” es posible definir tipos de combustibles que pueden ser utilizados por los Actores a los que se tiene acceso en la sub-solapa “Actores->Red de Combustibles”. Si no utiliza este tipo de actores no es necesario que defina tipos de combustibles en la Sala. La Fig.49 muestra un ejemplo del contenido de la solapa con tres tipos de combustibles definidos.



Combustibles	Tipo de combustible	Información adicional			
Gasoil	Combustibles				
FuelOil	Combustibles				
GasNat	Combustibles				

Fig. 49: Solapa Combustibles.

Al presionar el botón “Agregar Combustible” o el botón de edición de un combustible de la lista, se despliega el formulario de la Fig.50. Como se puede apreciar, permite definir el nombre del combustible y una lista de fichas de parámetros dinámicos.

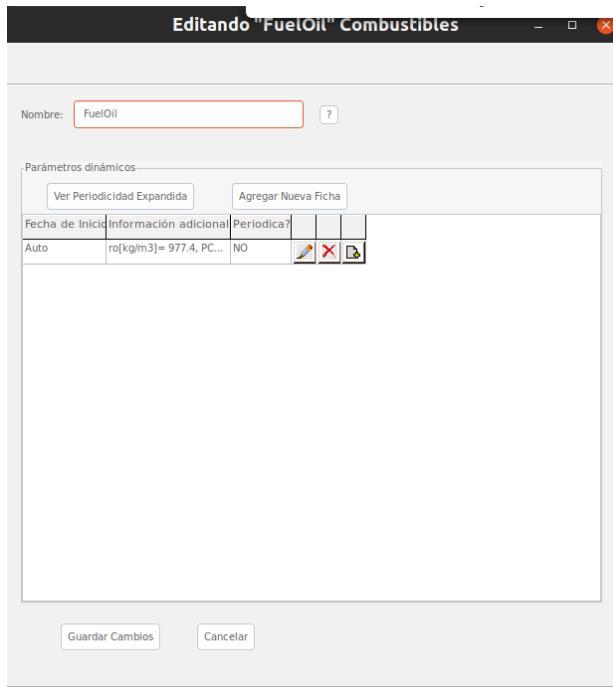


Fig. 50: Edición de un tipo de combustible.



Fig. 51: Características del combustible.

El formulario de los parámetros dinámicos es el que se muestra en la Fig.51. Como parámetros dinámicos de los combustibles es necesario especificar la densidad, el poder calorífico superior e inferior. Los botones del panel “Cargar valores típicos” son de utilidad para cargar valores típicos según el tipo de combustible. Estos parámetros están especificados como dinámicos para permitir considerar posibles cambios en los mismos como puede ser un cambio de proveedor en determinadas estaciones del año.

3.3.1)

Solapa – CO2.

Esta solapa (ver Fig.52) permite especificar las características de los generadores para el cálculo de las emisiones de CO2.

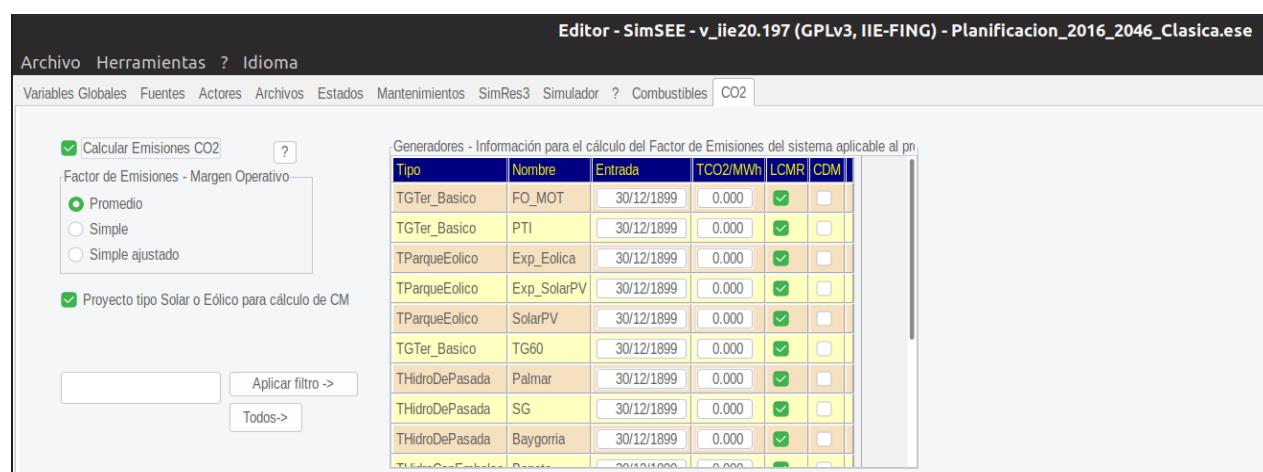


Fig. 52: Solapa CO2

El casillero *Calcular Emisiones CO₂* habilita o no el cálculo. En caso de estar habilitado, se genera al simular un archivo con la emisión esperada de cada generador, con diferentes indicadores.

Esta mejora a SimSEE fue desarrollada en el marco del proyecto ANII_FSE_2009_18 en el marco del Fondo Sectorial de Energía de la ANII. La memoria final de dicho proyecto está en:

http://iie.fing.edu.uy/simsee/biblioteca/anii_fse_2009_18/memoria_fse_2009_18_MejorasSimSEE.pdf

4. El Optimizador/Simulador.

Este capítulo es el Manual de Usuario de la aplicación “SimSEESimulador.exe”. En la jerga de SimSEE, esta aplicación es llamada “El Simulador” y es la encargada de llevar adelante las etapas de Optimización y Simulación sobre una Sala.

En el uso más común de la plataforma SimSEE, el simulador es directamente convocado desde el Editor, pero también puede ser convocada manualmente o mediante un script o comando batch para la ejecución de una secuencia de simulaciones.

Para ejecutar el Simulador desde el Editor se debe presionar el botón “Ejecutar Manualmente” que se encuentra en la solapa “Simulador”.

La Fig.53 muestra la pantalla del Simulador. Como se puede apreciar, tiene un panel superior llamado “Datos de entrada”, en el que se especifica el archivo de Sala a procesar. Si el Simulador fue convocado desde el Editor, este campo aparece ya llenado con el archivo de la Sala del Editor. En caso que haya abierto directamente el Simulador con el botón “Seleccionar Sala” se abre un explorador que le permitirá seleccionar el archivo de Sala a ejecutar.

En la parte inferior está el panel “Alertas”, donde le aparecerá cualquier mensaje de alerta sobre definiciones dudosas o errores detectados durante la lectura de la Sala.

La parte principal de la pantalla (Fig.53) la forman las solapas “Optimizar”, “Simular”, “SimRes3” y “Auxiliares”.

4.1. Solapa Optimizar.

La solapa “Optimizar” es la que se despliega en la Fig.53. En el panel “Parámetros” se cargan los valores especificados en la Sala. Si modifica estos valores y presiona el botón “Optimizar” los cambios solo tendrán efecto para la optimización en curso y no serán guardados en la Sala. La posibilidad de realizar cambios en este panel es solo a los efectos de poder realizar pruebas sobre el efecto de los parámetros. Si desea cambiarlos en forma permanente debe hacerlo en el Editor. El significado de cada parámetro es el que se explicó en la sección 3.3.i.i “Variables de Optimización”.

Al realizar la Optimización se crea en el directorio de corridas {\$HOME}/SimSEE/rundir/{\$sala} un archivo con el nombre “CF_{\$escenario}.bin”. Donde:

{\$HOME} es generalmente “C:\” en el caso de usar Windows o su carpeta personal en caso de usar Linux.

/{\$sala} es el nombre del archivo de Sala sin extensión. Le recomendamos no utilizar ni espacios ni tildes ni símbolos en los nombres de archivos de sala

para evitar inconvenientes con los cambios de sistemas operativos o codificación de caracteres según el lenguaje.

`{$escenario}` es el nombre del escenario marcado como “activo” dentro de la Sala. (valen las mismas recomendaciones respecto del nombre de la sala).

Si al cargar la Sala, se detecta que el archivo “CF_`{$escenario}`.bin” ya existe, se habilita el botón “Cargar CF (propio)” lo que le permite cargar dicho archivo como si hubiera realizado la Optimización.

Luego de finalizar la Optimización o cargar el archivo “CF_`{$escenario}`.bin”, si ya existía, quedará habilitado el contenido de la solapa “Simulación”.

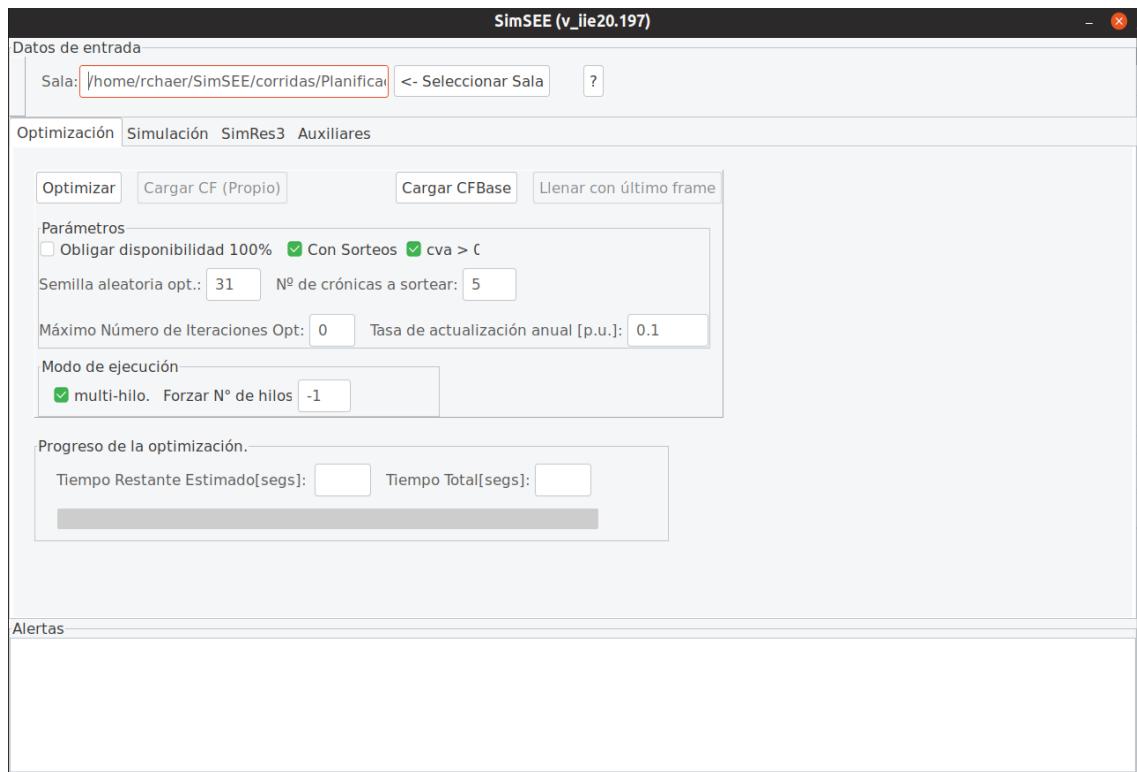


Fig. 53: Pantalla del Simulador.

El botón “Cargar CFBase” abre un explorador y le permite seleccionar un archivo de Costo Futuro (CF_?????.bin) de su computadora para ser utilizado. Se le permite cargar archivos que pueden corresponder a Salas con paso de tiempo de diferente duración al de la Sala actual y el simulador interpola la información en el tiempo. Esta funcionalidad se pensó para realizar simulaciones de paso de tiempo horario con archivos CF_????.bin resultado de Salas con igual descripción del espacio de estado, pero de paso diario.

El panel “Modo de ejecución” le permite modificar la forma en que se realiza el cálculo. Por defecto, está marcado el casillero “multi-hilo”, lo que indica que se intentará utilizar varios hilos (Robots de cálculo en paralelo) de ejecución, y el campo “Forzar N° de hilos” con valor por defecto “-1” (menos uno)

indicando que se utilicen tantos hilos como procesadores (núcleos de cálculo) se detecten como disponibles en la computadora. Esta configuración es la más eficiente, pero en ocasiones puede querer imponer el número de hilos, por ejemplo para no sobrecargar el equipo, con lo cual puede indicar un número positivo en el campo “Forzar N° de hilos”. También puede desactivar por completo la funcionalidad desmarcando el casillero “multi-hilo” y entonces se ejecutará la optimización sin parallelizar el cálculo en varios hilos.

En el panel “Progreso de la optimización” se muestra el tiempo transcurrido y el restante en segundos, y la barra de progreso se mueve en consecuencia.

4.2. Solapa Simulación

La solapa “Simulación” ver Fig.54 se habilita después que se ha realizado la optimización o se realizó la carga de un CF manualmente como se explicó en la sec. 4.1.

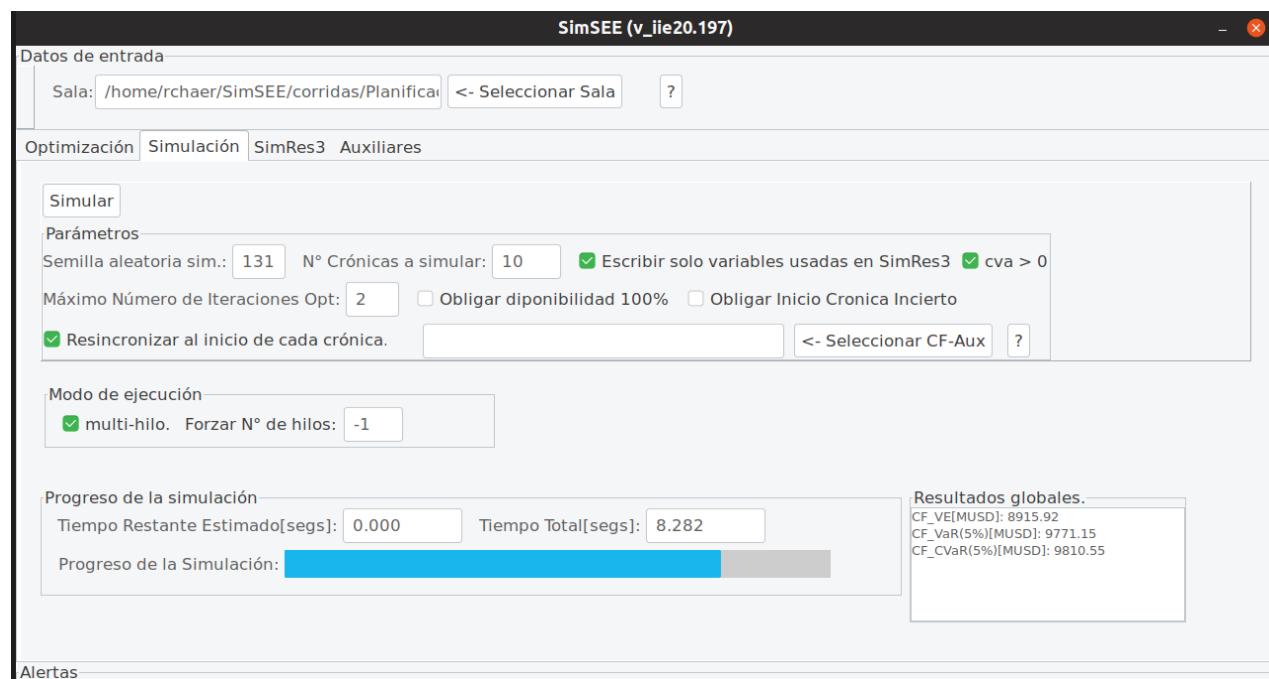


Fig. 54: Solapa Simulación.

El botón “Simular” lanza la simulación de la Sala utilizando el CF (resultado de la optimización o cargado).

En el panel “Parámetros” están los parámetros aplicables a la Simulación que se explicaron en la sec.3.3.i.ii “Variables de Simulación”.

El panel “Modo de ejecución” permite habilitar o no la ejecución multi-hilo e indicar la cantidad de hilos a utilizar. Un valor “-1” en el campo “Fozar N° de hilos:” implica que se utilizarán tantos hilos como procesadores se detecten en la computadora si se habilita la ejecución multi-hilo. Si se ingresa un valor positivo, se crearán la cantidad de hilos especificadas sin importar la cantidad de procesadores disponibles.

El panel “Progreso de la simulación” permite observar el avance de la simulación.

El panel “Resultados globales” despliega un resumen de los resultados del total de crónicas simuladas. Los valores corresponden al Costo Futuro de la operación, en valor esperado, que es excedido solo por el 5% de las crónicas y el promedio del 5% de mayor valor. Finalizada la simulación, se activa automáticamente la solapa “SimRes3” por lo cual, si quiere observar el resumen, debe volver manualmente a la solapa “Simular”.

Los valores del resumen están también en el archivo de texto que se almacena en el directorio de resultados `{$HOME}/SimSEE/rundir/{$sala}` con el nombre “`simcosto_{$semilla}x{$ncronicas}_{$escenario}.xlt`”

Donde: `{$semilla}` es la semilla aleatoria utilizada para simulación ,`{$ncronicas}` es la cantidad de crónicas de simulación y `{$escenario}` es el nombre del escenario simulado.

4.3. Solapa SimRes3.

Al finalizar la Simulación se pasa a la solapa “SimRes3” que permite ejecutar el posprocesador de resultados SimRes3 (ver Tomo IV de esta serie de manuales).

Los procesamientos de resultados se describen en scripts o Plantillas SimRes3 almacenados en archivos vinculados a la Sala como se explicó en Capítulo 3 en la sección dedicada a la “Solapa – SimRes3” del Editor.

La Fig.55 muestra el contenido de la solapa SimRes3 del simulador. El combo - selector le permitirá seleccionar la plantilla SimRes3 a ejecutar, y presionando el botón “Ejecutar SimRes3” se ejecutará el programa SimRes3 utilizando la plantilla seleccionada sobre los resultados de la simulación recién realizada. El radio-selector “html - Excel” le permite seleccionar si la salida de SimRes3 se realiza en formato html o como un libro Excel.

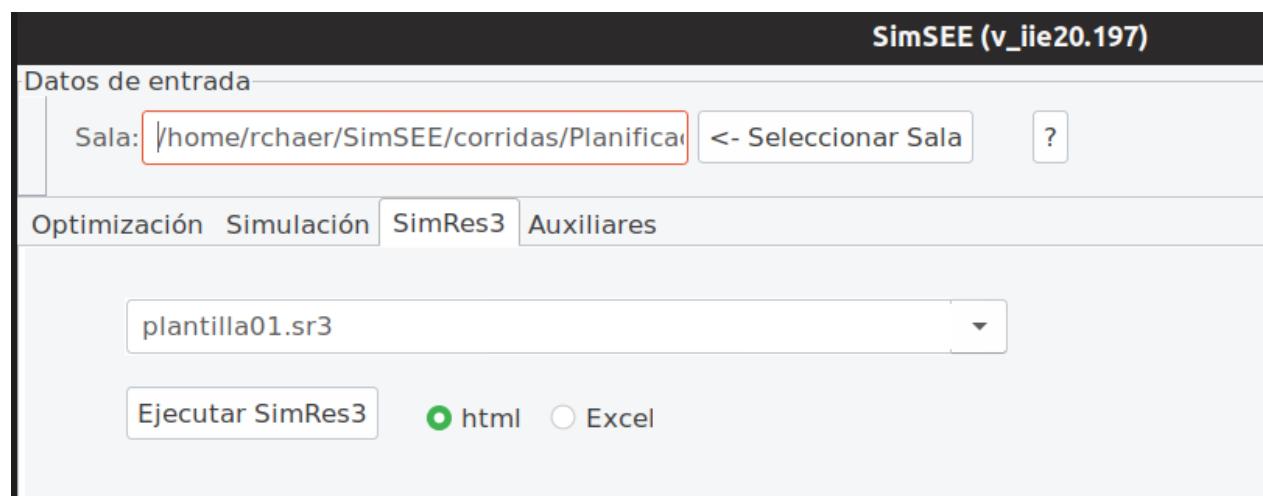


Fig. 55: Solapa SimRes3 del Simulador.

Si se selecciona html, se crea en una sub-carpeta de la carpeta en la que se encuentra la Sala con las planillas de resultados (en formato de texto plano

con tabulador como separador de datos y “.” (punto) como separador decimal. En la misma carpeta se generan los gráficos que se hayan especificado y una página “index.html” que es abierta en el navegador por defecto como se muestra en la Fig.56. Como se puede apreciar, hay un panel “Datos” con los links a los archivos de datos y luego “Gráficos” con las imágenes generadas.

Datos:

gpf	gpf_anual	cmg_anual	gis
pmaxs	Pe5_fallaSemanal	pe5_fallaAnual	CAD
cmg_anual_x			

Gráficos:

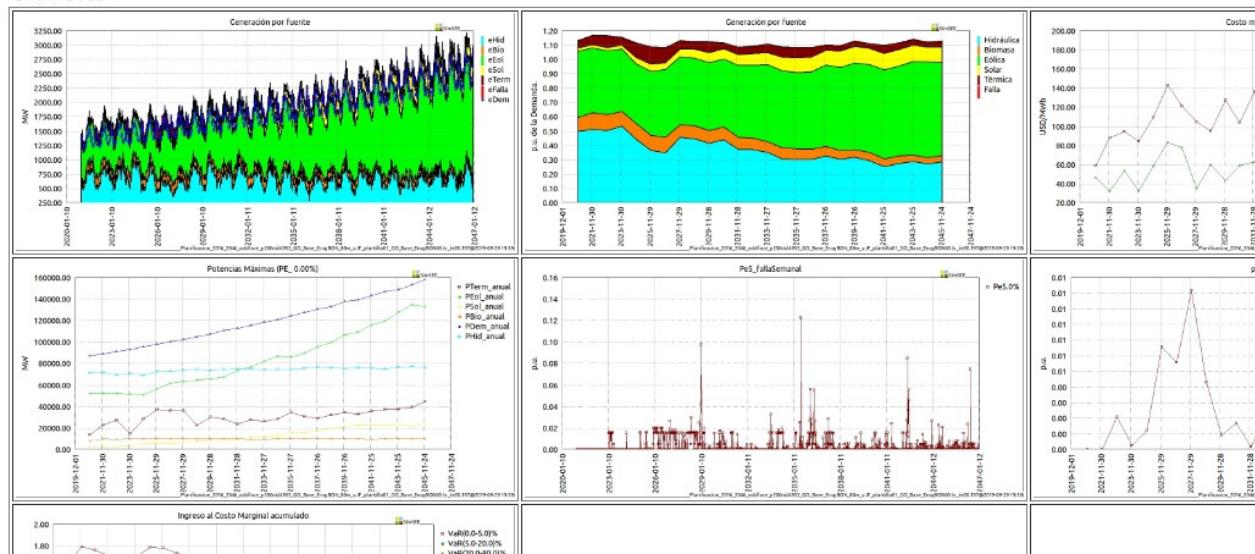


Fig. 56: Ejemplo de salida html de SimRes3.

La opción de generar en Excel genera la misma información escribiendo directamente un libro Excel. Para poder usar esta opción debe usar sistema Operativo Windows y tener instalado Excel. Esta opción ha resultado difícil de mantener por cambios en la aplicación Excel y porque no es portable a Linux y es muy probable que se discontiñue en el futuro; por lo cual se aconseja utilizar la opción “html”.

4.4. Solapa Auxiliares.

La Solapa Auxiliares está disponible al cargar la Sala y puede utilizarse para generar un resumen de las unidades instaladas de los Actores en el Horizonte de Simulación presionando el botón “Unidades.Disp.” y dos archivos con la potencia firme disponible de los generadores térmicos presionando el botón “Imp.Pot.Firmes”.



Fig. 57: Solapa Auxiliares del Simulador.

Los archivos se crean en el directorio de resultados
{\$HOME}/SimSEE/rundir/{\$sala} con los siguientes nombres:

Archivo de unidades instaladas:
{\$sala}_U_{\$escenario}.xlt

Archivo de potencia térmica disponible:
potencias_Termicas_Firmes_porpaso_{\$escenario}.xlt

Archivo de potencia térmica disponible mensual:
potencias_Termicas_Firmes_mensuales_{\$escenario}.xlt

2. Parámetros cmdopt.

El único parámetro obligatorio es la sala

Por eje. para ejecutar la optimización con diferentes semillas y crónicas

```
cmdopt sala=c:\SimSEE\corridas\miSala.ese semilla=10031 ncronicasopt=10
```

```
cmdopt
sala={archivo_sala}
escenario={nombre_del_escenario,"}
nhilos={nHilosForzados,-1}
ntareas={nTareasForzadas,-1}
cf={archivo_enganche_cf,"}
semilla={valor,randomize,"}
ncronicasopt={valor,"}
```

3. Parámetros cmdsim.

El único parámetro obligatorio es la sala.

```
cmdsim sala=c:\SimSEE\corridas\miSala.ese semilla=10031 ncronicassim=100
cf=c:\Simsee\rundir\miSala\{elquesea}.bin
```

```
cmdsim
sala={nombre_archivo}
escenario={nombre_del_escenario,"}
nhilos={nHilosForzados,-1}
ntareas={nTareasForzadas,-1}
cf={archivo_CF}
semilla={valor,randomize,"}
ncronicassim={valor,"}
sr3={no,xlt,srb}
```