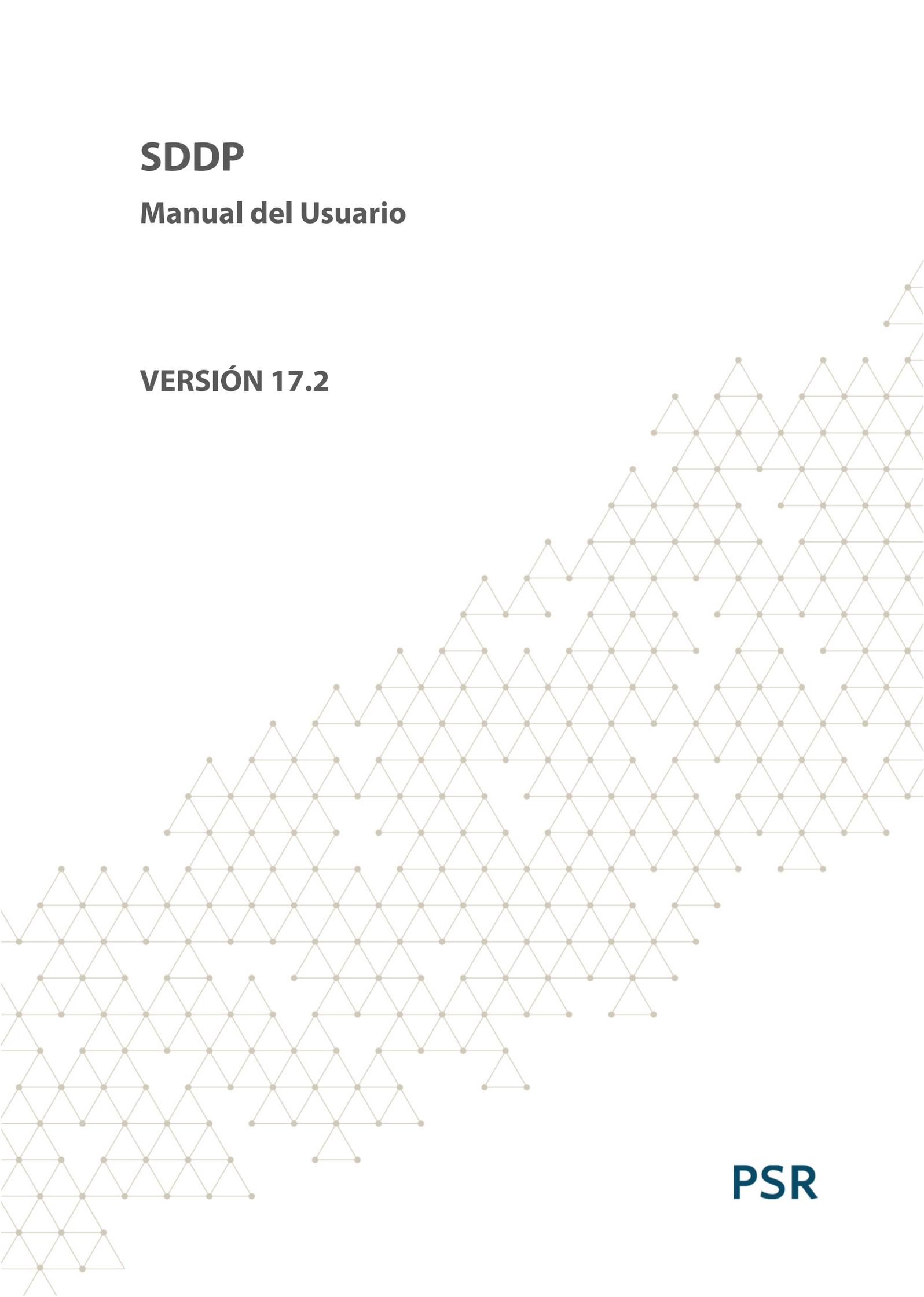


# SDDP

## Manual del Usuario

VERSIÓN 17.2



PSR

## Tabla de Contenido

1	Notas de Instalación y Manipulación de Datos .....	11
1.1	Instalación .....	11
1.2	Espacio requerido para la instalación .....	11
1.3	Acceso al sistema .....	11
1.4	Dimensiones del modelo .....	11
1.5	MPI (ejecución paralela) .....	12
1.5.1	Configuración de los nodos.....	12
1.5.2	Ejecución .....	12
1.5.3	Performance .....	13
2	Flujo de Ejecución del Modelo.....	14
3	Primeros Pasos.....	15
3.1	Selección de directorios .....	15
3.2	Creación de un nuevo caso .....	15
4	Visión General.....	17
4.1	Organización de la interfaz .....	17
4.1.1	Árbol de navegación .....	17
4.1.2	Lista de elementos .....	18
4.1.3	Panel de edición de datos.....	18
4.2	Navegabilidad.....	18
4.2.1	Abrir, editar y salvar datos.....	18
4.2.2	Adaptar lista de datos complementares.....	19
4.3	Tablas de la datos cronológicos .....	19
4.3.1	Adición y exclusión de datos.....	19
4.3.2	Manipulación de datos .....	20
5	Centrales hidroeléctricas .....	21
5.1	Configuración .....	21
5.1.1	Selección de las plantas .....	21
5.1.2	Datos básicos de las plantas hidro.....	21
5.1.3	Parámetros de las plantas – grupo generador .....	21
5.1.4	Parámetros de las plantas – reservatório.....	23

5.1.5	Parámetros de las plantas – topología .....	25
5.1.6	Parámetros de las plantas – tablas .....	25
5.2	Factor de pérdidas hidroeléctricas .....	27
5.3	Mantenimiento .....	27
5.4	Expansión/Modificación .....	28
5.5	Riego .....	28
5.6	Volumen de alerta y volumen mínimo .....	29
5.7	Volumen máximo operativo .....	30
5.8	Volumen de espera .....	30
5.9	Turbinamiento máximo.....	30
5.10	Vertimiento mínimo.....	30
5.11	Vertimiento máximo .....	30
5.12	Defluencia total máxima .....	30
5.13	Defluencia total mínima.....	31
5.14	Energía de alerta .....	31
5.15	Energía mínima .....	31
5.16	Energía de espera.....	31
5.17	Polinomio cota-volumen.....	31
5.18	Parámetros para cálculo de energía almacenada.....	32
5.19	Restricciones operativas de hidroeléctricas .....	33
5.20	Restricciones de flujo de agua constante .....	33
6	Combustibles .....	34
6.1	Selección de combustibles .....	34
6.2	Datos básicos de los combustibles.....	34
6.3	Precio de combustibles .....	34
6.4	Disponibilidad de los combustibles.....	34
6.5	Costos de créditos de carbono.....	35
7	Centrales térmicas .....	36
7.1	Configuración .....	36
7.1.1	Selección de las plantas .....	36
7.1.2	Datos operativos de las plantas.....	36

7.1.3	Consumo de combustible .....	38
7.1.4	Combustibles alternativos .....	39
7.2	Mantenimiento .....	39
7.3	Expansión/Modificación .....	39
7.4	Generación mínima.....	40
7.5	Costo de arranque.....	40
7.6	Restricciones operativas de térmicas .....	40
7.7	Estado operativo del ciclo combinado.....	41
7.8	Consumo específico por bloque.....	41
8	Emisiones .....	43
9	Contratos de Combustible .....	44
9.1	Selección de los contratos .....	44
9.2	Datos básicos .....	44
9.3	Tipos de contratos de combustible.....	44
9.4	Datos de contratos de combustible tipo Libre.....	45
9.5	Datos de contratos de combustible Por Integral .....	45
9.5.1	Make-up y carry forward .....	46
9.6	Costo del contrato variable en el tiempo .....	46
9.7	Máximo retiro variable en el tiempo .....	46
10	Reservorio Físico de Combustible.....	48
10.1	Selección de los reservorios.....	48
10.2	Datos básicos .....	48
10.3	Expansión/Modificación .....	48
10.4	Restricciones de los reservorios.....	48
11	Hidrología .....	50
11.1	Registro histórico de caudales .....	50
11.1.1	Añadir una nueva estación hidrológica.....	50
11.1.2	Selección de los datos de caudales .....	50
11.1.3	Caudales totales o incrementales .....	50
11.1.4	Estadísticas de los caudales.....	51
11.2	Estimación de los parámetros del modelo estocástico de caudales .....	51

11.3	Incertidumbre reducida .....	53
11.4	Variable Climática .....	54
12	Sistema .....	55
12.1	Unidad monetaria .....	55
12.2	Configuración del sistema.....	55
12.3	Reserva de Generación .....	55
12.4	Reserva Rodante Hidro .....	56
12.5	Reserva Rodante Térmica .....	56
12.6	Restricciones de generación .....	57
12.7	Restricciones generales.....	57
12.8	Curva de Aversión al Riesgo (CAR).....	58
13	Demanda.....	59
13.1	Demanda de mediano / largo plazo.....	59
13.1.1	Obtención de la aproximación de la demanda por bloques a partir de una demanda horaria.....	59
13.1.2	Duración variable de los bloques de demanda .....	60
13.1.3	Mapeo hora-bloque .....	61
13.1.4	Bloques cronológicos .....	61
13.2	Múltiples demandas por sistema.....	62
13.3	Demandas elástica, inelástica y mixta .....	62
13.4	Demanda flexible .....	64
13.5	Incertidumbre en la demanda .....	64
14	Transmisión.....	65
14.1	Modelo de flujo de potencia lineal .....	65
14.1.1	Datos de barras .....	65
14.1.2	Datos de circuitos.....	68
14.1.3	Datos de enlaces CC .....	69
14.1.4	Restricciones en la importación / exportación por áreas .....	70
14.1.5	Restricciones de Suma de Flujo en Circuitos.....	70
14.1.6	Costos en Circuitos Internacionales .....	71
14.2	Modelo de intercambio .....	71

14.2.1	Interconexiones.....	71
14.2.2	Restricciones de suma de intercambios.....	72
14.2.3	Costos variables de intercambio .....	72
15	Inyección de potencia .....	73
16	Sistema de Gas.....	74
16.1	Datos de Nodos.....	74
16.1.1	Configuración .....	74
16.1.2	Expansión/Modificación.....	74
16.2	Datos de Gasoductos .....	74
16.2.1	Configuración .....	74
16.2.2	Expansión/Modificación.....	75
16.3	Demanda no termoeléctrica .....	75
16.4	Costos de Producción de Gas.....	75
17	Fuentes Renovables.....	76
17.1	Configuración .....	76
17.2	Expansión/Modificación .....	76
17.3	Escenarios de generación de fuentes renovables.....	76
17.4	Energía Solar Concentrada – Concentrated Solar Power (CSP) .....	77
17.4.1	Configuración .....	77
17.4.2	Selección de la CSP .....	77
17.4.3	Datos operativos de plantas CSPs .....	77
17.4.4	Expansión/Modificación.....	78
18	Time Series Lab (TSL) .....	79
19	Baterías.....	81
19.1	Configuración .....	81
19.1.1	Selección de batería .....	81
19.1.2	Datos operativos de las baterías .....	81
19.2	Expansión/Modificación .....	81
20	Hidrógeno y electrificación.....	82
20.1	Configuración de procesos y de unidades .....	82
20.2	Configuración de nodo.....	82

20.3	Transporte.....	83
20.3.1	Configuración de transporte .....	83
20.3.2	Expansión/Modificación .....	83
20.4	Productor .....	84
20.4.1	Configuración de productor .....	84
20.4.2	Expansion/Modification .....	84
20.5	Almacenamiento.....	84
20.5.1	Configuración de almacenamiento .....	84
20.5.2	Expansión/Modificación.....	85
20.6	Demanda.....	85
20.7	Ejemplos de aplicación.....	86
21	Opciones de Ejecución.....	88
21.1	Opciones del estudio.....	88
21.1.1	Título del estudio.....	88
21.1.2	Actividades .....	88
21.1.3	Caudales .....	88
21.1.4	Tipo de Estudio.....	90
21.1.5	Series Forward para simulación .....	90
21.1.6	Nivel del informe:.....	90
21.1.7	Parámetros.....	90
21.2	Configuración del sistema.....	90
21.2.1	Parámetros .....	91
21.2.2	Etapa.....	92
21.2.3	Configuración .....	92
21.2.4	Mantenimiento .....	92
21.2.5	Incertidumbre en la demanda.....	92
21.3	Transmisión y Gasoductos .....	92
21.3.1	Red de Transmisión.....	92
21.3.2	Red de gas .....	95
21.4	Parámetros económicos .....	95
21.4.1	Unidad monetaria .....	95

21.4.2	Tasa de descuento.....	95
21.4.3	Factores de penalización .....	95
21.4.4	Costo de la energía no suministrada.....	96
21.5	Sistemas y modos operativos .....	96
21.6	Salidas en planillas .....	96
21.7	Estrategias de solución .....	96
21.7.1	Funciones de costo futuro (FCFs) y opciones de partida en caliente.....	96
21.7.2	Leer y escribir una FCF terminal .....	97
21.7.3	Partida en Caliente (Restart) .....	97
21.7.4	Despacho comercial .....	98
21.7.5	Vertimiento no controlable.....	98
21.7.6	Volumen inicial para la primera etapa .....	98
21.7.7	Volumen inicial para la primera backward.....	99
21.7.8	Caudales iniciales .....	99
21.7.9	Representación de no convexidades en la política .....	99
21.8	Análisis de sensibilidad .....	100
21.9	Curva de Aversión al Riesgo .....	100
21.10	Datos cronológicos.....	101
22	Representación horaria .....	102
22.1	Introducción.....	102
22.1.1	Representación de los bloques .....	103
22.1.2	Motivación: representación de la generación eólica y otras fuentes renovables intermitentes.....	105
22.1.3	Representación horaria.....	106
22.2	Primeros Pasos.....	106
22.2.1	Definición de los datos .....	106
22.2.2	Mapeo hora-bloque .....	107
22.2.3	Creación de datos horarios a partir de los datos de bloques mediante el uso del mapeo hora-bloque .....	109
22.3	Datos de Entrada.....	109
22.3.1	Resolución de los datos de entrada .....	110
22.3.2	Datos del mapeo hora-bloque .....	111

22.3.3	Herramienta de agrupación integrada .....	111
22.3.4	Datos de demanda horaria .....	113
22.3.5	Escenarios horarios para la generación de fuentes renovables.....	113
22.3.6	Restricciones operativas de las térmicas .....	113
22.3.7	Restricciones operativas de las hidroeléctricas .....	113
22.3.8	Opciones de estudio.....	114
22.4	Parámetros de ejecución para la corrida horaria .....	114
22.4.1	Representación del sistema .....	114
22.4.2	Estrategia de solución .....	116
22.5	Resultados.....	117
22.5.1	Mapa de calor de status de la ejecución por etapa y escenario .....	117
22.5.2	Módulo Graficador .....	117
23	Archivos de salida en la representación horaria.....	119
23.1	Visión General .....	119
23.2	Generando archivos CSV a partir de salidas em formato binario .....	119
23.2.1	El procedimiento de conversión a través de la interfaz gráfica .....	120
23.2.2	El procedimiento de conversión a través de la línea de comando .....	120
23.2.3	Automatización del proceso vía <i>post-run hook</i> .....	122
24	Estrategia de horizonte rodante.....	125
25	Ejecución paralela .....	126
25.1	Distribución paralela .....	126
25.2	Selección del número de nodos y de procesos.....	127
25.3	Ajustando la ejecución paralela .....	127
25.3.1	A partir de la interface gráfica.....	127
25.3.2	A partir da línea de comando .....	128
26	Ejecución Remota .....	130
27	Salidas Adicionales.....	134
28	Módulo Graficador .....	135
28.1	Introducción .....	135
28.2	Opciones generales.....	135
28.3	Selección de etapa .....	136

28.4	Selección de bloques de demanda .....	137
28.5	Selección de series .....	137
28.6	Título de los ejes (opcional) .....	137
28.7	Selección de variables, agentes y macro agentes .....	138
28.8	El editor de macro agentes .....	138
28.9	Filtros .....	139
28.10	Nueva herramienta de visualización.....	141
29	PSRIO .....	142
30	Power View para resultados de estudios de transmisión .....	143
31	Posibles Problemas con la Llave Física del SDDP .....	144
31.1	Error Code 03 .....	144
31.2	Error Code 12 .....	144
32	PSR Cloud .....	146

## 1 NOTAS DE INSTALACIÓN Y MANIPULACIÓN DE DATOS

### 1.1 Instalación

El usuario puede instalar el SDDP bajando el programa directamente de nuestra página web [www.psr-inc.com](http://www.psr-inc.com). Para tal basta visitar nuestra página y seleccionar Software > SDDP en el menú que aparece en la parte superior de la página. Enseguida vaya a *Descargas seleccionadas* en el lado derecho de la página donde aparece la última versión disponible. Presione una vez con el mouse encima del nombre y proceda con la instalación. El usuario puede también guardar el archivo en su disco local para una instalación posterior.

Observe que el programa debe ser instalado por un usuario con derechos de Administrador para que la instalación de todos los archivos requeridos se realice de manera adecuada.

Al momento de la instalación una contraseña es requerida. Esta contraseña se envía por e-mail a los usuarios licenciados al momento del anuncio de una nueva versión.

Las novedades y correcciones del modelo se encuentran en el documento llamado SddpReadmeEsp.pdf. Al abrir la interfaz gráfica, se puede tener acceso a este documento a través del menú superior, seleccionando la opción "Ayuda > Léame". Por favor lea atentamente este documento antes de utilizar la nueva versión del modelo.

Para ejecutar el modelo se requiere una llave física colocada en la puerta paralela, específicamente programada para identificar al usuario. Esta llave se envía al usuario al momento de la adquisición de la licencia.

### 1.2 Espacio requerido para la instalación

Son necesarios 150 MB libres para instalar el sistema SDDP. Las salidas en planilla generadas por el modelo a partir de la selección del usuario pueden ocupar mucho espacio en disco dependiendo de las dimensiones del caso de estudio (número de plantas, etapas, bloques y escenarios de hidrología).

### 1.3 Acceso al sistema

El SDDP puede ejecutarse a través de su interfaz gráfica en ambiente Windows, accionando el icono creado en el desktop o a través del menú "Iniciar > Programas > PSR > SDDP".

### 1.4 Dimensiones del modelo

Para conocer las dimensiones máximas del modelo, basta acceder el menú "Ayuda > Dimensiones" en la interfaz gráfica. Se exhibirá una tabla con las dimensiones máximas permitidas por el programa. Además, en "Ayuda > Sobre" el usuario puede obtener el número y el nombre de la versión que tiene instalada.

Alternativamente, se puede ejecutar el comando **SDDP DIM**, en DOS, a partir del subdirectorio \OPER. Este comando no ejecuta el modelo, solamente genera un archivo llamado SDDP.DIM, en el mismo directorio, con las dimensiones máximas.

## 1.5 MPI (ejecución paralela)

El algoritmo del SDDP puede aprovecharse de múltiples recursos computacionales<sup>1</sup> para realizar sus cálculos en modo paralelo. La comunicación entre los procesos del SDDP en la ejecución paralela es realizada por medio del paquete MPICH, que es una implementación del estándar MPI (*Message Passing Interface*) desarrollado por el Argonne National Laboratory.

Los computadores deben tener el SDDP instalado y el MPI configurado apropiadamente. El instalador del SDDP realiza la configuración del MPI automáticamente como descrito en la próxima sección. Esta es el modo más directo de configurar el SDDP para ejecuciones en paralelo.

### 1.5.1 Configuración de los nodos

El proceso de setup del SDDP realizará la instalación y configuración del MPI automáticamente. La instalación del MPI envuelve los siguientes pasos:

*Paso 1) Instalación del MPICH (versión compatible con el SDDP).*

*Paso 2) Creación de un usuario llamado "sddpar" con privilegios de administrador. La contraseña para este usuario es definida por PSR.*

*Paso 3) Creación de un uso compartido de disco llamado "sddpar", apuntando para el disco de instalación del SDDP. Este disco compartido es utilizado para acceder los ejecutables del SDDP y sus dependencias a partir de todas las máquinas de procesamiento.*

*Paso 4) Creación de un uso compartido de disco para cada uno de los discos físicos del computador. Cada disco compartido es nombrado como "sddpdat\_<UNIDADE\_DE\_DISCO>". Para impedir acceso no autorizado, las permisiones de este disco compartido son restrictas al usuario corriente y al usuario "sddpar". Este disco compartido es utilizado para acceder los datos del SDDP a partir de todas las máquinas de procesamiento.*

*Paso 5) Registro del usuario "sddpar" para ejecuciones por medio del MPI.*

### 1.5.2 Ejecución

En modo paralelo, SDDP necesita configurar el clúster y garantizar que todas las carpetas sean accesibles por todos los nodos involucrados en la ejecución. Al comienzo del proceso, SDDP realizará los siguientes pasos, dependiendo de cómo se definieron los nodos y la carpeta de datos:

- 1) Si la ejecución involucra solo un nodo:

---

<sup>1</sup> diversos computadores conectados por una red local o un computador multitarea

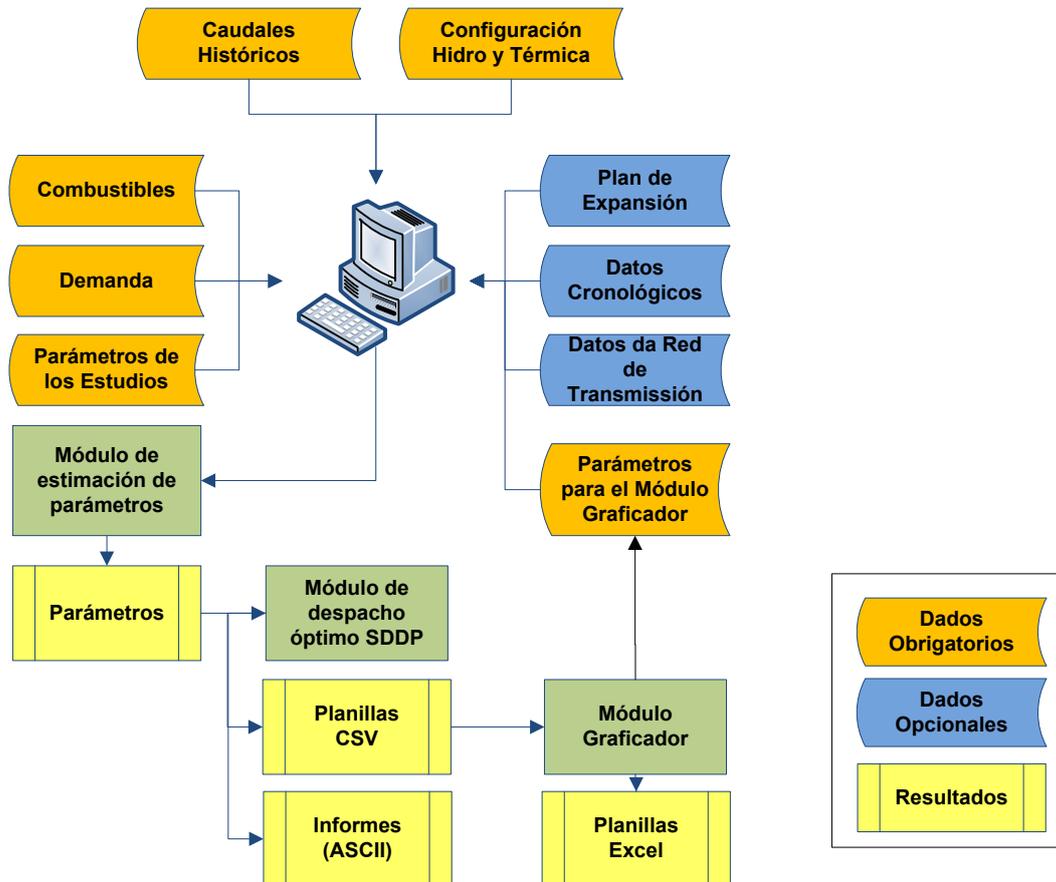
- a. Se usará la carpeta local para definir la carpeta de trabajo de los binarios de SDDP.
  - b. Se usará la carpeta de datos definida en la interfaz directamente en la ejecución.
- 2) Si la ejecución involucra dos o más nodos:
- a. Carpeta UNC predefinida `\\sddpar\PSR\<SDDP_Folder>\Oper` será usada para definir la carpeta de trabajo de los binarios de SDDP. Esa carpeta compartida es creada durante el setup de SDDP en todos los nodos (paso 3) y su objetivo principal es garantizar que esta carpeta sea visible y accesible por cada uno de los nodos.
  - b. Si la carpeta de datos es:
    - i. Definida como carpeta UNC (por ejemplo, `\\node-name\path-to-data`): se usará directamente en la ejecución.
    - ii. Definida como carpeta local (por ejemplo, `D:\path-to-data`): se convertirá en una carpeta UNC (`\\node-name\sddpdatt_D\path-to-data`). Esa carpeta compartida es creada durante el setup de SDDP en todos los nodos (paso 4) y su objetivo principal es garantizar que esta carpeta sea visible y accesible por cada uno de los nodos.

### 1.5.3 Performance

Para alcanzar mejor performance, se recomienda que todos los computadores tengan configuración semejante y pertenezcan al mismo segmento de red.

## 2 FLUJO DE EJECUCIÓN DEL MODELO

La siguiente figura representa el flujo de ejecución de las actividades de planificación operativa, los principales datos de entrada y los enlaces entre los módulos del sistema SDDP.



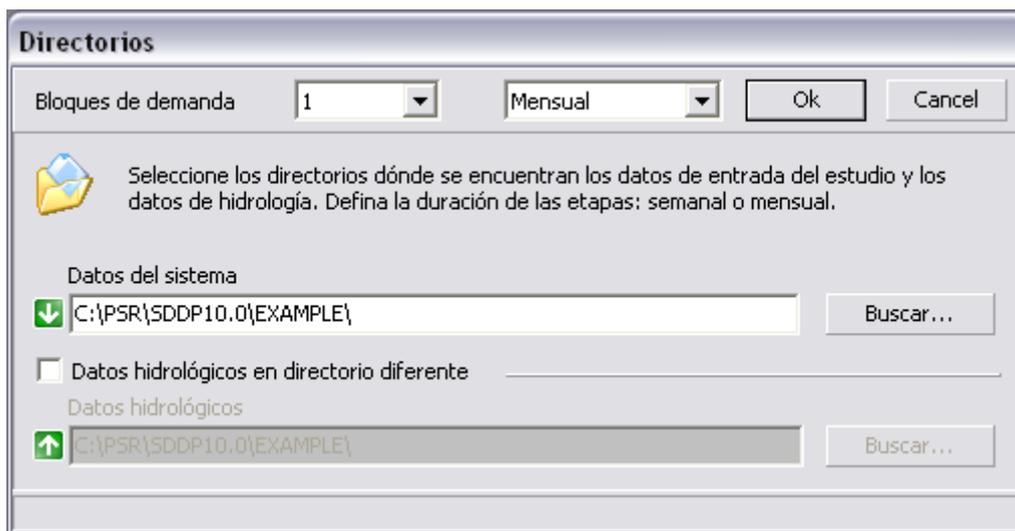
Los próximos capítulos de este documento describen los datos de entrada, opciones de ejecución y análisis de las salidas del SDDP.

### 3 PRIMEROS PASOS

#### 3.1 Selección de directorios

La primera opción de la interfaz es la selección de los directorios donde se encuentran los datos de entrada del estudio y los datos de hidrología.

El SDDP permite que el usuario mantenga, en un mismo directorio, datos para diferentes configuraciones de bloques de demanda y duración de la etapa. Por esta razón, también se debe definir en esta pantalla el número de bloques de demanda y la duración de las etapas (semanal o mensual). La siguiente figura ilustra esta pantalla:



**Observación:** los botones  y , localizados al lado de cada directorio de datos, tienen como finalidad facilitar la especificación de los directorios. Después de especificado el directorio de uno de los tipos de datos (Sistema o Hidrología), el botón, si presionado, actualiza el directorio adyacente para el mismo camino de datos.

#### 3.2 Creación de un nuevo caso

Si no existen datos del SDDP en el directorio seleccionado, la interfaz sugerirá la creación de nuevos datos. Si desea crear nuevos datos, presione el botón Sí.

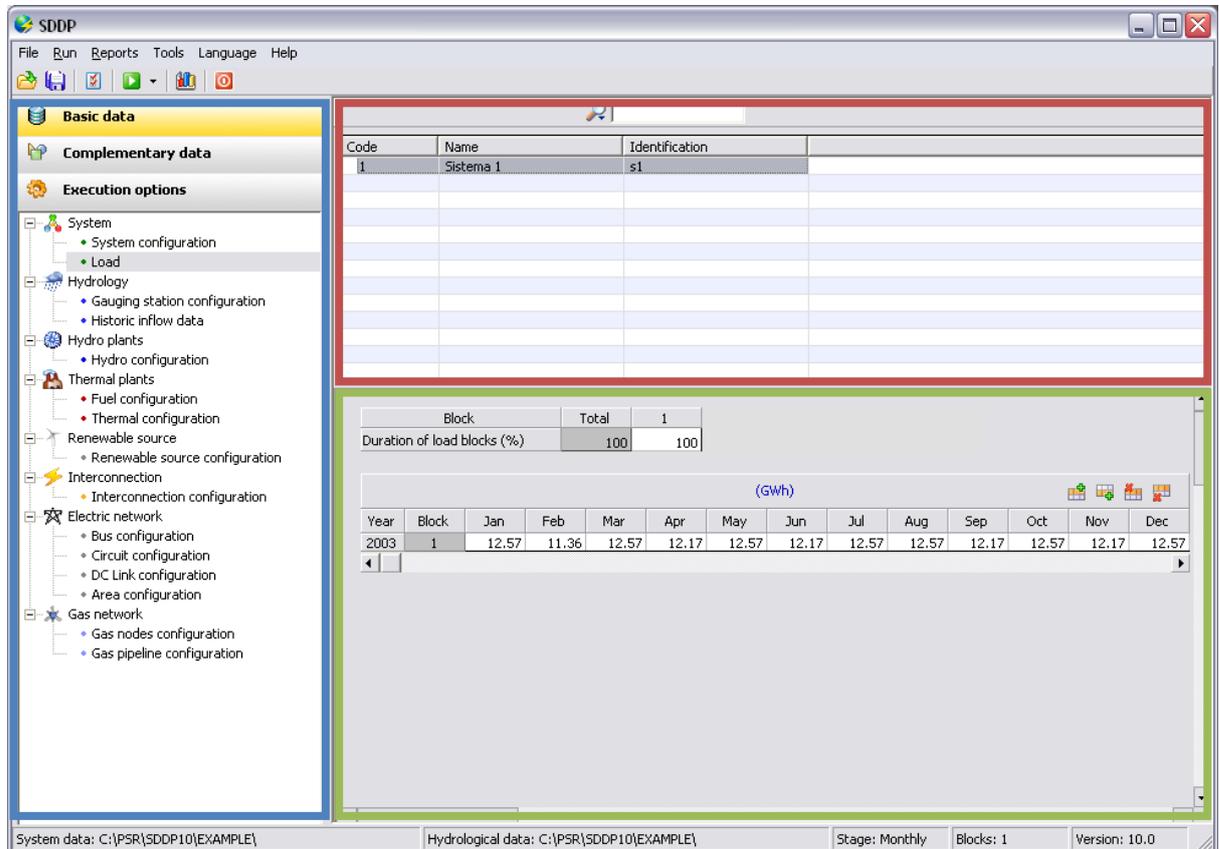
En ese caso aparece una pantalla para la adición del primero sistema del estudio, donde se debe indicar el número del sistema del estudio, nombre y un identificador de 2 caracteres que se utilizará en la creación del nombre de los archivos ASCII generados por la interfaz. Por ejemplo, el nombre del archivo de configuración hidroeléctrica es chidroxx.dat, donde xx es el identificador del sistema. Por lo tanto, habrá un archivo de configuración hidro para cada sistema. Esta lógica se aplica a todos los archivos de datos excepto a los archivos de caudales, que contienen los datos de todas las estaciones hidrológicas. La razón es que la estación aguas arriba y aguas abajo en el mismo río puede pertenecer a sistemas eléctricos diferentes (por

ejemplo, países vecinos). Los archivos de datos de la red de transmisión (barras y circuitos) también contienen la información de todos los sistemas.

## 4 VISION GENERAL

### 4.1 Organización de la interfaz

La interfaz está subdividida en tres secciones principales, como mostrado en la siguiente figura:



#### 4.1.1 Árbol de navegación

En la parte lateral izquierda, se encuentra un árbol de navegación. Este árbol también está dividido en tres secciones, de acuerdo con el tipo y la finalidad de los datos:

*Datos básicos:* constituyen los datos mínimos necesarios para la ejecución de un caso SDDP como configuración de sistemas, estaciones hidrológicas, centrales hidroeléctricas y térmicas, demanda, entre otros.

*Datos complementares:* constituyen los datos necesarios para la representación de la expansión/modificación de los elementos del catastro, mantenimiento, restricciones adicionales y escenarios.

*Opciones de ejecución:* contiene los datos que definen las opciones del estudio, configuración del sistema, estrategia de ejecución, etc.

### 4.1.2 Lista de elementos

Esta sección contiene una lista de los elementos definidos, donde se exhiben algunos de sus atributos, conforme se ilustra en la siguiente figura:



Las siguientes funcionalidades están disponibles:

- Filtros por sistema
- Búsqueda iterativa por digitación: a medida que se digita algún texto, se filtra la lista de elementos exhibiendo apenas los elementos que contiene parte del texto digitado.

Además de esto, la adición y eliminación de elementos de la lista se realizan mediante los siguientes botones:



### 4.1.3 Panel de edición de datos

De acuerdo con el tipo de datos seleccionado en el árbol de navegación y el elemento seleccionado en la [lista de elementos](#), se exhibe un formulario para edición de los datos del elemento correspondiente.

## 4.2 Navegabilidad

### 4.2.1 Abrir, editar y salvar datos

El [árbol de navegación](#) permite al usuario abrir y cambiar las pantallas asociadas a cada dato. Al clicar en una de las ramas del árbol de navegación, el nombre de la pantalla se marca de gris y aparece automáticamente del lado superior derecho la lista para visualización de los elementos asociados al dato seleccionado. El foco del cursor aparece sobre el primer elemento de la lista, que aparece marcado en azul. Esta lista aparece siempre en el orden en que estos elementos fueron adicionados si se trata de un caso nuevo o en el orden en que aparecen en los archivos. Cuando existe más de un sistema, los elementos aparecen en el orden en que los sistemas fueron definidos.

El usuario puede ordenar esta lista por los atributos disponibles en la barra superior que pueden ser adaptados clicando la barra con el botón derecho del *mouse*. Los elementos pueden también ser filtrados por sistema o por búsqueda por digitación.

En la parte inferior derecha aparece el panel de edición de datos donde el usuario puede visualizar y editar los datos. Al abrir la pantalla aparecen las informaciones del primer elemento de la lista. Clicando en la parte inferior de la pantalla, el foco muda para el primer campo del panel de edición y, en este momento, el elemento de la lista se marca de gris. Todos los controles (flechas, *page up/down*) se aplican al elemento que está en foco – marcado de azul.

Para seleccionar otro elemento basta clicar en la [lista de elementos](#) y usar los controles de filtro, busca o las flechas y *page up/down*. Para consultar o editar otros datos, basta seleccionar el dato correspondiente en el árbol de navegación para cambiar la pantalla.

Si se realizó alguna modificación en los datos, se muestra una pantalla solicitando la confirmación para salvar estas modificaciones. El usuario puede escoger entre salvar o ignorar las modificaciones realizadas. Este mensaje permite al usuario descartar modificaciones indeseadas. Es posible también desactivar este mensaje de pedido de confirmación. En ese caso, las modificaciones son almacenadas y el pedido de confirmación se realiza una única vez antes de ejecutar el modelo o antes de cerrar la interfaz. A cualquier momento el usuario puede reactivar este mensaje clicando en el menú superior en *Herramientas/Restaurar mensaje de aviso*.

#### 4.2.2 Adaptar lista de datos complementares

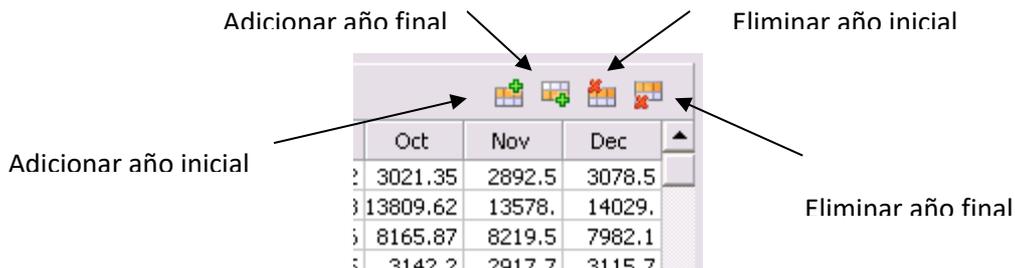
En el árbol de navegación, en la sección *Datos complementares* aparecen todas las restricciones que puede ser representadas por el SDDP. El usuario puede adaptar esta lista mediante la funcionalidad *Herramientas/Preferencias* que se encuentra en el menú superior, desactivando aquellos datos que no son utilizados en el sistema en estudio, simplificando así la navegación en la interfaz.

### 4.3 Tablas de la datos cronológicos

#### 4.3.1 Adición y exclusión de datos

Los datos cronológicos como escenarios de demanda, caudales, costos, mantenimiento, etc., son organizados en planillas donde cada línea corresponde a un año, mientras que columna representa una etapa (semanal o mensual). Si el dato en cuestión varía por bloque de demanda, existirá una línea para cada año y bloque.

Los datos se informan en orden cronológica y deben ser continuos; la adición o exclusión de nuevas líneas en la tabla se realiza mediante los controles posicionados en la parte superior derecha de la tabla, como se ilustra en la siguiente figura.



Las opciones disponibles son:

Adicionar año inicial:	adiciona un año al inicio de la tabla
Adicionar año final:	adiciona un año al final de la tabla
Remover año inicial:	elimina el año inicial de la tabla
Remover año final:	elimina el año final de la tabla

### 4.3.2 Manipulación de datos

SDDP incorporó una serie de controles del Microsoft Excel que ahora pueden ser utilizados en todas las pantallas que poseen datos cronológicos, como: las pantallas de mantenimiento hidro y térmica, riego, y otras. Así, el SDDP se encuentra equipado con una poderosa herramienta para la edición y análisis de los datos. Los recursos del SDDP incluyen:

- Compatibilidad total con las planillas del MS Excel  
El usuario del SDDP puede trabajar sus datos dentro de una planilla Excel, y después llevarlos al SDDP (solamente en las pantallas con datos cronológicos), utilizando las funciones del Windows Copiar y Pegar.
- Manipulación de datos, cálculos y estadísticas  
O SDDP carga los datos en una parte de la planilla. Cada línea corresponde a un año, mientras que cada columna representa una etapa (semanal o mensual).

Entre algunas de las funciones disponibles tenemos:

= Average(A1:B20)	promedio de los valores de un conjunto de datos
= Sum(A1:B20)	soma de los valores de un conjunto de datos
= Stdev(A1:A20)	desviación estándar de la muestra

## 5 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

### 5.1 Configuración

#### 5.1.1 Selección de las plantas

La selección, adición y eliminación de las plantas se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

#### 5.1.2 Datos básicos de las plantas hidro

Los datos son los siguientes:

- parámetros de las plantas
  - grupo generador
  - embalse
  - topología
  - tablas
    - volumen almacenado vs. factor de producción
    - volumen almacenado vs. área mojada
    - volumen almacenado vs. filtración
    - volumen almacenado vs. cota
    - caudal afluente vs. caudal turbinable
    - canal de desfogue

#### 5.1.3 Parámetros de las plantas – grupo generador

##### a) caudal turbinable mínimo ( $m^3/s$ )

Representa el mínimo caudal turbinable de la planta, que puede ser necesario para evitar problemas de cavitación de las turbinas, o restricciones operativas. Observar que esto crea una generación mínima forzada para la planta hidro.

##### b) caudal turbinable máximo ( $m^3/s$ )

Representa el máximo caudal turbinable de la planta.

##### c) defluencia total mínima (caudal turbinado + vertido) ( $m^3/s$ )

Se usa para representar restricciones en la operación de la turbina o de control de contaminación, suministro del agua o restricciones de navegación.

##### d) coeficiente de producción promedio ( $MW/m^3/s$ )

Representa el coeficiente de producción promedio de la planta, usado en el cálculo de la política operativa hidrotérmica óptima (ver manual de metodología). La descripción detallada de la relación: factor de producción vs. volumen almacenado se define en una [tabla](#).

##### e) capacidad instalada (MW)

Es un límite en la capacidad de producción de energía de la planta. La producción de la planta en cada etapa de bloque de demanda, se calcula como el mínimo entre el valor de este campo y el producto del caudal turbinado por el coeficiente de producción.

f) costo de O&M (\$/MWh)

Representa el costo variable de operación y mantenimiento asociado a la producción de energía de la planta. En algunos países, como el caso de Brasil, este campo también se utiliza para representar “peajes” ambientales.

g) factor de producción función de la altura

Si seleccionada, los siguientes campos aparecen:

- eficiencia del conjunto turbina/generador (p.u.)

En el caso de una planta con **Embalse**, el siguiente campo aparece:

- nivel de salida del agua (metros sobre el nivel del mar)

Este campo se utiliza para dos objetivos: (i) cuando el nivel del agua almacenado en la planta *aguas abajo* puede alterar el coeficiente de producción de la planta y (ii) cuando el conjunto de turbinas asociadas a un embalse tienen diferentes eficiencia o están localizadas en barras diferentes en el sistema de transmisión. La caída de la planta se calcula en cada etapa por la *diferencia* entre la cota del agua almacenada en el embalse (en metros sobre el nivel del mar) y el *máximo* entre al nivel de salida del agua (m.s.n.m) y la cota del agua almacenada en el embalse aguas abajo. El factor de producción se calcula por el producto de una constante, la caída de la planta y la eficiencia del conjunto turbina/generador.

Para **Central de pasada**, el siguiente campo aparece:

- embalse asociado

El factor de producción para una central de pasada se calcula tomando la diferencia entre la cota del *embalse asociado* y su cota del canal de desfogue;

h) número de la estación hidrológica

Código del registro para datos de caudales; identifica cual es la estación hidrológica que contiene los datos de caudales afluentes a la planta.

i) número de generadores en la planta (usado en mantenimiento)

j) estado de construcción

**existente:** la planta ya está incluida en la configuración inicial del sistema.

**futura:** la planta está en construcción. Su fecha de entrada está definida en los datos de modificación de plantas. Es importante incluir todas las plantas en la pantalla de configuración: las existentes y las futuras.

k) ICP (%) - indisponibilidad de corto plazo

Representa el efecto de las fallas aleatorias del equipo en su capacidad de producción. Si la planta dispone de un cronograma de mantenimiento, su capacidad máxima turbinada será multiplicada por  $(1.0 - ICP\%/100)$  en cada etapa. En caso contrario, se usa el factor  $IH(\%)$ .

l)  $IH(\%)$  - indisponibilidad histórica

Representa el efecto conjunto del mantenimiento y de la salida forzada del equipo en la capacidad de producción de la planta. Si la planta no posee ningún cronograma de mantenimiento, su máxima capacidad turbinada se multiplica por  $(1.0 - IH\%/100)$  en cada etapa.

m) costo de vertimiento (k\$/hm<sup>3</sup>)

Define una penalización económica por el vertimiento en la planta. Este valor substituye la penalización (general) por vertimiento localizada en la pantalla de ejecución en el grupo parámetros económicos y que se aplica a todas las plantas que no tienen costo de vertimiento específico.

n) sorteo de fallas

En caso de seleccionar esta opción, el modelo realizará un proceso de muestreo Montecarlo para producción de escenarios de disponibilidad de generación. Para cada escenario de hidrología y en cada etapa de la simulación final, se sortea un número aleatorio entre 0 y 1 de una distribución uniforme. Si el valor sorteado es inferior al índice de ICP de la planta – ver ítem (d) – la planta está indisponible (capacidad = 0); caso contrario, la planta está en funcionamiento. Note que no se considera el muestreo de Montecarlo en el cálculo de la política hidrotérmica óptima, solo en los resultados de la simulación final.

#### 5.1.4 Parámetros de las plantas – reservatario

En caso de seleccionar la opción **Embalse**, los siguientes campos aparecen:

a) almacenamiento mínimo / máximo del embalse (hm<sup>3</sup>)

Capacidad de almacenamiento mínimo y máximo de los embalses. Si los valores son iguales el modelo identifica la planta como de pasada.

b) llave para vertimiento controlable

Si **seleccionada** el vertimiento es una variable de control y se permite que la planta vierta para cualquier nivel de almacenamiento del embalse.

En caso que **no se seleccione**, el vertimiento no es una variable de control, y sólo se permite cuando el embalse está en su volumen máximo.

c) condición inicial

Cantidad de agua almacenada en el embalse de la planta hidro al inicio del estudio. Esta información puede definirse de dos maneras: volumen o cota.

1. **Volumen:** se define una *fracción* (p.u.) del almacenamiento neto (volumen máximo - volumen mínimo). Por lo tanto, el valor 0 significa que el embalse está en su nivel mínimo y el valor 1, que está en su nivel máximo.
2. **Cota:** se define la cota del nivel de agua almacenado en el embalse (en metros). Puesto que el SDDP trabaja internamente con volúmenes, es necesario definir la [tabla de cota vs. volumen](#) para poder utilizar esta opción. El SDDP utilizará el valor definido en este campo para interpolar en la tabla cota vs. volumen para obtener la información del volumen inicial en  $\text{hm}^3$ .

En caso de seleccionar la opción **Central de pasada**, los siguientes campos aparecen:

- a) factor de regulación para central de pasada ( $\phi$ ) –  $0 \leq \phi \leq 1$

El factor de regulación es un parámetro  $\phi$  en el rango  $[0,1]$ ; que mide la *capacidad de modulación* de una planta de pasada, es decir, la habilidad de utilizar la pequeña capacidad de almacenamiento del embalse para transferir generación de energía de bloques de demanda baja para bloques de demanda alta.  $\phi = 1$  indica que la planta hidro no tiene capacidad de almacenamiento; como consecuencia, la energía generada sigue exactamente el perfil del caudal afluente, que se asume constante en el bloque de demanda (cronograma de producción “plano”). En el otro extremo,  $\phi = 0$  indica que la capacidad de almacenamiento es suficiente para una completa modulación, esto es, el volumen turbinado en un bloque de demanda puede diferir del caudal afluente con el requerimiento que la suma de los caudales turbinados y vertidos en la etapa considerada sea el caudal promedio del caudal afluente. Por ejemplo, una planta con  $\phi = 0$  puede concentrar toda su producción de energía en el bloque de demanda de punta (naturalmente que limitada a su capacidad instalada). Valores intermedios de  $\phi$  indican que parte de la energía puede transferirse entre los bloques de demanda - ver manual de metodología para más detalles. Note que casi todas las plantas de pasada tienen capacidad de modulación diaria; por lo tanto, la opción  $\phi = 0$  es la más adecuada; algunas plantas muy pequeñas necesitarían un valor diferente.

- b) almacenamiento ( $\text{hm}^3$ )

Valor constante del volumen de agua de la central de pasada.

- c) área ( $\text{km}^2$ )

Valor constante del área inundada de la central de pasada para el cálculo del volumen evaporado.

- d) coeficientes de evaporación mensual

Los coeficientes de evaporación son datos mensuales. Si se usan etapas semanales, el programa interpola los valores.

Tanto para las plantas tipo embalse como para las plantas filo de agua, definidas como futuras, se puede definir un período para completar su volumen muerto.

e) volumen muerto

Estos datos se definen por un período inicial y un período final, definidos por día, mes y año, y una condición inicial en p.u., que determina el estado del embalse al comenzar a llenar su volumen muerto.

### 5.1.5 Parámetros de las plantas – topología

Los datos se describen a continuación:

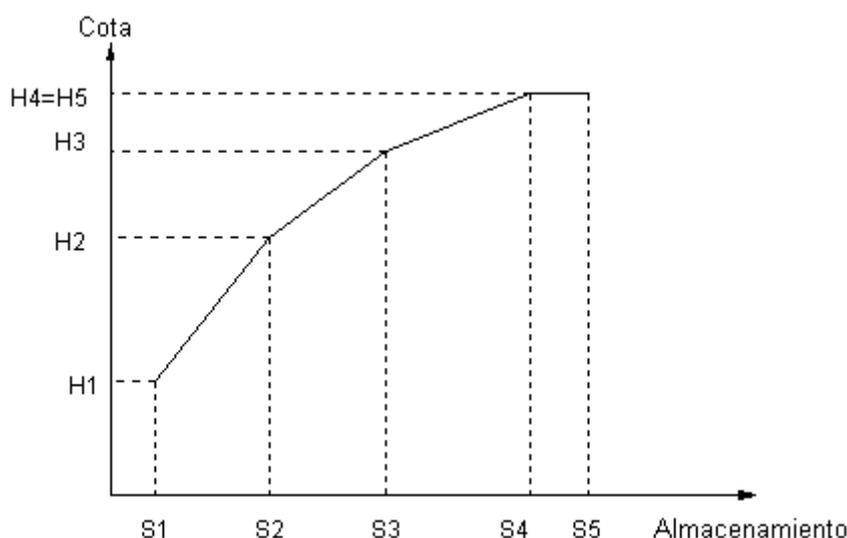
- a) planta aguas abajo para vertimiento
- b) planta aguas abajo para turbinamiento
- c) planta aguas abajo para filtración
- d) planta aguas abajo para cálculo de las energías almacenada y afluente
- e) indicador si la planta será considerada o no en el cálculo de las energías almacenada e afluente

### 5.1.6 Parámetros de las plantas – tablas

Existen las siguientes seis tablas de datos, que se utilizan para representar la variación de parámetros con el nivel de almacenamiento:

- 1. factor de producción vs. volumen
- 2. área vs. volumen
- 3. filtración. vs. volumen
- 4. cota vs. volumen
- 5. caudal afluente vs. caudal turbinable
- 6. canal de desfogue

Los puntos de la tabla se usan para formar una curva lineal por partes, como se muestra a continuación:



Nota: El primer y el último punto de almacenamiento, S1 y S5, deben coincidir con los valores mínimo y máximo del almacenamiento, definidos en los datos de planta.

En el cálculo de la política operativa hidrotérmica, las funciones lineales por partes son substituidas por valores constantes (definidas en la misma pantalla que la respectiva tabla). Esta substitución es necesaria para evitar la posibilidad de no-convergencia en el procedimiento de solución (ver el manual de metodología). Note que las funciones lineales por parte son representadas por completo en la simulación final de la operación del sistema. Al inicio de cada etapa, el programa de simulación calcula el coeficiente de producción de la planta hidráulica a través de una interpolación de los datos de la tabla. A continuación se describe cada curva (tabla) de datos:

- **coeficiente de producción × volumen** – representa el efecto de la variación de la cota con el volumen almacenado

**coeficiente de producción en la fase “backward”:** Consultar el manual de metodología. El valor “default” de este campo es “Constante”. La opción “Variable” es utilizada en casos bastante particulares.

- **área × volumen** – la evaporación del embalse en cada etapa se calcula por el producto del área del embalse (km<sup>2</sup>) por el factor de evaporación unitario para la etapa (mm) definidos en una tabla separada.

**valor constante en el cálculo de la política:** si este campo no es rellenado, el modelo asume como default para el cálculo de la política, el valor mínimo del área definido en la tabla (primero punto).

- **filtración × volumen** – utilizada en el cálculo del volumen de agua que infiltra por debajo de las paredes del embalse para re aparecer en una localidad aguas abajo.

**valor constante en el cálculo de la política:** si este campo no es rellenado, el modelo asume como default para el cálculo de la política, el valor máximo de la filtración definido en la tabla.

- **cota × volumen** – Esta información se usa únicamente para imprimir informes de la simulación operativa del sistema o en caso de la utilización del "factor de producción función de cota". Al inicio de cada etapa, el programa de simulación calcula la cota de la planta a través de una interpolación de los datos de la tabla.
- **caudal afluente × caudal turbinable** – Es posible definir la generación de las plantas hidroeléctricas, definiendo una tabla que relaciona el caudal afluente ( $m^3/s$ ) con el caudal turbinable ( $m^3/s$ ). Para mayores detalles referirse al Manual de Metodología del programa.
- **canal de desfogue** – Es posible representar la variación del factor de producción con relación a la altura del canal de desfogue, definiendo una tabla que relaciona la altura del canal de desfogue (m) con relación a la defluencia total ( $m^3/s$ ). Para mayores detalles referirse al Manual de Metodología del programa.

## 5.2 Factor de pérdidas hidroeléctricas

El objetivo de estos datos es definir factores de pérdida para las plantas hidroeléctricas. Las plantas se seleccionan a partir de la [lista de elementos](#). No es obligatorio indicar factores de pérdidas para todas. También es posible añadir más de un factor por planta, seleccionando fechas distintas.

## 5.3 Mantenimiento

El objetivo de estos datos es definir un cronograma de mantenimiento para las plantas hidráulicas o térmicas. El mantenimiento puede ser de dos tipos:

- **Disponible:** define el valor que permanece después del mantenimiento.
- **Reducción:** define el valor que se sustrae de la capacidad de la planta.

Además, el mantenimiento se puede expresar en:

- # de unidades
- % de la capacidad de la planta
- MW
- $m^3/s$

Estas opciones de mantenimiento son válidas para todas las plantas del sistema y se indican al momento de seleccionar el sistema.

Las plantas se seleccionan a partir de la [lista de elementos](#). No es obligatorio indicar un cronograma de mantenimiento para todas.

1. Para crear un cronograma de mantenimiento, se utiliza la [tabla de datos cronológicos](#).

- Los valores de mantenimiento se informan para cada etapa de los años seleccionados. Para el caso de mantenimiento semanal una barra horizontal permite ingresar los datos para las semanas 13 a 52.

La duración de los datos de mantenimiento puede ser inferior a la del período de estudio. Por ejemplo, suponga que se tiene un período de estudio de tres años y un cronograma de mantenimiento solamente para el primer año. En este caso, el programa usará el factor de indisponibilidad histórica (IH%) para los años restantes.

## 5.4 Expansión/Modificación

La pantalla de modificación permite:

- alterar datos de una planta original, por ejemplo: capacidad instalada, ICP%, etc.
- definir la fecha de entrada de una planta definida como "futura" en la pantalla de configuración.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de "Configuración Dinámica" en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema

Procedimiento:

- Presione el botón Añadir Fecha. Escoja el día/mes/año y presione Ok.
- Escoja o retire las plantas que desea modificar con las flechas (>>) y (<<).
- Escoja una planta en la lista de plantas seleccionadas (lista de la derecha).
- Escoja los datos que serán modificados en la fecha seleccionada.

Para borrar una fecha, seleccione de la lista localizada en la parte superior de la pantalla y presione el botón Eliminar Fecha. Es importante resaltar que con esta acción, se borran todas las modificaciones contenidas en esta fecha.

Los campos que se pueden modificar son:

- número de unidades
- caudal turbinable mínimo (m<sup>3</sup>/s)
- caudal turbinable máximo (m<sup>3</sup>/s)
- defluencia total mínima (m<sup>3</sup>/s)
- coeficiente de producción promedio (MW/m<sup>3</sup>/s)
- almacenamiento máximo (hm<sup>3</sup>)
- capacidad instalada (MW)
- indisponibilidad de corto plazo - ICP(%)
- indisponibilidad histórica - IH(%)
- tabla caudal afluente vs. caudal turbinable
- indicador se la planta será considera o no en el cálculo de las energías almacenada y afluente

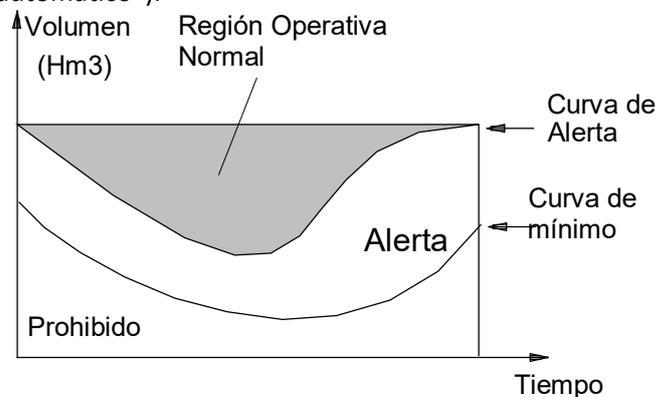
## 5.5 Riego

Escoja una planta hidráulica desde la pantalla de Plantas, en la parte superior izquierda de la pantalla. Para ingresar con los datos del cronograma de riego:

1. Adicione un año inicial con el botón derecho del mouse. Indique el año inicial y el número de años del cronograma. Observe que los años seleccionados se muestran en la primera columna de la planilla. Los valores fuera de esta área (líneas = número de años y columnas = número de etapas) no serán considerados en los cálculos del SDDP.
2. Los valores de riego (en  $m^3/s$ ) serán substraídos del balance hídrico de la planta. Una variable de holgura permitirá la flexibilización de tales valores. A esta variable de holgura será asociada una penalización del tipo: riego prioritario, energía prioritaria o un valor proporcionado por el usuario. La selección del tipo de penalización, por planta, será realizada por el usuario vía la interfaz gráfica.

## 5.6 Volumen de alerta y volumen mínimo

Los volúmenes de alerta y mínimo se usan para crear zonas de operación en los embalses como muestra la figura a continuación. El objetivo de estas curvas es restringir el rango de operación del agua almacenada en los embalses. La penalización por no cumplir con el volumen mínimo o de alerta puede ser definida por el usuario ("Valor fijo") o calculada por el programa ("cálculo automático").



**Volumen de alerta** – en la opción *Cálculo automático*, el costo de la penalidad es 1.1 veces el costo de operación de la térmica más cara. En otras palabras, el programa solo usará el agua del embalse y por lo tanto violará esta restricción de manera de evitar un racionamiento.

**Volumen mínimo** - en la opción *Cálculo automático*, el costo de la penalidad es 1.1 veces el costo del racionamiento. Como consecuencia, el programa solo violará esta restricción si es físicamente imposible evitarlo (por ejemplo, si el menor valor de la curva aumenta de una etapa para otra y el caudal no es suficiente para llenar el embalse hasta el nuevo nivel).

Seleccione una planta hidráulica en la parte superior de la pantalla y defina la penalidad por violación de la curva (en  $k\$/hm^3$ ). La penalidad se informa directamente (opción Valor fijo) o, alternativamente, a través del uso de valores "default" (opción Cálculo automático).

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de "Configuración Dinámica" en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 5.7 Volumen máximo operativo

En esta pantalla se define el máximo volumen operativo del embalse en cada etapa. En la opción *Cálculo automático*, el costo de la penalidad es 1.1 veces el costo del racionamiento. Como consecuencia, el programa solo violará esta restricción si es físicamente imposible evitarlo. El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 5.8 Volumen de espera

En esta pantalla se define el máximo volumen del embalse en cada etapa, definido para evitar inundaciones aguas abajo. El modelo utiliza el mínimo valor entre el [campo de volumen máximo](#) y los valores informados en esta tabla, lo que es equivalente a decir que el embalse es físicamente menor. El procedimiento de definición de los datos de volumen de espera es análogo al del volumen mínimo o de alerta.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 5.9 Turbinamiento máximo

Permite la definición cronológica de límites máximos de caudal turbinado. Estos datos reemplazan el caudal máximo turbinable definido en la pantalla “Datos básicos > Centrales hidroeléctricas > Configuración de hidroeléctrica”, es decir, es una restricción *hard* (el límite superior del caudal turbinable) para el modelo de optimización.

## 5.10 Vertimiento mínimo

Permite la definición de restricciones cronológicas de vertimiento mínimo. La penalización por no atender estas restricciones puede ser definida por el usuario (“Valor fijo”) o calculada por el programa (“Cálculo Automático”) como  $1.1 * (\text{costo de déficit del sistema}) * (\text{coeficiente de producción promedio de la planta})$ . En otras palabras, para la penalización automática, el programa solamente violará esta restricción caso sea físicamente imposible atenderla.

## 5.11 Vertimiento máximo

Permite la definición de restricciones cronológicas de vertimiento máximo para una dada central hidroeléctrica. La penalización por no atender estas restricciones puede ser definida por el usuario (“Valor fijo”) o calculada por el programa (“Cálculo Automático”) como  $1.1 * (\text{costo de déficit del sistema}) * (\text{coeficiente de producción promedio de la planta})$ . En otras palabras, para la penalización automática, el programa solamente violará esta restricción caso sea físicamente imposible atenderla.

## 5.12 Defluencia total máxima

Para cada planta, permite especificar límites máximos en la suma del caudal turbinado con el caudal vertido. Es decir, la *defluencia* total de las plantas está limitada a un valor máximo que puede variar en el tiempo. Esta restricción sirve para modelar restricciones de seguridad para puentes, límites razonables para navegación, para pueblos ubicados cerca del río, etc.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

### 5.13 Defluencia total mínima

Para cada planta, permite especificar límites mínimos en la suma del caudal turbinado con el caudal vertido. Es decir, la *defluencia* total de las plantas debe atender un valor mínimo que puede variar en el tiempo. Esta restricción sirve para modelar límites razonables para navegación, control de contaminación, restricciones ambientales, etc. A esta restricción el usuario debe asociar una penalidad en k\$/hm<sup>3</sup> en caso de que no pueda ser atendida.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

### 5.14 Energía de alerta

Permite representar una determinada energía de alerta por grupo de embalses. La penalización por no atender la energía de alerta puede ser definida por el usuario (“Valor fijo”) o calculada por el programa (“Cálculo Automático”) como 1.1 veces el costo de operación de la térmica más cara. En otras palabras, para la penalización automática, el programa solamente violará esta restricción de manera a evitar un déficit.

### 5.15 Energía mínima

Permite representar una determinada energía mínima por grupo de embalses. La penalización por no atender la energía mínima puede ser definida por el usuario (“Valor fijo”) o calculada por el programa (“Cálculo Automático”) como 1.1 veces el costo del déficit (último segmento). En otras palabras, para la penalización automática, el programa solamente violará esta restricción caso sea físicamente imposible atenderla.

### 5.16 Energía de espera

Permite representar una determinada energía de espera para un grupo cualquiera de embalses seleccionado por el usuario. Cuando la energía de espera alcanza el límite definido por el usuario, las centrales asociadas a la restricción vierten para no violar ese límite.

### 5.17 Polinomio cota-volumen

Para cada planta, es posible especificar los coeficientes de un polinomio cota-volumen (PCV). Esta información, cuando especificada, se utiliza para el cálculo de las energías almacenadas

de las plantas hidroeléctricas que son presentadas en una planilla de salida del programa. Si el usuario no especificar un polinomio para cada planta, el programa utiliza un cálculo estándar para la energía almacenada.

En la pantalla de datos de polinomio cota-volumen, el usuario debe informar los coeficientes del polinomio, las pérdidas hidráulicas y la productibilidad específica de las plantas.

### **5.18 Parámetros para cálculo de energía almacenada**

Esta pantalla permite la definición de parámetros para el cálculo de la energía almacenada, energía almacenable máxima y energía afluyente del sistema, segundo el criterio de una de las siguientes opciones:

- a) *Por embalse*: (opción estándar). Esta opción indica que cada embalse contribuye para el sistema al cual pertenece con la energía resultante del producto de su volumen útil y la suma de los factores de producción de todas las centrales aguas abajo, independientemente del sistema al cual ellas pertenecen;
- b) *Por generador*: Esta opción indica que cada central contribuye para el sistema al cual pertenece con la energía resultante del producto de su factor de producción y la suma de los volúmenes útiles de todos los embalses aguas arriba, independientemente del sistema al cual ellos pertenecen.

En el caso en que todas las centrales de la cascada pertenezcan al mismo sistema, estas dos maneras de cálculo resultan equivalentes.

El factor de participación de la planta en cada sistema indica la contribución del volumen de la planta en el cálculo de las energías. En el caso de la pantalla abajo se indica que Serra de la Mesa contribuye con 55 % de su volumen útil en el cálculo de las energías almacenada, almacenable máxima y afluyente en el sistema Norte. Es importante resaltar que a pesar de la asignación de parte de energía almacenada, almacenable máxima y afluyente a otro sistema, la generación de la planta es siempre contabilizada integralmente en el sistema a que pertenece ("Sudeste" en este ejemplo). En la misma pantalla es indicado que Tres Marias, Irape y Quemado contribuyen con 100% de su volumen útil en el sistema Nordeste.



## 6 COMBUSTIBLES

### 6.1 Selección de combustibles

La selección, adición y eliminación de los combustibles se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

### 6.2 Datos básicos de los combustibles

Los datos básicos de los combustibles son:

- número
- nombre
- unidad (ton, m3, galón, etc.)
- costo del combustible (\$/unidad)
- factor de emisión (ton CO2/unidad)
- sistema
- tipo de variación de precio – “Cronológico” o “Cronológico por escenario”. A través de esta opción, el usuario puede seleccionar si los precios del combustible (i) se actualizarán cronológicamente o (ii) además de actualizarse cronológicamente, cambiarán por escenario. Si se elige una opción de combustible dada (ii), la cantidad de escenarios y los precios del combustible por escenario se pueden introducir en la pantalla “Datos complementarios > Combustible > Precio del combustible > Cronológico por escenario”.

### 6.3 Precio de combustibles

Hay dos tipos de proyección de precios:

- **Cronológico** (\$/unidad) – se permite informar precios de combustibles variables en el tiempo, es decir, representar diferentes precios de combustibles en cada etapa.
- **Cronológico por escenario** (\$/unidad) – el SDDP puede manejar múltiples escenarios de precios de combustible definidos por el usuario. Esto significa que las decisiones considerarán la variabilidad del pronóstico del precio del combustible además de las otras fuentes de incertidumbre ya consideradas, como las entradas de energía hidráulica y la generación renovable.

Estas restricciones se informan en cada etapa y la manipulación de estos datos se realiza a través de la [tabla de datos cronológica](#).

### 6.4 Disponibilidad de los combustibles

En la pantalla de disponibilidad de combustible, seleccione el sistema y el tipo de restricciones sobre los combustibles, que pueden ser de dos tipos:

- **Consumo Total** (en miles de unidades de combustible por etapa)
- **Tasa de Consumo** (en unidades de combustible por hora)

Estas restricciones se informan en cada etapa y la manipulación de estos datos se realiza a través de la [tabla de datos cronológica](#).

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema

## **6.5 Costos de créditos de carbono**

Se definen los costos de adquisición de créditos de carbono asociada a las emisiones de cada combustible en una [tabla de datos cronológica](#) y se debe informar los datos para cada uno de los sistemas.

## 7 CENTRALES TÉRMICAS

### 7.1 Configuración

#### 7.1.1 Selección de las plantas

La selección, adición y eliminación de las plantas térmicas se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Los datos de las plantas se dividen en dos grupos:

- Grupo generador (datos operativos)
- Combustible (consumo de combustibles y combustibles alternativos)

#### 7.1.2 Datos operativos de las plantas

##### a) generación mínima (MW)

Si la opción *commitment* está seleccionada – ver ítem (g) – este valor representa la generación mínima técnica de la planta en caso de la planta ser despachada; la decisión de arrancar o no arrancar la planta se hace por el SDDP resolviendo un problema de mínimo costo operativo, usando técnicas de programación entera. En general, se utiliza esta opción para representar plantas a petróleo o carbón. Si el *commitment* no está seleccionado, el valor de este campo representa la generación mínima de la planta, independiente de su costo operativo (la unidad operará en todo el análisis de despacho entre su mínimo y su máximo). Este es el caso de las plantas nucleares o plantas a gas con contratos "take or pay". En el caso de no ser *commitment*, la unidad puede subir o bajar en el rango establecido por los mínimos y máximos operativos. Observe la diferencia con las unidades tipo "Must Run", las cuales operan en su potencia máxima en todas las etapas.

##### b) generación máxima (MW)

Capacidad máxima de generación de la planta.

##### c) número de unidades

Esta información se utiliza solo en los cronogramas de mantenimiento. Observe que los límites de generación mínimo y máximo (campo anterior) no se refieren a cada unidad, sino a toda la planta.

##### d) ICP (%) - indisponibilidad de corto plazo

Representa el efecto de las fallas aleatorias del equipo en su capacidad de producción. Si la planta dispone de un cronograma de mantenimiento, su capacidad máxima se multiplicará por  $(1.0 - ICP\%/100)$  en cada etapa. En caso contrario, se usa el factor IH (%). Por ejemplo, en un estudio de 3 años (2001, 2002 y 2003) con cronograma de mantenimiento para todo el año de 2001, se utiliza ICP en 2001 y el índice de indisponibilidad histórica (IH) en los dos últimos años del estudio (2002 y 2003).

##### e) IH (%) - indisponibilidad histórica

Representa el efecto conjunto del mantenimiento y de la salida forzada del equipo en la capacidad de producción de la planta. Si la planta no posee ningún cronograma de mantenimiento (o algún año sin mantenimiento especificado), su máxima capacidad se multiplica por  $(1.0 - IH\%/100)$  en cada etapa.

f) número de combustibles alternativos

Indica el número de combustibles que pueden ser utilizados en una planta con múltiples-combustibles. La descripción del combustible y el consumo específico se informan en campos separados, descritos en la sección 7.1.3.

g) commitment

Existen dos posibilidades para el *commitment*:

- a) La decisión de despachar la planta es una decisión por etapa (semana o mes). Una vez que la planta fue despachada, ella genera en toda la etapa.
- b) La decisión de despachar la planta se hace por etapa y por bloque de demanda. De esta manera, en la misma etapa, la planta puede despacharse en la demanda de punta y no despacharse en la base, por ejemplo.

En el caso (a), es necesaria la utilización de una variable entera 0-1 para cada planta *commitment* en cada etapa. En el caso (b), el número de variables enteras es mayor: son  $k$  variables enteras por planta por etapa, donde  $k$  es el número de bloques de demanda utilizados. El costo de arranque ( $k\$\$ ) se ingresa en el campo correspondiente.

h) tipo de la planta

Existen tres tipos posibles:

- standard: térmica normal
- "must-run": térmica opera en la base independiente de su costo operativo: la generación de la planta es igual a su capacidad de generación, independiente del costo operativo
- "beneficio": representa mercados "spot" de energía - la planta tiene generación negativa, esto es, equivale a una venta de energía; su costo de operación también es negativo y representa los ingresos de esta venta.

i) construcción de la planta

- existente: la planta ya está incluida en la configuración inicial del sistema.
- futura: la planta está en construcción. Su fecha de entrada está definida en los datos de modificación de plantas.

j) sorteo de fallas

En caso que se seleccione esta opción, el modelo realizará un proceso de muestreo Montecarlo para producción de escenarios de disponibilidad de generación. Para cada escenario de hidrología y en cada etapa de la simulación final, se sortea un número aleatorio entre 0 y 1 de una distribución uniforme. Si el valor sorteado es inferior al índice de ICP de la planta— ver ítem (d) — la planta está indisponible (capacidad = 0); caso contrario, la

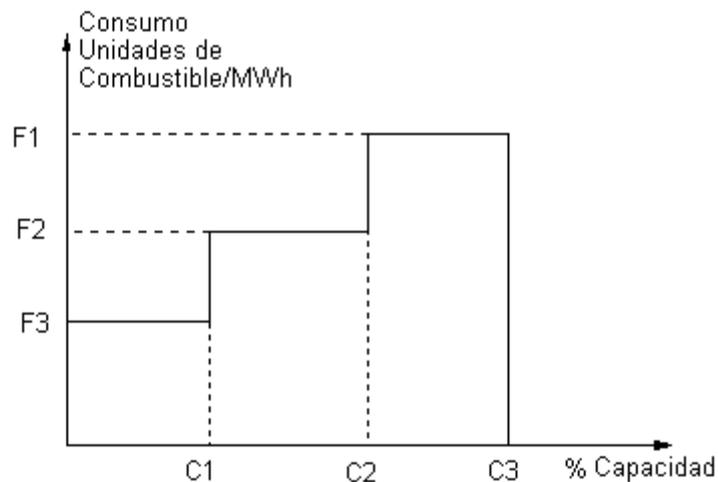
planta está en funcionamiento. Note que no se considera el muestreo de Montecarlo en el cálculo de la política hidrotérmica óptima, sólo en los resultados de la simulación final.

k) ciclo combinado

Caso la planta térmica forme parte de un conjunto ciclo combinado, ella deberá ser asociada al grupo en los datos de configuración térmica. Caso el grupo no exista, crearlo indicando un número y un nombre para el mismo. Cuando la térmica venga a incluirse en un grupo ciclo combinado ya existente, basta asociarla a tal grupo.

### 7.1.3 Consumo de combustible

El consumo de las plantas se representa por una curva lineal por partes, con hasta tres segmentos, como se muestra a continuación. Este consumo se puede ingresar por bloque de demanda.



La información se compone de:

- código del combustible - combustible utilizado por la planta térmica y definido en la pantalla de costos de los combustibles. El costo operativo de la planta (\$/MWh) se obtiene del producto del costo de combustible (\$/unidad) por el factor de consumo de combustible de la planta (unidad/MWh).
- costo variable de O&M - adicionado al costo operativo de la planta
- costo de transporte de combustible (\$/unidad) - es el costo de transporte hasta la localización de la planta. Adicional al costo unitario del combustible
- coeficiente de emisión (p.u.) - es el coeficiente de emisión de la planta térmica, utilizado en el costo de adquisición de créditos de carbono. Si es igual a 1, significa que la central térmica emite todo el CO<sub>2</sub> proveniente de la quema del combustible. Valores entre 0 y 1, indican que existe un filtro que reduce la emisión de CO<sub>2</sub>. Por ejemplo 0.8 indica que la central térmica emite solamente 80% del CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustible.

El costo operativo de la planta (\$/MWh) se calcula por:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{costo unitario del} & & \text{costo de transporte} & & \text{consumo} & & \text{costo de O\&M} \\
 \text{( combustible} & + & \text{del combustible} & ) \times & \text{específico} & + & \\
 \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\
 \$/\text{unidad de} & & \$/\text{unidad de} & & \text{unidades de com-} & & \$/\text{MWh} \\
 \text{combustible} & & \text{combustible} & & \text{bustible/MWh} & & 
 \end{array}$$

Los siguientes términos son adicionados a la función objetivo para representar el costo de adquisición de créditos de carbono.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{costo de} & & \text{factor de} & & \text{coeficiente de} & & \text{consumo} & & \text{costo de emisión} \\
 \text{crédito CO}_2 & \times & \text{emisión} & \times & \text{emisión} & \times & \text{específico} & = & \text{CO}_2 \\
 \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\
 \$/\text{ton CO}_2 & & \text{ton CO}_2/\text{unid} & & \text{p.u.} & & \text{unid/MWh} & & \$/\text{MWh}
 \end{array}$$

### 7.1.4 Combustibles alternativos

Una planta bi (o tri) - combustible se representa como dos (o tres) plantas separadas con los mismos parámetros básicos (número de unidades, costo de O&M, etc.). Las diferencias se refieren a la capacidad máxima, la curva de eficiencia, el coeficiente de emisión y, naturalmente, en el combustible usado.

Para utilizar combustibles alternativos se debe habilitar la opción “Combustibles alternativos?” y seleccionar cuales son los combustibles asociados en el control de selección. Enseguida, se debe ingresar los datos específicos para los combustibles alternativos en el grupo “Combustible”.

Los datos básicos de las plantas como Generación Mínima, IH (%), ICP (%), son iguales al de la planta térmica principal, por lo tanto la interfaz no permite alterar estos valores. El usuario debe ingresar el nombre del combustible, la generación máxima, la curva de consumo, el costo de O&M, el costo de transporte y el coeficiente de emisión de CO<sub>2</sub>.

Si el estudio presenta restricciones de la red, entonces el usuario también deberá ingresar en la pantalla de barras y conectar las plantas térmicas hermanas a la misma barra donde la planta térmica principal está localizada.

### 7.2 Mantenimiento

Los datos de mantenimiento de plantas térmicas se manejan de la misma manera que los datos de [mantenimiento de plantas hidráulicas](#). Para las plantas "hermanas", definidas en la representación de combustibles múltiples, no es necesario indicar los cronogramas de mantenimiento.

### 7.3 Expansión/Modificación

En la pantalla de expansión, se permite alterar algunos de los datos originales que pueden variar con el tiempo (ver [Expansión/Modificación](#)).

Los campos que se pueden modificar son:

- número de unidades
- generación mínima (MW)
- generación máxima (MW)
- índice de corto plazo - ICP (%)
- indisponibilidad histórica- IH (%)
- costo variable de O&M (\$/MWh)
- factores de consumo (unidad/MWh) para el combustible principal y para cada uno de los combustibles alternativos
- costo de transporte del combustible (\$/unidad)
- coeficiente de emisión de CO2 (p.u.)

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema

#### **7.4 Generación mínima**

Este conjunto de datos fue reemplazado por las [restricciones de generación](#) que ofrecen mayor flexibilidad. Está disponible en la versión actual para permitir a los usuarios que migren para el nuevo formato; sin embargo, no estará más disponible en el futuro.

#### **7.5 Costo de arranque**

Es posible informar el costo de arranque de plantas térmicas tipo commitment variable en el tiempo. Este costo de arranque es especificado por etapa y bloque de demanda.

#### **7.6 Restricciones operativas de térmicas**

Una de las principales motivaciones para realizar ejecuciones horarias es capturar los efectos cronológicos que no se ven en las ejecuciones con representación por bloques. Para más informaciones, favor leer el capítulo [Representación horaria](#).

En esta pantalla, los usuarios pueden definir las siguientes restricciones cronológicas operativas térmicas:

- Rampa de subida (MW/min)
- Ramp de bajada (MW/min)
- Mínimo uptime (horas)
- Mínimo downtime (horas)
- Número máximo de arranques (por etapa)
- Número máximo de paradas (por etapa)

- Costo de parada (k\$) – cabe señalar que el costo de arranque (en k\$) se seguirá definiendo en la pantalla “Datos básicos > Configuración de térmica”

## 7.7 Estado operativo del ciclo combinado

Es posible informar el estado operativo de los conjuntos ciclo combinado variable en el tiempo. Este estado operativo, cuando especificado, indica a planta térmica parte del ciclo combinado que estará en operación en cada etapa del período de estudio.

La lista de plantas que componen el ciclo se muestra debajo de la [lista de ciclos combinados](#) y la [tabla de datos cronológicos](#), de acuerdo con la siguiente figura.

Code	Name	System
1	CC-1	Sistema 1

lista de

Code	Name	System	Capacity (MW)
1	Térmica 1	Sistema 1	10
2	Térmica 2	Sistema 1	5
3	Térmica 3	Sistema 1	20

Operative state

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2006	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2007	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3

Sea por ejemplo un conjunto ciclo combinado denominado CC-1, definido por tres plantas térmicas: Térmica1, Térmica 2 y Térmica3. En seguida, se debe seleccionar el ciclo combinado correspondiente y definir cuál es su estado operativo para cada etapa del estudio. Para esto, es posible informar en la tabla de datos cronológicos la planta que estará en operación en la etapa en cuestión o, simplemente, arrastrar la central correspondiente desde la lista de centrales que compone el ciclo para la posición correspondiente en la tabla de datos cronológica.

De acuerdo con esta tabla, la planta Térmica1 será despachada durante el primer año, la planta Térmica2 lo será de enero a junio de 2007, mientras la central Térmica3 entrará en operación de julio de 2007 hasta el final del periodo. Es importante destacar que solamente la planta seleccionada opera en el periodo correspondiente.

## 7.8 Consumo específico por bloque

En esta pantalla, el usuario puede agregar cambios temporales relacionados con los valores de cada segmento de consumo específico de cada planta termoeléctrica.

## 8 EMISIONES

SDDP puede representar contaminantes genéricos y sus correspondientes coeficientes de emisión por térmica. Además de presentar los resultados de las emisiones, cada contaminante puede tener (i) costos de emisión asociados, lo que aumentará los costos de operación térmica y/o (ii) las restricciones presupuestarias de emisiones en varias etapas. Todos los datos relacionados se definen en la sección "Datos complementarios > Emisiones".

## 9 CONTRATOS DE COMBUSTIBLE

El costo operativo de una planta térmica es calculado a partir de los siguientes parámetros: (i) costo de transporte; (ii) costo de O&M; (iii) consumo específico; (iv) costo del combustible; (v) costo de emisión. Hasta la versión 12 del SDDP, la representación de plantas con diferentes costos operativos, para un mismo combustible (diferentes contratos), sólo era posible a través de la duplicación del combustible para que cada planta tuviese su propio combustible con un costo definido de forma específica para ella. Esta representación no permitía considerar restricciones de disponibilidad de este combustible, utilizado por un conjunto de plantas térmicas. A partir de la versión 12 del modelo, estas limitaciones no existen más, siendo permitida la definición de “contratos de combustible”, que posibilitan asociar diferentes costos de un mismo combustible a las plantas térmicas.

Adicionalmente, es posible definir contratos de combustible del tipo “Por integral” (que tienen asociados un monto máximo de combustible que puede ser adquirido a lo largo de la vigencia del contrato) y que pueden tener cláusulas de “Take-or-Pay” (que imponen un pago mínimo por una cantidad pre-definida del contrato). El SDDP determinará la decisión óptima de uso del combustible disponible en cada contrato.

Los principales datos relacionados con los contratos de combustible se definen en la pantalla “Datos básicos > Combustible > Configuración de contrato de combustible > Cláusulas básicas”.

### 9.1 Selección de los contratos

La selección, adición y eliminación de los contratos de combustibles se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

### 9.2 Datos básicos

Los datos básicos de los contratos de combustibles son:

- número
- nombre
- combustible asociado
- sistema

### 9.3 Tipos de contratos de combustible

El SDDP permite la representación de dos tipos de contratos de combustible: contrato tipo “Libre” o “Por Integral”.

Un contrato del tipo Libre es aquel en que las plantas pueden comprar cualquier cantidad de combustible (respetando obviamente las restricciones de disponibilidad definidas para el combustible y el límite de máximo retiro definido por el contrato) mediante el pago del costo del combustible definido en este contrato, que puede ser fijo o variable en el tiempo.

Ya un contrato del tipo Por Integral es aquel en que el generador tiene disponible un montante total (máximo) de combustible que puede ser adquirido y consumido a lo largo de la vigencia del contrato. Opcionalmente, un contrato Por Integral puede tener un monto Take-or-Pay (ToP), que corresponde a la cantidad mínima de combustible por la cual el generador paga al inicio del contrato, independientemente de haber consumido o no este combustible. En otras palabras, el monto ToP corresponde a la cantidad de combustible que el generador “pre-compra” y que puede ser utilizada durante todo el período de duración del contrato. En cada etapa, el generador decide el montante de combustible que será retirado de su “cuenta” de contrato. Este combustible puede ser utilizado para atender a las centrales térmicas asociadas y/o ser almacenado en los reservorios físicos de combustible asociados para uso futuro, caso existan. Al final del contrato, cualquier cantidad restante de combustible en la “cuenta” es generalmente perdida. En algunos contratos ToP especiales, una fracción remanente puede ser transferida para el contrato siguiente (renovación del contrato). El contrato puede presentar precios distintos para el combustible consumido hasta alcanzar el monto ToP y para aquél que exceda el montante ToP (combustible extra ToP).

#### 9.4 Datos de contratos de combustible tipo Libre

Los siguientes datos definen un contrato de combustible del tipo Libre:

- tasa máxima de retiro (unidades de combustible/h): define el consumo máximo de combustible permitido por hora
- costo del combustible (\$/unidad de combustible): es el valor que se paga por el combustible consumido
- conjunto de usinas térmicas asociadas al contrato de combustible (opcional)
- conjunto de reservorios físicos de combustibles asociados al contrato (opcional)

#### 9.5 Datos de contratos de combustible Por Integral

Los siguientes datos definen un contrato de combustible del tipo Por Integral:

- tasa máxima de retiro (unidades de combustible/h): define el consumo máximo de combustible permitido por hora
- montante contratado (miles de unidades de combustible): es el montante total (máximo) de combustible que puede ser adquirido y consumido a lo largo de la vigencia del contrato
- montante Take-or-Pay (miles de unidades de combustible): es la cantidad mínima de combustible por la cual el generador debe pagar hasta la fecha de término del contrato, independientemente de haber consumido o no este combustible
- montante consumido (p.u. o miles de unidades de combustible): es el montante de combustible que fue consumido del contrato existente antes de la fecha de inicio del estudio. Para los extremos, 0 significa que ningún combustible del contrato existente fue consumido antes de la fecha de inicio del estudio y 1 significa que todo el combustible contratado ya fue consumido, quedándose el contrato indisponible hasta la próxima renovación. El valor definido en la casilla “montante consumido” no se aplica a contratos de combustible cuya fecha de inicio es posterior a la fecha de inicio del estudio o a aquellos cuya

fecha de término, incluyendo todas las renovaciones posibles, ocurrió antes del inicio del estudio.

- costo del combustible Take-or-Pay (\$/unidad de combustible): es el costo del combustible consumido hasta el monto ToP
- costo del combustible extra Take-or-Pay (\$/unidad de combustible): es el costo del combustible consumido en exceso al monto ToP. Este costo puede ser igual al costo del combustible ToP; en muchos contratos este costo es superior al costo del ToP
- etapas inicial y final: definen la vigencia del contrato
- número de renovaciones: indican por cuantas veces se extiende la vigencia del contrato. Las renovaciones son continuas y de misma duración del contrato inicial
- máxima transferencia en la renovación (miles de unidades de combustible): monto del ToP pagado y no utilizado que puede ser transferido para la próxima renovación
- conjunto de usinas térmicas asociadas al contrato de combustible (opcional)
- conjunto de reservorios físicos de combustibles asociados al contrato (opcional)

### 9.5.1 Make-up y carry forward

Cláusulas adicionales de Take-or-Pay pueden ser introducidas en la pantalla “Datos básicos > Combustible > Configuración de contrato de combustible > Cláusulas especiales”:

- **La cláusula carry forward** brinda la opción de anticipar las cantidades de ToP de períodos futuros del contrato, para evitar pagos adicionales asociados con el consumo de combustible sobre la cantidad actual de ToP. Esta deuda se transfiere a los períodos futuros como una reducción de la cantidad de ToP
- **La cláusula de make-up** brinda la opción de recuperar pagos de ToP asociados con combustible no utilizado de períodos anteriores, otorgando al comprador el derecho de obtener combustible por encima de la cantidad de ToP sin o con un pago reducido (dependiendo de los créditos de make-up). En versiones anteriores, el SDDP representaba créditos ilimitados de make-up a través de transferencias entre renovaciones de contrato. Ahora, el SDDP representa un tiempo de “vencimiento” asociado y la consiguiente obligación de usar los créditos corrientes de make-up dentro de este período

### 9.6 Costo del contrato variable en el tiempo

Opcionalmente, los costos de los contratos (\$/unidad de combustible) pueden ser definidos a través de una [tabla de datos cronológica](#), variable por etapa.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

### 9.7 Máximo retiro variable en el tiempo

Opcionalmente, los valores de máximo retiro (unidades de combustible/h) pueden ser definidos a través de una [tabla de datos cronológica](#), variable por etapa y bloque de demanda.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 10 RESERVORIO FÍSICO DE COMBUSTIBLE

Adicionalmente a la nueva opción de definición de contratos de combustible, fue introducida, en la versión 12 del SDDP, un nuevo agente para representar reservorios físicos de combustible. Estos reservorios permiten el almacenaje dos combustibles provenientes de los contratos, de forma a poder usarlos futuramente en una o más plantas térmicas por él atendidas. La representación de un reservorio físico de combustible requiere, por lo tanto, estar asociado a un contrato de combustible.

### 10.1 Selección de los reservorios

La selección, adición y eliminación de los reservorios físicos de combustibles se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

### 10.2 Datos básicos

Los datos básicos de los reservorios de combustible son:

- número
- nombre
- combustible asociado
- sistema
- condición inicial (p.u.)
- capacidad máxima (miles de unidades)
- límite máximo de inyección (unidades/h)
- límite máximo de retirada (unidades/h)
- conjunto de contratos de los cuales el reservorio de combustible hace parte
- conjunto de usinas térmicas asociadas al reservorio de combustible

### 10.3 Expansión/Modificación

En la pantalla de expansión, se permiten alterar algunos de los datos originales que pueden variar con el tiempo (ver [Expansión/Modificación](#)).

El campo que se puede modificar es:

- capacidad máxima (miles de unidades)

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema

### 10.4 Restricciones de los reservorios

Opcionalmente, en la pantalla de restricciones de los reservorios de combustible se permiten representar dos tipos de restricciones variables por etapa:

- **Límite de inyección** (unidades/h)
- **Límite de retirada** (unidades/h)

Estas restricciones pueden ser definidas a través de una [tabla de datos cronológica](#), variable por etapa y bloque de demanda.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 11 HIDROLOGÍA

Los datos de hidrología son divididos en tres grupos:

- Caudales – configuración de estación hidrológica y caudales afluentes.
- Incertidumbre reducida - define parámetros del modelo estocástico de caudales para diferentes periodos del horizonte del estudio.
- Estimación de parámetros - cálculo de los parámetros del modelo estocástico de caudales.

### 11.1 Registro histórico de caudales

#### 11.1.1 Añadir una nueva estación hidrológica

La selección, adición y eliminación de estaciones hidrológicas se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

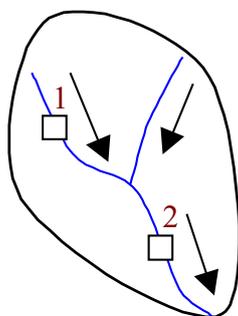
Durante la adición de una nueva estación hidrológica, además de definir un código y nombre, también es necesario definir el código de la estación hidrológica aguas abajo. Se debe llenar esta campo solamente caso los caudales de la estación aguas abajo esté definida como caudales totales y no incrementales.

#### 11.1.2 Selección de los datos de caudales

Inicialmente seleccione una estación hidrológica del menú. Los datos de caudales correspondientes se muestran en una tabla compatible con el MS-Excel. Cada fila contiene la información para un año del registro de caudales, y las columnas son las etapas mensuales (12 columnas) o semanales (52 columnas). Los caudales semanales no son automáticamente transformados en mensuales; el usuario debe definir dos conjunto de datos en separado en el caso de hacer corridas con datos en etapas semanales y mensuales.

#### 11.1.3 Caudales totales o incrementales

La siguiente figura muestra una cuenca hidrográfica con dos brazos de ríos. Existen dos estaciones representadas por las cajas blancas. La primera está localizada en un río secundario (afluente) al principal y la otra estación está localizada en el río principal, después de la confluencia.



Existen dos maneras de definir los datos de caudales: (a) el caudal natural total afluente a cada estación; o (b) el caudal incremental (lateral). Algunos países, como Brasil, usan la primera manera; otros, como Colombia y Panamá, usan la opción (b). Aunque las dos maneras son

permitidas por el programa, la información de la estación aguas abajo será diferente en cada caso, como se verá en los ejemplos.

- Caudales totales

Suponga que los aportes a las estaciones Hidro 1 y Hidro 2 en Enero sean respectivamente 10 m<sup>3</sup>/s y 15 m<sup>3</sup>/s. Estos valores pueden definirse directamente en los datos de caudales, pero es necesario que se defina que la estación Hidro 2 está aguas abajo de la estación Hidro 1.

- Caudales laterales (incrementales)

El valor de los caudales de la estación Hidro 1 son los mismos, porque no existen estaciones aguas arriba. Sin embargo, el campo "Planta aguas abajo" debe mantenerse en blanco.

Para la estación Hidro 2, ingresamos los caudales laterales (diferencia entre los caudales totales afluentes a la estación Hidro2 y Hidro 1).

#### 11.1.4 Estadísticas de los caudales

La opción Estadística en la barra de menú, permite estimar los parámetros de los caudales: promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, etc. Los resultados de la estimación se visualizan seleccionando la opción de la barra de menú Informe. Los resultados se presentan en el editor de texto "Notepad". Las funciones tradicionales de edición están disponibles: localizar, transferir para el clipboard, etc.

```
Codigo de la central: 0101
Nombre de la central: Hidro1
Historico           : 1956/1995
```

Mes	Promedio (m3/s)	Maximo (m3/s)	Minimo (m3/s)	Desv. Estandar (m3/s)	Coef. de Asimetria	Coef. de Variacion (%)
01	29.8	51.7	11.2	9.45	0.063	31.7
02	30.8	52.0	1.54	9.83	-0.372	31.9
03	30.1	52.8	1.55	12.4	-0.098	41.2
04	29.5	47.7	8.16	9.53	-0.260	32.3
05	30.4	50.3	14.6	8.14	0.571	26.8
06	30.5	47.3	11.3	9.49	-0.024	31.1

Se realizan las siguientes pruebas estadísticas: cálculo del caudal promedio y desviación estándar semanal o mensuales, función autoregresiva y autoregresiva parcial para cada período (semana o mes). Pruebas de estacionalidad, tales como de Smirnov y Mann-Kendal.

#### 11.2 Estimación de los parámetros del modelo estocástico de caudales

Seleccione una o más estaciones hidrológicas con los botones (>>) e (<<). Los siguientes campos están disponibles para la estimativa de los parámetros:

- Año mínimo y año máximo

En el ajuste de los parámetros de regresión lineal el modelo considerará como muestras todas las observaciones históricas dentro del intervalo definido por los años mínimo y máximo especificados por el usuario. Sin embargo, como los modelos autoregresivos relacionan la observación de una etapa (denominada variable dependiente) con las observaciones de etapas anteriores (denominadas variables explicativas) y como el SDDP considera orden máxima igual a 6, en los casos mensuales, por ejemplo, para los meses de julio a diciembre del año inicial a las 6 observaciones anteriores corresponderán las observaciones históricas del mismo año (de enero a junio del año inicial) y estarán, por lo tanto, disponibles (considerando que el usuario las ha rellenado en la pantalla del histórico de caudales). Para los meses de enero a junio del año inicial, las 6 observaciones anteriores corresponderán a las observaciones históricas del año anterior (de julio a diciembre del año anterior al inicial) y, consecuentemente, estarán fuera del período comprendido entre los años mínimo y máximo definidos por el usuario para consideración de las muestras y no deben ser utilizados. En el caso en que el año mínimo es igual al primer año de datos históricos de caudales, ni siquiera habrá observaciones para el año anterior. De esta forma, el SDDP no considerará como variables dependientes las muestras correspondientes al año mínimo, apenas las considerará como variables explicativas. O sea, apenas usará, en casos mensuales, los caudales históricos de julio a diciembre del año mínimo como variables explicativas en la estimación de los modelos hidrológicos de los meses de enero a julio, cuando la observación de enero del año siguiente al año mínimo puede depender de las observaciones de julio a diciembre del año mínimo, cuando la observación de febrero del año siguiente al año mínimo puede depender de las observaciones de agosto a diciembre del año mínimo, etc.). Por otro lado, la ausencia de alguna observación de caudal histórico será considerada como falla en las muestras que tienen esta observación como variable explicativa o como variable dependiente. Las muestras con falla serán retiradas de la muestra. La recomendación es que el archivo histórico de caudales se encuentre enteramente rellenado para todo el período entre los años mínimo y máximo. Cabe resaltar que valores negativos de caudales históricos incrementales no son considerados como fallas.

- Tipo y selección de orden

Existen dos posibilidades en la elección del tipo y selección de orden. Se la opción indicada es *orden máxima igual a M*, el modelo se ajusta para los órdenes  $m = 1 \dots M$  y elige aquella que satisface el criterio seleccionado (que puede ser Cambio en la variancia de los residuos o Akaike). Si la opción indicada es *orden fija igual a M*, se ajusta un modelo para este orden, siendo que el programa puede decidir reducir el orden, caso el modelo ajustado no pase en el test de estacionalidad para el orden indicado.

- Criterio: Cambio en la variancia de los residuos o Akaike

El criterio de *Cambio en la variancia en los residuos* fue el criterio utilizado por el modelo SDDP en versiones previas a la versión 12.0.

El criterio Akaike fue incorporado a partir del SDDP 12.0 y pasa a ser la opción recomendada. El criterio de información Akaike (en inglés, Akaike Information Criterion o simplemente AIC) es una medida de cualidad relativa de un ajuste estadístico. De forma general el criterio pondera el compromiso entre la cualidad del ajuste y el número de términos. El principio es el mismo del criterio de Cambio en la variancia de los residuos, la diferencia se encuentra en la forma como la comparación es realizada.

El AIC es basado en la Teoría de la Información. La lógica es la siguiente: suponga que los datos fueron generados por un proceso desconocido  $f$  y que existen modelos candidatos. Escogeríamos el modelo que minimizase la pérdida de información en esta representación de  $f$ . Sin embargo, no es posible realizar esta elección con seguridad porque  $f$  en si es desconocido. Akaike demostró en 1974 ser posible comparar la pérdida de información relativa entre los modelos candidatos a través de una fórmula simple (AIC), dada por:

$$AIC = 2k - 2 \ln(L)$$

donde  $k$  es el número de parámetros en el modelo estadístico considerado y  $L$  es el valor maximizado de la función de probabilidad para el modelo estimado.

Note por la ecuación del AIC que el criterio recompensa la mejoría del ajuste (cuanto mayor la probabilidad  $L$  del modelo estimado, menor el valor de AIC), mas al mismo tiempo penaliza el número de parámetros utilizados (cuanto mayor el número de parámetros  $k$  en el modelo, mayor el valor de AIC), como forma de evitar un "overfitting". En práctica, para diferentes modelos, al escoger aquel con menor AIC, estamos esencialmente maximizando la probabilidad de escoger el modelo con menor pérdida de información.

- Habilitación de filtro de outliers

En la etapa de pre-procesamiento de los modelos de caudales, los outliers del histórico son eliminados, de modo a evitar que ellos provoquen distorsión en el ajuste de los modelos.

- Representación de variable climática

Cuando esta opción esté activa, el modelo de estimación podrá utilizar la información de variables climáticas exógenas. Es necesario que sea elegido un factor de ponderación asociado con el efecto que la variable climática causara en los caudales y rellenar las tablas de la sección 10.4. Para más informaciones sobre esta funcionalidad, por favor consulte el manual de metodología.

Una vez realizada la selección de todos los parámetros elija la opción Ejecutar.

Los resultados de la estimación se visualizan seleccionando la opción de la barra de menú Informe. Los resultados se presentan en el editor de texto "Notepad" y se pueden acceder por el botón Informes.

### 11.3 Incertidumbre reducida

El campo “Usa incertidumbre reducida” permite la utilización de más de un archivo de parámetros de hidrología para diferentes períodos. El botón (+) añade un período (fecha inicial y fecha final) para la cual se especifica un archivo de parámetros del modelo estocástico de caudales.

Esta opción se utiliza cuando existen diferencias en las condiciones macro climáticas para un periodo determinado. Por ejemplo, suponga que el primer año del estudio corresponde a un año “El Niño”, donde es posible pronosticar que los caudales serán inferiores al usual. Una posibilidad es ajustar un modelo estocástico de caudales específico para estas condiciones, utilizando un subconjunto del registro histórico de caudales asociados sólo a los años “El Niño” del histórico.

Los parámetros basados en años El Niño se utilizarían para el primer año del estudio, y los parámetros “normales” (calculados con todos los años del registro histórico de caudales) se utilizarán para el segundo año. La siguiente figura muestra la utilización de un archivo de parámetros, llamado hparam2.dat para el periodo enero/2001-diciembre/2002.

#### 11.4 Variable Climática

Las tablas cronológicas de datos de variable climáticas son rellenas en: “Datos complementarios > Hidrología > Variable climática”.

Los campos “Nombre de la variable climática” y “Unidad” son solamente informativos.

Las tablas cronológicas deben ser rellenas con los valores correspondientes al índice climático. La tabla “Histórico” debe ser rellena para el mismo horizonte que la tabla de caudales afluentes históricos.

La tabla “Escenario” debe ser rellena para el horizonte de tiempo que se desea considerar variable climática. El modelo de estimación e parámetros no va a considerar variables climáticas para horizontes que no estén en esta tabla.

Para más informaciones sobre esta funcionalidad, por favor consulte el manual de metodología.

## 12 SISTEMA

### 12.1 Unidad monetaria

Esta pantalla contiene los siguientes parámetros.

- unidad monetaria de referencia
- unidad monetaria de datos de entrada
- tasa de cambio: unidad monetaria  $\Rightarrow$  unidad monetaria de referencia

Los datos de costos y penalidades son proporcionados en la unidad monetaria del sistema o de la interconexión. Se aplica la tasa de cambio para producir todos los resultados en la unidad monetaria de referencia.

### 12.2 Configuración del sistema

Los sistemas se caracterizan por los siguientes parámetros.

- número
- nombre
- identificador
- unidad monetaria

### 12.3 Reserva de Generación

La selección, adición y eliminación de la reserva de generación para un conjunto de plantas (térmicas e hidráulicas) se realiza a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Una vez definido el número y nombre de la restricción, es necesario definir el tipo de restricción a ser considerada.

Para cada restricción de reserva existen tres posibilidades:

1. Reserva (MW o factor de la demanda): la reserva de generación es representada en MW o en función de un factor (p.u.) de la demanda del sistema.

Este tipo de restricciones puede tener sus montantes alterados a lo largo del período de estudio, seleccionando “Datos cronológicos” en la pantalla anterior. Para cada reserva debe indicarse el sistema, tipo de información, unidad (p.u., MW o %).

Los montantes de reserva de generación por año y bloque de demanda deben ser indicados en la [tabla de datos cronológica](#). El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

2. Compensa salidas de otros generadores del sistema: la reserva de generación representa una reserva de la generación de cada generador perteneciente al sistema que no pertenece a la restricción;

3. Compensa salidas de los generadores de reserva: la reserva de generación representa una reserva de la generación de cada generador perteneciente al sistema.

Es importante observar que estos tipos de restricciones no son excluyentes, es decir una restricción puede ser seleccionada como siendo, por ejemplo, tipo 1 y tipo 2 simultáneamente.

Seleccionando la opción *Penalización por violación*, el usuario puede especificar el valor en k\$/MWh para la penalización debido a la violación de la restricción de reserva de generación.

El conjunto respectivo de plantas hidro y/o térmicas que forman parte de la restricción debe ser seleccionado a través de los conjuntos de generadores hidráulicos y térmicos como a seguir.



## 12.4 Reserva Rodante Hidro

Restricciones de reserva rodante por central hidro. Estos límites son ingresados por sistema, en %, % Potencia disponible o MW para cada etapa (semana o mes) y bloque de demanda.

La reserva rodante es un margen operativo para ajustar la operación en tiempo real a las desviaciones con respecto a la operación programada. La reserva se representa como un valor que se substraerá de la máxima capacidad de la planta.

El programa SDDP verifica la factibilidad de estas restricciones. Caso el valor resultante de la capacidad máxima de la planta menos la reserva rodante sea menor que la capacidad mínima de la planta, la restricción de reserva rodante será relajada.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de "Configuración Dinámica" en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 12.5 Reserva Rodante Térmica

El manejo de los datos de reserva rodante térmica es análogo a la [reserva rodante hidroeléctrica](#).

## 12.6 Restricciones de generación

Esta pantalla permite al usuario introducir restricciones adicionales de generación para un solo agente o para un conjunto de agentes. En el lado izquierdo de la restricción, se pueden introducir los siguientes agentes: hidroeléctricas, térmicas, renovables o baterías.

Existen dos posibilidades:

- a) la suma de las generaciones de un conjunto de agentes debe ser *mayor o igual* ( $\geq$ ) que los valores informados en la tabla.
- b) la suma de las generaciones de un conjunto de agentes debe ser *menor o igual* ( $\leq$ ) que los valores informados en la tabla.

El procedimiento para agregar o modificar datos es:

1. añadir una restricción;
2. definir un número y nombre para la restricción;
3. seleccionar la opción *Penalización por violación* si el usuario quiere especificar el valor en k\$/MWh para la penalización debido a la violación de la restricción de generación;
4. seleccionar el tipo de restricción ( $\geq$  o  $\leq$ );
5. seleccionar el conjunto de plantas hidro y/o térmicas que forman parte de esta restricción.

## 12.7 Restricciones generales

El usuario puede crear una restricción genérica en la pantalla "Datos complementarios > Sistema > Restricciones generales". El procedimiento para agregar o modificar datos es:

1. añadir una restricción;
2. definir un número y nombre para la restricción;
3. seleccionar el agente<sup>2</sup> (hidro, térmica, renovable, demanda o batería);
4. seleccionar la correspondiente variable de decisión del agente (por ejemplo, el turbinamiento para una dada central hidro);
5. definir el coeficiente (y su unidad) que se multiplicará por la variable de decisión seleccionada en el paso 4;
6. definir la *Penalización por violación* (en k\$/unidad);
7. seleccionar el tipo de requerimiento (fijo o variable);
8. introducir el requerimiento. Si el requerimiento es fijo, se debe ingresar en el campo "Valor" que se ubica abajo del tipo de requerimiento. Si es variable, los valores deben ingresarse en la pestaña "Requisito cronológico".

---

<sup>2</sup> Nuestro objetivo es extender esta funcionalidad para cubrir a todos los agentes. ¡Dinos tus favoritos y ayúdanos a priorizar los próximos desarrollos!

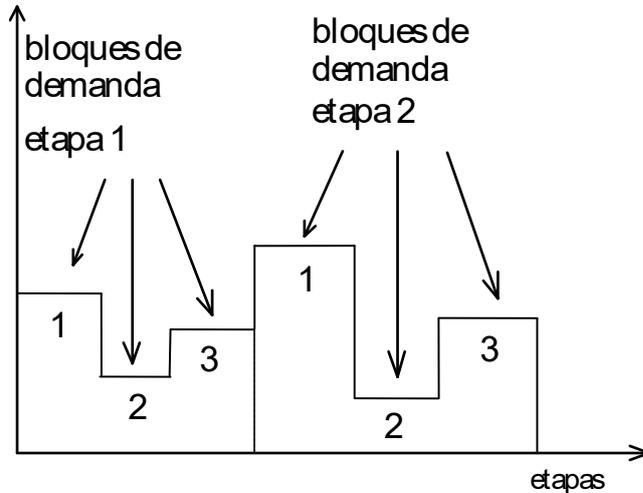
## 12.8 Curva de Aversión al Riesgo (CAR)

La pantalla para definición de los datos de la Curva de Aversión al Riesgo (CAR) se encuentra disponible en la sección Curva de Aversión al Riesgo.

Estos datos se informan por sistema, para cada año y etapa del estudio, en una [tabla de datos cronológicos](#). Representan, en porcentaje de la energía almacenable máxima del sistema, los límites mínimos de almacenamiento a ser cumplido. La penalización por no cumplir con los límites mínimos de almacenamiento puede ser definida por el usuario (“Valor fijo”) o calculada por el programa (“calculo automático”).

## 13 DEMANDA

La demanda en cada etapa se representa en el SDDP por bloques, como se muestra a continuación. Cada bloque a su vez, se define por el par {duración (horas); demanda (GWh o MW)}



### 13.1 Demanda de mediano / largo plazo

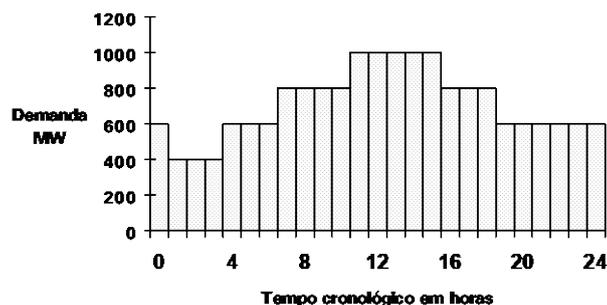
Seleccione un sistema en el menú correspondiente, y el número de bloques de demanda representados en el conjunto de datos. En los estudios de mediano/largo plazo se puede representar hasta 21 bloques de demanda por etapa. La selección del número de bloques de demanda de trabajo se realiza en la ventana inicial de [selección de directorios](#).

Una [tabla de datos cronológicos](#) muestra la demanda (en GWh o MW) en cada bloque y etapa. La duración de cada bloque se define como un % de la etapa inicial. Es claro, que la suma de las duraciones es igual a 100%.

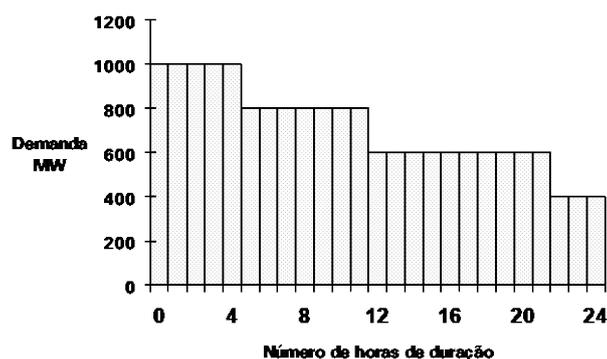
#### 13.1.1 Obtención de la aproximación de la demanda por bloques a partir de una demanda horaria

El siguiente procedimiento ilustra la transformación de la demanda cronológica horaria en un conjunto de bloques de demanda.

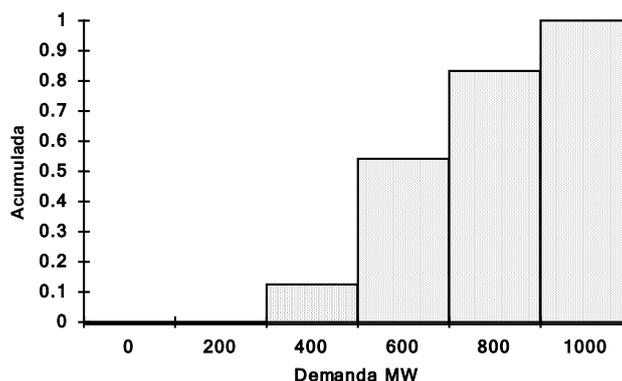
##### 1. Demanda horaria



2. La curva de duración de demanda se obtiene ordenando la demanda de mayor a menor.



3. Normalice las horas para la unidad e invierta los ejes, obteniendo una función acumulada de probabilidad discreta de la demanda, es decir,  $F(x) = P(X \leq x)$ :



Los bloques de demanda definidos en el SDDP son:

Bloque $k$	Duración	Valor (GWh)
1	10%	$0.10 \times d(t) \times 400$
2	40%	$0.40 \times d(t) \times 600$
3	30%	$0.30 \times d(t) \times 800$
4	20%	$0.20 \times d(t) \times 1000$

Donde  $d(t)$  es el número de horas de la etapa (mes o semana).

### 13.1.2 Duración variable de los bloques de demanda

La duración de los bloques, fija en los datos de demanda, puede ser seleccionada para ser variable a través de todas las etapas de extensión del periodo de estudio. Para ello seleccione, en el menú correspondiente, el número de bloques de demanda representados en el conjunto de datos. La selección del número de bloques de demanda de trabajo se realiza en la ventana inicial de [selección de directorios](#).

Una [tabla de datos cronológica](#) muestra la duración de los bloques de demanda (en horas) en cada bloque y etapa. La duración total en horas de la etapa corresponderá a la suma de las duraciones (en horas) de todos los bloques de la misma.

**Observación:** La duración de los bloques de demanda para los años adicionales será asumida como siendo igual a la duración, por bloque, del último año del estudio.

### 13.1.3 Mapeo hora-bloque

El objetivo principal de los datos del [mapeo hora-bloque](#) es establecer la relación entre las horas y los bloques dentro de cada etapa. Por lo tanto, estos datos son opcionales en el caso de los estudios con representación por bloques y son obligatorios en los estudios de caso con representación horaria.

Aunque los estudios con resolución de bloques no representan horas individualmente en la formulación del problema de optimización, los datos de mapeo hora-bloque se pueden usar para obtener la [duración de los bloques](#) (en lugar de usar la *duración fija* o la *duración variable de los bloques*).

Por otro lado, en estudios con resolución horaria, los datos del mapeo se utilizan para [reconstruir la cronología horaria](#) de los datos que están informados por bloque. Para más detalles, favor chequear el capítulo [Representación horaria](#).

### 13.1.4 Bloques cronológicos

SDDP representa el proceso de toma de decisiones operativas (generación de cada central, interconexiones entre regiones, flujos en circuitos, etc.) en dos niveles de detalle. El primer nivel captura con precisión la dinámica de los grandes dispositivos de almacenamiento en el tiempo para la planificación a medio y largo plazo con la representación de etapas semanales o mensuales considerando las incertidumbres relevantes para esta escala temporal y traducidas en Funciones de Costo Futuro para cada etapa. El segundo nivel captura las complejas decisiones operativas dentro de cada etapa en el problema de optimización que busca equilibrar los costos inmediatos y futuros esperados. Hasta ahora, el problema intra-etapa se ha definido sea representando explícitamente las horas cronológicamente o agregando variables/restricciones en bloques de horas con datos similares (también conocido como modelo de curva de duración de carga). Esta última representación agiliza el proceso de solución y es muy útil para obtener la solución óptima del primer nivel, pero prescinde de la cronología, que puede ser necesaria para el segundo nivel.

En el SDDP, existe una nueva opción intermedia para la representación de la cronología entre bloques de horas. Con esta funcionalidad, el problema de optimización en cada etapa considerará aspectos como las variables de almacenamiento final para cada bloque, las restricciones de balance entre bloques para los embalses, baterías, etc., el *unit commitment* térmico y los costos de *start-up* en cada bloque y otros. Este modelado también se utiliza automáticamente como parte de una estrategia para mejorar el tiempo de solución y la precisión de los problemas con resolución horaria.

La construcción del problema de optimización cronológico requiere un mayor número de bloques y los datos de entrada deben definirse de forma cronológica por bloque. Además, una nueva herramienta automatizada en la interfaz crea una tabla de “remapeo” hora-bloque (“reasignación”) aplicando técnicas de clusterización que permiten el uso directo de esta funcionalidad sin cambiar los datos de entrada ya introducidos (para más detalles, favor chequear la sección [Herramienta de agrupación integrada](#)). En este caso, el modelo utilizará la demanda horaria para construir los nuevos bloques cronológicos y convertirá todos los datos definidos por bloque al nuevo mapeo hora-bloque (cronológico). Como puede verse, la reasignación de datos permite al SDDP construir 21 bloques cronológicos basados en datos de entrada definidos en 5 bloques no cronológicos, por ejemplo.

Por último, vale mencionar que esta funcionalidad todavía solo está disponible para casos semanales.

### 13.2 Múltiples demandas por sistema

El modelo permite representar diferentes tipos de demanda por sistema. Cada sistema puede tener más de una demanda asociada, la cual puede ser compuesta por una combinación de componentes elásticos e inelásticos.

La combinación de más de una demanda por sistema permite representar separadamente demandas residenciales, industriales, comerciales, etc. La demanda total del sistema corresponderá a la suma total de las demandas individuales. La distribución de la demanda en la red eléctrica se describe en detalles en la sección 13.1.1.3

### 13.3 Demandas elástica, inelástica y mixta

Cada demanda en el SDDP es definida como una curva que indica cuál es su disposición en adquirir energía para diferentes niveles de precio del sistema. Existen tres tipos de demandas posibles:

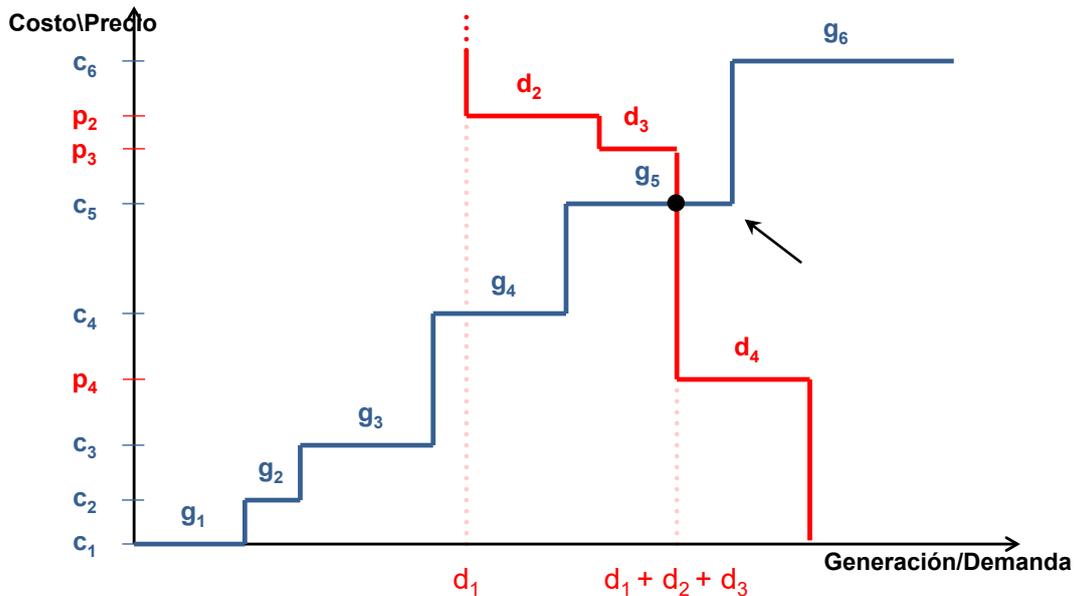
- Demanda totalmente inelástica o fija: corresponde a la demanda que debe ser necesariamente atendida. Su interrupción está solamente asociada a la incapacidad física del sistema en atenderla. Para este tipo de demanda la curva que la representa tiene apenas un nivel. Su definición se da mediante la especificación de la energía a ser consumida por la demanda.
- Demanda totalmente elástica: corresponde a una demanda con disposiciones de consumo de energía sensibles a niveles de precio. Para el primer nivel de precio definido por el usuario, se debe especificar cual la cantidad total de energía (definida en GWh o su equivalente en MW) que esta demanda está dispuesta a comprar hasta este precio del sistema, o sea, cuanto de energía comprará si el precio del sistema (costo marginal de la demanda) es menor o igual al primer nivel de precio de la demanda elástica. Para el segundo nivel de precio, caso sea definido por el usuario, se debe especificar cual la cantidad total de energía (definida en GWh o su equivalente en MW) que esta demanda está dispuesta a comprar hasta este precio del sistema, o sea, cuanto de energía comprará si el precio del sistema (costo marginal de la demanda) es menor o igual al segundo nivel de

precio de la demanda elástica. De forma análoga se definen los demás niveles de la demanda elástica, respetando las siguientes condiciones: (i) el precio de un dado nivel debe ser obligatoriamente menor que el precio del nivel anterior y (ii) la cantidad de energía de un dado nivel debe ser obligatoriamente mayor que la cantidad de energía del nivel anterior. El usuario puede definir tantos niveles cuantos sean necesarios.

- Demanda mixta: corresponde a la demanda que posee una componente inelástica e otras componentes elásticas. Este tipo es, por lo tanto, una combinación de los dos tipos descritos anteriormente, siendo que el primer nivel debe obligatoriamente corresponder a su componente inelástica e los demás niveles corresponden a sus componentes elásticas, definidas en orden decreciente de precio y siguiendo las mismas reglas que se aplican a las demandas totalmente elásticas.

En el ejemplo a seguir se presenta el resultado de despacho para una representación de demanda mixta con el primer nivel inelástico asociado a un consumo de energía  $d_1$  y otros tres niveles elásticos definidos por los pares (cantidad de energía, precio) iguales a  $(d_1 + d_2, p_2)$ ,  $(d_1 + d_2 + d_3, p_3)$  y  $(d_1 + d_2 + d_3 + d_4, p_4)$ . El sistema posee cinco generadores con capacidades  $g_1$  a  $g_5$  y costos dados por  $c_1$  a  $c_5$ , respectivamente.

La solución óptima corresponde a atender a la componente inelástica  $d_1$  de la demanda con los generadores  $g_1$  a  $g_4$ , a través de despachos en orden creciente de costo, y atender las partes elásticas mientras el costo marginal de demanda sea inferior a sus precios. De este modo, las partes elásticas  $d_2$  y  $d_3$  serán atendidas por los generadores  $g_4$  y  $g_5$  cuyos costos operativos  $c_4$  y  $c_5$  son inferiores a los precios  $p_2$  y  $p_3$  de estas demandas. Por no existir beneficio económico para el sistema, es decir, no hay térmicas con costo inferior al precio de la demanda elástica  $d_4$ , esta no es atendida. La demanda total del sistema que es atendida corresponde a la suma de la parte inelástica  $d_1$  y las partes elásticas  $d_2$  y  $d_3$ .



En el SDDP, la definición de cada demanda para cada sistema debe ser realizada a través de la creación de sus niveles, siguiendo la siguiente regla:

- El primer nivel puede ser definido como inelástico o elástico
- Los demás niveles, cuando existen, serán necesariamente elásticos

Se observa que la manera de informar los datos de demanda hasta la versión 12 del SDDP permanece disponible para aquellos sistemas donde no hay interés por el uso de esta nueva funcionalidad que permite combinar componentes elásticas e inelásticas de la demanda.

Los datos de configuración de demanda son definidos por la interfaz a través de una [lista de elementos](#) conteniendo las siguientes informaciones:

- Tipo del primer nivel: inelástico o elástico
- Energía a ser consumida por la demanda para cada nivel de precio del sistema, sea la demanda elástica o inelástica
- Precio para cada nivel de la demanda elástica

Los datos de nivel y precio de demanda son informados a través de una [tabla de datos cronológica](#), variable por etapa e bloque de demanda.

### 13.4 Demanda flexible

Además de los tres tipos de demanda presentados en la sección anterior, es posible definir demandas flexibles. Las demandas flexibles permiten retrasar/anticipar la representación del consumo de energía dentro de una etapa, para minimizar el costo energético del consumidor. El desplazamiento de la carga está sujeto a un consumo mínimo y máximo en cada intervalo de tiempo (bloque, hora, minutos, etc.) y a una restricción de integridad: la suma de las cargas desplazadas a lo largo de los intervalos debe ser igual al consumo total original. La carga de referencia se especifica para cada intervalo, definiendo la cantidad de energía a suministrar si no hay desplazamiento. Los consumos mínimos y máximos se especifican como máxima reducción de carga y máximo aumento de carga (en p.u. de la carga de referencia), definiendo los límites de desplazamiento para cada intervalo. Otra característica de este tipo de demanda es la tolerancia del consumidor al corte de carga, el cual está sujeto a un valor máximo (en p.u. de la carga de referencia) y una prima asociada (en \$/MWh). También es posible especificar una ventana de desplazamiento (en horas), determinando el intervalo de tiempo en el que se puede desplazar la carga.

### 13.5 Incertidumbre en la demanda

A partir de la versión 12, el SDDP pasó a permitir la representación de incertidumbre en los datos de demanda, con variación siguiendo una distribución normal. Para esta representación, el usuario debe informar el promedio de la distribución normal que describe la variable aleatoria de la demanda y su coeficiente de variación (razón entre la desviación estándar y el promedio). Con el coeficiente de variación y el promedio, el modelo calcula la desviación estándar de la distribución (el promedio y la desviación estándar son los parámetros suficientes para definir una distribución normal). En esta versión, el modelo considera que la incertidumbre en la demanda es independiente a lo largo del tiempo, o sea, no considera cualquier dependencia temporal en la demanda.

## 14 TRANSMISIÓN

Existen dos alternativas mutuamente excluyentes para representar aspectos de la transmisión:

- modelo de flujo de potencia lineal
- modelo de intercambio

### 14.1 Modelo de flujo de potencia lineal

Los elementos asociados a la representación del flujo de potencia lineal son:

- barras
- circuitos
- enlaces CC
- restricciones de importación/exportación por área
- suma de flujos de circuitos

#### 14.1.1 Datos de barras

##### 14.1.1.1 Configuración de las barras

La selección, adición y eliminación de las barras se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla. Al añadir una barra, es necesario especificar el código y un nombre para la barra, además del sistema donde la barra está localizada.

##### 14.1.1.2 Datos de generación y datos de área

Los datos de generación asociados a las barras son:

- área - usada para definir las restricciones en la importación/exportación de potencia
- plantas hidroeléctricas asociadas a la barra
- plantas térmicas asociadas a la barra

Las plantas hidráulicas y térmicas se seleccionan con los botones: Editar Hidráulicas y Editar Térmicas, ubicados en la parte inferior de la pantalla. Escoja las plantas que desea asociar a una barra con los botones (>>) y (<<).

##### 14.1.1.3 Datos de carga por barra

Las cargas por barra corresponden a la distribución de las demandas por las barras de la red eléctrica. La desagregación de las demandas entre las barras será realizada de acuerdo con sus factores de participación, calculados a partir de las cargas por barra como se indica a seguir. Este factor de participación será el mismo para todos los niveles de demanda (elásticos e inelásticos) asociados a la barra.

La adición, modificación y remoción de las cargas por barra son realizadas a partir de una [lista de elementos](#), conteniendo:

- barra – identificación de la barra a la cual la carga de la barra está asociada
- demanda – demanda a la cual la carga de la barra está asociada

- sistema – sistema al cual la carga de la barra pertenece
- data – fecha de catastro o modificación de la carga de la barra
- carga de referencia - valor de referencia de la carga de la barra en MW

En una determinada etapa  $t$ , para cada barra  $m$  y bloque de demanda  $k$ , el componente de la demanda por barra se define como a seguir (por simplicidad de notación los índices referentes a la etapa y al bloque de demanda serán suprimidos):

$$db(m) = \sum_{j \in \Gamma(m)} fd(m,j) \times d(j)$$

$$fd(m,j) = \frac{FR(m,j)}{\sum_{n \in B(j)} FR(n,j)}$$

donde:

$j$	índice de la demanda	
$\Gamma(m)$	conjunto de demandas a las cuales la barra $m$ esta asociada	
$fd(m,j)$	factor de participación de la barra $m$ en la demanda $j$	pu
$d(j)$	Demanda $j$	MWh
$FR(m,j)$	carga de referencia asociada a la demanda $j$ en la barra $m$	MWh
$B(j)$	conjunto de barras asociadas a la demanda $j$	

#### 14.1.1.4 Ejemplo de datos de carga por barra

Para una mejor comprensión, considere el siguiente sistema conteniendo dos demandas distintas, **Residencial** e **Industrial**, un bloque de demanda y dos etapas de igual duración (julio y agosto) de 744 horas.

Id. Dem:	Descripción	Nivel (Inelástico)	
		Etapla 1	Etapla 2
1	Demanda Residencial	300 MW = 223.2 GWh	300 MW = 223.2 GWh
2	Demanda Industrial	150 MW = 111.6 GWh	200 MW = 148.8 GWh

El sistema posee la siguiente configuración inicial de barras:

Id. Barra:	Dem. Residencial	Dem. Industrial
100	100 MW	50 MW
101	50 MW	100 MW
102	150 MW	-

En la segunda etapa, ocurre la entrada de nuevas fábricas en la barra 100, resultando en el aumento de la demanda Industrial del sistema en 50MW, que pasa a ser como indicado en la tabla abajo:

Id. Barra:	Dem. Residencial	Dem. Industrial
100	100 MW	100 MW
101	50 MW	100 MW
102	150 MW	-

Para la primera etapa:

La suma de las cargas de referencia asociadas a la **demanda Residencial** ( $j=1$ ) es dada por:

$$\sum_{n \in B(j)} FR(n, j) = 100 + 50 + 150 = 300 \text{ MW}$$

Consecuentemente, se tiene que los factores de participación asociados a la demanda Residencial resultan iguales a:

$$fd(100,1) = \frac{100}{300} = 1/3$$

$$fd(101,1) = \frac{50}{300} = 1/6$$

$$fd(102,1) = \frac{150}{300} = 1/2$$

La suma de las cargas de referencia asociadas a la **demanda Industrial** ( $j=2$ ) es dada por:

$$\sum_{n \in B(j)} FR(n, j) = 50 + 100 = 150 \text{ MW}$$

Consecuentemente, se tiene que los factores de participación asociados a la demanda Industrial resultan iguales a:

$$fd(100,2) = \frac{50}{150} = 1/3$$

$$fd(101,2) = \frac{100}{150} = 2/3$$

Para la segunda etapa:

No existe modificación en ninguna carga de barra asociada a la demanda Residencial, entonces los factores de participación se mantienen constantes. Para la demanda Industrial, por otro lado, se tiene que:

$$\sum_{n \in B(j)} FR(n, j) = 100 + 100 = 200 \text{ MW}$$

Pasando los factores de participación asociados a la demanda Industrial a ser iguales a:

$$fd(100,2) = \frac{100}{200} = 1/2$$

$$fd(101,2) = \frac{100}{200} = 1/2$$

## 14.1.2 Datos de circuitos

### 14.1.2.1 Configuración de los circuitos

La selección, adición y eliminación de los circuitos se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Los datos del circuito engloban:

- resistencia (%) y reactancia (%)

La base de potencia para el cálculo de la resistencia y la reactancia en % debe ser de 100 MVA.

- El ejemplo a continuación ilustra el cálculo de la reactancia en %.

La base de la reactancia es definida como:

$$\text{Base de reactancia [ohm]} = \frac{(\text{Base de voltaje fase\_fase [kV]})^2}{\text{Base de potencia [MVA]}}$$

Si la base de voltaje fase-fase = 230 kV y la línea de transmisión tiene 100 km y reactancia igual a 0.5 ohm/km, tenemos:

Base da reactancia =  $230^2 / 100 = 529$  ohm

Reactancia [ohm] =  $0.5$  [ohm/km] \*  $100$  [km] =  $50$  ohm

Reactancia [p.u.] =  $50$  [ohm] /  $529$  [ohm] =  $0.0945$  p.u.

Reactancia [%] =  $0.0945$  [p.u.] \*  $100$  [%] =  $9.45$  %

- límite de flujo - situación normal (MW)
- límite de flujo - situación de emergencia (MW)
- tipo de circuito (existente o futuro)
- condición operativa del circuito (ligado o desligado)
- seleccionado para monitoreo

La opción *Seleccionado para monitoreo* está asociada a la selección de *Circuitos Seleccionados* de la sección *Monitoreo de límite en circuitos* en la carpeta *Transmisión y gasoductos* de la pantalla *Opciones de Ejecución*. En este caso específico, los circuitos seleccionados formarán el subconjunto de circuitos cuyo límite será monitoreado.

- restricciones de seguridad

Si seleccionado, indica que el circuito será incluido en el conjunto de contingencias para el despacho con restricciones de seguridad. En este caso se informan cuales circuitos son verificados en la situación de contingencia (flujos menores que sus límites en emergencia).

El SDDP permite que hasta 5 circuitos sean monitoreados en caso de contingencia del circuito seleccionado. Por lo tanto, es posible incluir en el despacho restricciones de seguridad semejantes al criterio N(N-1), pero menos restricto.

- **considera fallas:** esta opción es muy específica y fue desarrollada para permitir el cálculo del precio de la regulación de la transmisión (VECF) de El Salvador. Si es seleccionada, el campo llamado Probabilidad de falla (%) será habilitado; el usuario informa la probabilidad de falla del circuito seleccionado. Si más de un circuito es seleccionado de esta manera, el modelo hará *dos* despacho por separado para cada etapa y escenario de hidrología en la simulación final: (i) un *caso base*, donde se supone que todos los circuitos están disponibles; y (ii) un *caso de contingencia*, donde la salida forzada de *un* circuito es aleatoriamente sorteada. La frecuencia de salida de cada circuito en el proceso de muestreo es proporcional a la razón entre su probabilidad de falla y la suma de probabilidad de falla de todos los circuitos.

#### 14.1.2.2 Expansión/Modificación de datos de circuitos

La modificación de los datos de circuitos es análoga a la [modificación de los datos de las plantas hidro](#). Los campos que se puede alterar son:

- Resistencia (%)
- Reactancia (%)
- Límite de flujo – Normal (MW)
- Probabilidad de falla (%)
- Estado operativo del circuito (Ligado o Desligado)

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

#### 14.1.2.3 Retirada de un Circuito

Para la retirada de un circuito es suficiente definirlo como “apagado” o como “futuro” y sin entrada en operación en el horizonte del estudio.

### 14.1.3 Datos de enlaces CC

#### 14.1.3.1 Configuración de enlaces CC

La selección, adición y eliminación de los enlaces CC se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Los circuitos existentes pueden ser caracterizados por los siguientes datos.

- número
- nombre
- barra ORIGEN
- barra DESTINO
- tipo de enlace CC (existente o futuro)
- límite de flujo - situación normal (MW) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- límite de flujo - situación de emergencia (MW) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- factor de pérdida (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- límite de flujo - situación normal (MW) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- límite de flujo - situación de emergencia (MW) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO

#### 14.1.3.2 Expansión/Modificación de datos de enlaces CC

La modificación de los datos de enlaces CC es análoga a la [modificación de los datos de las plantas hidro](#). Los campos que se puede alterar son: límites de flujos y factor de pérdidas.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

#### 14.1.4 Restricciones en la importación / exportación por áreas

La importación/exportación neta del área está dada por la diferencia entre generación y demanda:

$$-\bar{I}_t(a,k) \leq G(a,t,k) - D(a,t,k) \leq \bar{E}_t(a,k)$$

donde:

$G(a,t,k)$	generación total en el área $a$ , período $t$ y bloque de demanda $k$
$D(a,t,k)$	demanda total en el área $a$ , período $t$ y bloque de demanda $k$
$\bar{E}_t(a,k)$ y $\bar{I}_t(a,k)$	límites de exportación y importación en el área $a$ , período $t$ y bloque de demanda $k$

La generación total en el área es la suma de la generación en todas las barras pertenecientes a esta área. El área es un dato de barras, y debe ser informado en la pantalla de la configuración de las barras. Diferentes límites de exportación/importación se informan para cada bloque de demanda.

##### 14.1.4.1 Expansión/Modificación de datos de importación/exportación por áreas

La modificación de los datos de importación/exportación por áreas es análoga a la [modificación de los datos de las plantas hidro](#). El único campo que se puede modificar es el límite de exportación / importación para cada bloque de demanda.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

#### 14.1.5 Restricciones de Suma de Flujo en Circuitos

##### 14.1.5.1 Configuración de restricciones de suma de flujo en circuitos

La selección, adición y eliminación de una restricción de suma de flujo en circuitos se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Para cada restricción es necesario proporcionar sus límites operativos, inferiores y superiores, así como los circuitos que forman parte de la restricción.

El valor del “Factor de participación” es un factor multiplicativo que indica el sentido y factor con el cual el circuito entra en la restricción. Por ejemplo valores iguales a 1 indican que el circuito entra en su definición “de”-> “para”, mientras que un factor de participación igual a -1 invierte el sentido del flujo en el cálculo de la restricción.

#### 14.1.5.2 Expansión/Modificación de restricciones de suma de flujo en circuitos

Los datos de expansión de las restricciones de suma de flujo en circuitos permiten modificar los límites inferiores y/o superiores de las restricciones a lo largo del período del estudio. Ellas pueden ser realizadas por fecha, o por restricción.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

#### 14.1.6 Costos en Circuitos Internacionales

Los costos de estos circuitos deben ser especificados en los sentidos De->Para y Para->De y en \$/MWh, por año y bloque de demanda, en una [tabla de datos cronológicos](#), indicando la unidad monetaria asociada.

### 14.2 Modelo de intercambio

#### 14.2.1 Interconexiones

##### 14.2.1.1 Configuración

La selección, adición y eliminación de las interconexiones se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Las interconexiones de los sistemas se caracterizan por los siguientes parámetros.

- número
- nombre
- tipo (existente o futura)
- sistema ORIGEN
- sistema DESTINO
- límite técnico de flujo (MW) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- límite técnico de flujo (MW) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- costo de intercambio (\$/MWh) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- costo de intercambio (\$/MWh) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- unidad monetaria

##### 14.2.1.2 Expansión/Modificación de los datos de intercambio

Análogo a los datos de [Expansión/Modificación](#), los campos que se pueden modificar son:

- Capacidad de intercambio (en las dos direcciones)
- Factores de pérdidas

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 14.2.2 Restricciones de suma de intercambios

### 14.2.2.1 Configuración de restricciones de suma de intercambios

La selección, adición y eliminación de una restricción de suma de intercambios se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Para cada restricción es necesario proporcionar sus límites operativos, inferiores y superiores, así como los circuitos de intercambio que forman parte de la restricción.

### 14.2.2.2 Expansión/Modificación de restricciones de suma de intercambios

Los datos de expansión de las restricciones de suma de intercambios permiten modificar los límites inferiores y/o superiores de las restricciones a lo largo del período del estudio. Ellas pueden ser realizadas por fecha, o por restricción.

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

## 14.2.3 Costos variables de intercambio

Los costos de intercambio deben ser especificados en los sentidos De->Para y Para->De y en \$/MWh, por año y bloque de demanda, en una [tabla de datos cronológica](#).

## 15 INYECCIÓN DE POTENCIA

El usuario puede definir inyecciones de potencia genéricas en la pantalla “Datos básicos > Inyecciones de potencia > Configuración de inyecciones de potencia”. Los datos de entrada requeridos son la capacidad de inyección y el precio (opcional), que pueden definirse por bloque o en resolución horaria. Después de introducir los datos, el usuario debe seleccionar la resolución de los datos en la pantalla “Opciones de ejecución > Despacho económico > Resolución de los datos” tanto para: capacidad - “Inyecciones de potencia (Capacidad)” como también para el precio - “Inyecciones de potencia (Precio)”.

La capacidad y el precio de las inyecciones de potencia pueden ser positivos o negativos.

Si no se define ningún precio y la inyección es positiva, se puede ver ella como una planta térmica con un costo de operación igual a cero. Si la inyección es negativa, puede verse ella como una demanda elástica con un precio techo igual a cero (solo será suministrada cuando exista un excedente de energía en el sistema y satisfacer esta demanda reduce costos en la función objetivo del problema, por ejemplo, para evitar pagar una penalidad por vertimiento de energía renovable).

Si los precios están definidos y la inyección es positiva, puede verse como una planta térmica con un costo de operación igual al precio definido por el usuario. Si la inyección es negativa, puede verse como una demanda elástica con un precio máximo igual al precio definido por el usuario.

Adicionalmente, cabe mencionar que las inyecciones de potencia pueden contemplarse en corridas con o sin red eléctrica.

## 16 SISTEMA DE GAS

Para representar el sistema de gas es necesario informar la configuración de la red de gas, representada por sus nodos, gasoductos y demandas no termoeléctricas.

Los datos relativos a los elementos de la red de gas son descritos a seguir.

### 16.1 Datos de Nodos

#### 16.1.1 Configuración

La selección, adición y eliminación de los nodos de gas se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla. Al añadir un nuevo nodo, es necesario especificar el código y un nombre para el mismo, además del identificador del sistema de gas donde se encuentra localizado.

Para cada nodo se especifica su producción mínima y máxima local así como el costo de producción.

Las unidades del sistema de gas están en Millones de Unidades de Volumen (MUV), donde UV es la Unidad de Volumen definida para el combustible utilizado por todas las térmicas que hacen parte del sistema de gas. Es importante observar que todas estas térmicas deben obligatoriamente utilizar un mismo combustible o combustibles diferentes que tengan la misma unidad (definida en la pantalla de definición de combustibles).

En la misma pantalla son seleccionadas las plantas termoeléctricas, por sistema, que están asociadas al nodo de gas.

#### 16.1.2 Expansión/Modificación

Las modificaciones de los datos de nodos de gas son análogas a la [Expansión/Modificación](#).

Los campos que se pueden alterar son:

- producción mínima local
- producción máxima local
- costo de producción

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

### 16.2 Datos de Gasoductos

#### 16.2.1 Configuración

La selección, adición y eliminación de los gasoductos se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

Las interconexiones de los sistemas de gas se caracterizan por los siguientes parámetros.

- número

- nombre
- sistema ORIGEN
- sistema DESTINO
- capacidad del gasoducto (MUV/día) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- capacidad del gasoducto (MUV/día) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- costo de transporte (\$/m3)
- unidad monetaria

### 16.2.2 Expansión/Modificación

La gerencia de los datos de modificación es análoga a la [Expansión/Modificación](#) de plantas hidroeléctricas y los campos que pueden ser modificados son:

- capacidad del gasoducto en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- capacidad del gasoducto (MUV/día) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Rightarrow$  DESTINO
- factor de pérdidas (p.u.) en la dirección ORIGEN  $\Leftarrow$  DESTINO
- costo de transporte (\$/m3)

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla de Ejecución/Configuración del Sistema.

### 16.3 Demanda no termoeléctrica

Para cada dato de demanda no termoeléctrica se especifica su número, nombre, sistema de gas al cual pertenece y penalidad por demanda no atendida.

Los datos de demanda no termoeléctrica son datos por etapa y bloque de demanda.

### 16.4 Costos de Producción de Gas

Los costos de producción de gas en cada nodo se definen por etapa y bloque de demanda y deben ser informados en la [tabla de datos cronológicos](#) correspondiente.

## 17 FUENTES RENOVABLES

Este agente, denominado fuente renovable, permite representar plantas eólicas, pequeñas plantas hidroeléctricas, plantas de biomasa, etc.

Las fuentes de energía renovable no están sujetas a las decisiones de despacho. El problema de despacho es resuelto después de la sustracción de la generación de las fuentes renovables de la demanda, Este proceso es mejor detallado en el Manual de Metodología del SDDP.

Para representar una fuente renovable, es necesario informar la configuración de la fuente renovable, las modificaciones si necesarias y los escenarios de generación. Cada uno de estos datos se describe a continuación.

### 17.1 Configuración

La selección, adición y eliminación de las fuentes renovables se realizan a partir de la [lista de elementos](#), ubicada en la parte superior de la pantalla. Al añadir una nueva fuente renovable, es necesario especificar el código y un nombre para la misma.

Para cada fuente renovable se especifica el número de unidades, la potencia instalada, el factor de operación y su tipo (existente o futuro). El factor de operación representa una restricción en la generación de la potencia máxima instalada debido a restricciones en los elementos de soporte. La probabilidad y el sorteo de falla son datos reservados para una futura versión del modelo.

### 17.2 Expansión/Modificación

Las modificaciones de los datos de fuentes renovables se aplican a los siguientes campos de los datos de configuración:

- Número de unidades
- Potencia instalada
- Factor de operación
- Probabilidad de falla

El programa solamente utiliza estas informaciones si se selecciona la opción de “Configuración Dinámica” en la pantalla “Opciones de ejecución > Despacho económico > Horizonte & resolución.

### 17.3 Escenarios de generación de fuentes renovables

Los escenarios de generación son especificados para cada fuente renovable, como un factor (p.u.) de su potencia instalada, variando por etapa y por bloque de demanda, en una [tabla de datos cronológicos](#). Estos escenarios representan variaciones sazonales de la generación de energía de la fuente renovable, por ejemplo, variaciones de el régimen de viento en el caso de plantas eólicas. Además de tener la posibilidad de introducir los escenarios de generación de fuentes renovables directamente en el SDDP, el usuario también puede utilizar el Time

Series Lab (TSL) para generarlos. Para obtener más detalles sobre el TSL, consulte el capítulo [Time Series Lab \(TSL\)](#) de este manual.

Finalmente, es importante recordar que los escenarios utilizados por el SDDP (forward y backward) están compuestos por una combinación de escenarios hidrológicos y escenarios de generación de fuentes renovables.

## 17.4 Energía Solar Concentrada – Concentrated Solar Power (CSP)

La idea general es que el sol se refleja en espejos (paneles) que enfocan la luz del sol sobre un receptor en el cual se calienta un fluido. En la configuración más habitual de las plantas CSPs, los espejos parabólicos concentran el calor en el foco por donde pasa el fluido. Todas las configuraciones de CSP tienen como objetivo utilizar la luz solar para calentar este fluido, que cuando está caliente se almacena en tanques aislados térmicamente. Cuando se pone en marcha la planta, el fluido sale del tanque y genera vapor de agua, que impulsa una turbina para producir electricidad.

Para obtener más detalles sobre CSPs, consulte la metodología y los manuales de usuario de Time Series Lab (TSL).

### 17.4.1 Configuración

Para representar una planta CSP, es necesario informar sus datos de configuración, sus modificaciones (si existen) y sus escenarios de generación, de forma similar a las fuentes renovables. Cada uno de estos datos se describe a continuación.

### 17.4.2 Selección de la CSP

La selección, adición y eliminación de plantas CSPs se realizan en la pantalla “Datos básicos > Fuente renovable > Configuración de CSP” a partir de la [lista de elementos](#), ubicada en la parte superior de la pantalla. Al agregar una nueva planta, es necesario especificar un código y un nombre para la misma, junto con el identificador del sistema donde se encuentra. La adición de escenarios de generación se realiza de la misma forma que la de renovables, en la pantalla “Datos básicos > Fuente renovable > Escenarios de estación renovable”.

### 17.4.3 Datos operativos de plantas CSPs

- Código
- Nombre
- Sistema
- Tipo (existente ou futura)
- Estación renovable asociada
- Número de unidades

- Potencia instalada (MWe)
- Múltiplo solar: el Múltiplo Solar (SM) describe la relación entre la capacidad de los paneles solares y la capacidad de la turbina de vapor. Por lo tanto, una CSP sobredimensionada ( $SM > 1$ ) puede producir, en determinados momentos, más energía de la que puede manejar el motor. En estos casos, la CSP puede utilizar tanques de almacenamiento para evitar que haya vertimiento de la energía generada
- Eficiencia (MWe/MWt): eficiencia del proceso físico de conversión de calor en energía de la turbina de vapor
- Almacenamiento máximo (MWht)

#### **17.4.4 Expansión/Modificación**

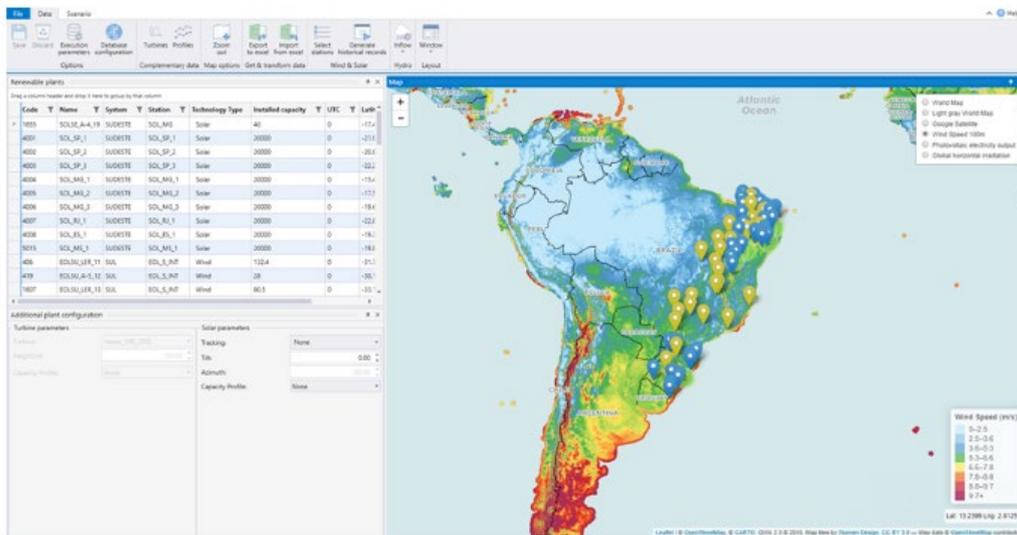
En la pantalla de expansión, se permite cambiar algunos de los datos originales que pueden variar con el tiempo.

Los campos que se pueden modificar son:

- Número de unidades
- Potencia instalada (MWe)
- Múltiplo solar (SM)
- Eficiencia (MWe/MWt)
- Almacenamiento máximo (MWht)

## 18 TIME SERIES LAB (TSL)

En el modelo SDDP, los escenarios de generación renovable se pueden expresar en dos resoluciones: (i) por bloques; o (ii) por hora, definido como un perfil anual o perfil detallado para todo el horizonte de estudio. La creciente penetración mundial de fuentes de energía renovable variable (VRE) requiere un continuo aumento en la calidad de los escenarios de entrada para los estudios de planificación de operaciones. Por eso, PSR desarrolla una herramienta llamada **Time Series Lab (TSL)**, que permite generar estos escenarios. TSL está completamente integrada con el SDDP y se ofrece de forma gratuita para todos los usuarios con licencia activada del modelo.



TSL tiene dos módulos principales: (i) TSL-Data y (ii) TSL-Scenarios:

- **TSL-Data** crea un registro histórico sintético de generación renovable por hora, procesando la información disponible en la base de datos de reanálisis global MERRA-2. La idea detrás de **TSL-Data** es descargar datos históricos de reanálisis de viento e irradiación solar (disponible desde 1980) y transformar estos recursos naturales en producción de energía en función de (i) las características del modelo de turbina eólica y altura del cubo, y (ii) paneles solares (con diferentes sistemas de rastreo). Al crear un registro histórico horario sintético, esta metodología permite la evaluación de nuevos sitios para candidatos renovables ubicados en cualquier parte del mundo, además de la mejora en la representación de las plantas renovables existentes;
- **TSL-Scenarios** es un modelo estadístico que utiliza datos históricos para estimar parámetros y generar escenarios futuros para el modelo SDDP. En el caso de VRE, estos escenarios pueden ser (i) los datos de entrada reales (basados en mediciones de generación) o (ii) el registro histórico sintético creado por **TSL-Data**, siempre generado manteniendo las correlaciones espaciales y temporales entre todas las estaciones renovables. Además, es posible elegir si contemplar (o no) los efectos de las correlaciones espaciales y temporales con las entradas de energía hidráulica que luego utilizará el SDDP.

Para obtener más detalles sobre TSL, visite <https://www.psr-inc.com/software-es/?current=p13883>.

## 19 BATERÍAS

### 19.1 Configuración

#### 19.1.1 Selección de batería

La selección, adición y eliminación de las baterías se realizan a partir de la [lista de elementos](#), localizada en la parte superior de la pantalla.

#### 19.1.2 Datos operativos de las baterías

- 1) Almacenamiento mínimo (MWh)
- 2) Almacenamiento máximo (MWh)
- 3) Almacenamiento inicial (p.u.)

Condición inicial del almacenamiento de la batería en cada etapa. Este valor debe establecerse de acuerdo con el almacenamiento útil.

- 4) Potencia máxima (MW)
- 5) Tiempo máximo de regulación (h)
- 6) Eficiencia de carga (p.u.)
- 7) Eficiencia de descarga (p.u.)
- 8) Rampa de carga (MW / min)
- 9) Rampa de descarga (MW / min)

### 19.2 Expansión/Modificación

En la pantalla de expansión, se permite cambiar algunos de los datos originales que pueden variar con el tiempo (consulte la sección de [Expansión/Modificación](#) de plantas hidroeléctricas).

Los campos que se pueden modificar son:

- Almacenamiento máximo (MWh)
- Potencia máxima (MW)
- Eficiencia de carga (p.u.)
- Eficiencia de descarga (p.u.)

## 20 HIDRÓGENO Y ELECTRIFICACIÓN

En todo el mundo se está impulsando una transformación global de los modelos de producción y consumo de energía para conseguir que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sean nulas en las próximas décadas. Para ello es necesario replantear sectores clave que dependen de la energía, como la industria, el transporte, la construcción y la calefacción. La electricidad desempeñará un papel crucial en esta transformación al proporcionar energía limpia y sostenible, aprovechando los costos decrecientes de los recursos de generación renovable.

El hidrógeno atrajo la atención porque puede producirse a partir de electricidad limpia mediante electrólisis (división del agua en hidrógeno y oxígeno). El hidrógeno se utiliza luego en pilas de combustible para el transporte y como fuente de energía en procesos industriales.

El SDDP puede modelar explícitamente la cadena de suministro de hidrógeno y su integración en el sistema eléctrico: las fábricas de producción de hidrógeno que consumen electricidad de la red eléctrica, los nodos de distribución de hidrógeno, el transporte, el almacenamiento y la demanda de hidrógeno que responde al precio pueden combinarse para diseñar y simular en detalle un sistema de hidrógeno.

Además de la cadena de hidrógeno, el SDDP permite crear procesos de electrificación. Las siguientes secciones describen cada elemento de la configuración de hidrógeno/electrificación.

### 20.1 Configuración de procesos y de unidades

Para la electrificación, el usuario debe definir el proceso. El proceso es un elemento genérico en el SDDP que incluye nodo, productor, transporte, almacenamiento y demanda. Para el hidrógeno, el usuario solo necesita ingresar la unidad y el costo del déficit. En este caso, en las pantallas “Datos básicos > Hidrógeno > Configuración de la unidad” y “Datos básicos > Electrificación > Configuración de proceso”, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

- Código (solo para electrificación)
- Nombre (solo para electrificación)
- Unidad
- Costo de déficit (\$/Unidad)

### 20.2 Configuración de nodo

Representa la conexión entre productor, transporte, almacenamiento y demanda. Es importante resaltar que cada nodo está asociado a un solo proceso. En esta pantalla, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

- Código
- Nombre

- Sistema
- Proceso asociado

## 20.3 Transporte

### 20.3.1 Configuración de transporte

Representa el transporte de un nodo a otro, en unidades/día. La selección, adición y eliminación del transporte de hidrógeno/electrificación se realiza a partir de la [lista de elementos](#) situada en la parte superior de la pantalla.

En esta pantalla, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

- Código
- Nombre
- Proceso asociado
- Nodo origen (DE)
- Nodo destino (PARA)
- Tipo: existente o futuro
- Capacidad DE  $\Rightarrow$  PARA (Unidad/día)
- Capacidad PARA  $\Rightarrow$  DE (Unidad/día)
- Costo DE  $\Rightarrow$  PARA (\$/Unidad)
- Costo PARA  $\Rightarrow$  DE (\$/Unidad)
- Factor de pérdidas DE  $\Rightarrow$  PARA (p.u.)
- Factor de pérdidas PARA  $\Rightarrow$  DE (p.u.)

Como puede verse, un elemento de transporte de un proceso de electrificación/hidrógeno se modela de manera análoga a una interconexión entre sistemas en el modelo SDDP.

### 20.3.2 Expansión/Modificación

Las modificaciones de este elemento se manejan de la misma forma que otras modificaciones (ver sección [Expansión/Modificación](#)). Los campos que se pueden modificar son:

- Capacidad DE  $\Rightarrow$  PARA (Unidad/día)
- Capacidad PARA  $\Rightarrow$  DE (Unidad/día)
- Costo DE  $\Rightarrow$  PARA (\$/Unidad)
- Costo PARA  $\Rightarrow$  DE (\$/Unidad)
- Factor de pérdidas DE  $\Rightarrow$  PARA (p.u.)
- Factor de pérdidas PARA  $\Rightarrow$  DE (p.u.)

## 20.4 Productor

### 20.4.1 Configuración de productor

Representa la producción de algún producto (por ejemplo, hidrógeno u otro producto de un proceso de electrificación definido). Si el caso SDDP tiene la representación de la red eléctrica, el productor debe estar conectado a una barra (pues consume electricidad de la red eléctrica) y a un nodo del proceso de hidrógeno/electrificación.

En esta pantalla, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

- Código
- Nombre
- Sistema
- Proceso asociado A
- Nodo asociado
- Consumo específico (MWh/Unidad)
- Producción máxima (Unidades/día)
- Costo de O&M (\$/Unidad)
- La barra asociada debe estar definida en la pantalla “Datos básicos > Red eléctrica > Configuración de barra”

### 20.4.2 Expansion/Modification

Las modificaciones de este elemento se manejan de la misma forma que otras modificaciones (ver sección [Expansión/Modificación](#)). Los campos que se pueden modificar son:

- Consumo específico (MWh/Unidad)
- Producción máxima (Unidades/día)
- Costo de O&M (\$/Unidad)

## 20.5 Almacenamiento

### 20.5.1 Configuración de almacenamiento

Representa una instalación de almacenamiento conectada a un nodo determinado y funciona como un “almacenamiento de respuesta rápida” (matemáticamente se modela de manera análoga a una batería en el modelo SDDP). La selección, adición y eliminación del almacenamiento de hidrógeno/electrificación se realiza a partir de la [lista de elementos](#) situada en la parte superior de la pantalla.

En esta pantalla, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

- Nombre
- Número
- Sistema
- Proceso asociado
- Nodo asociado
- Almacenamiento mínimo (Unidad)
- Almacenamiento máximo (Unidad)
- Almacenamiento inicial (p.u.): condición inicial del almacenamiento en cada etapa. Este valor debe establecerse de acuerdo con el almacenamiento útil
- Tasa máxima de carga (Unidad/h)
- Tasa máxima de descarga (Unidad/h)
- Eficiencia de carga (p.u.)
- Eficiencia de descarga (p.u.)
- Tiempo máximo de regulación (h)
- Rampa de carga (Unidad/min)
- Rampa de descarga (Unidad/min)

### 20.5.2 Expansión/Modificación

Las modificaciones de este elemento se manejan de la misma forma que otras modificaciones (ver sección [Expansión/Modificación](#)). Los campos que se pueden modificar son:

- Almacenamiento mínimo (Unidad)
- Almacenamiento máximo (Unidad)
- Tasa máxima de carga (Unidad/h)
- Tasa máxima de descarga (Unidad/h)
- Eficiencia de carga (p.u.)
- Eficiencia de descarga (p.u.)

### 20.6 Demanda

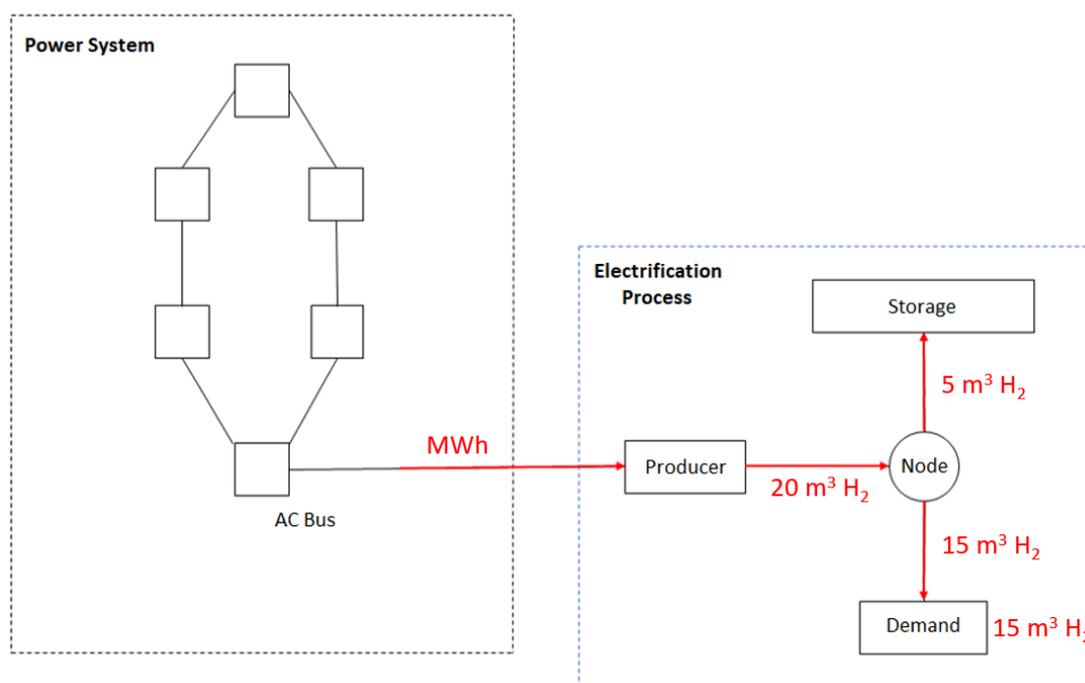
Representa la demanda de un nodo dado y puede ser elástica o inelástica; si es inelástica, tendrá un costo de déficit asociado previamente definido en la pantalla “Datos básicos > Hidrógeno/Electrificación > Configuración de proceso”. La selección, adición y eliminación de la demanda de hidrógeno/electrificación se realiza a partir de la [lista de elementos](#) situada en la parte superior de la pantalla.

En esta pantalla, los usuarios podrán definir los siguientes datos:

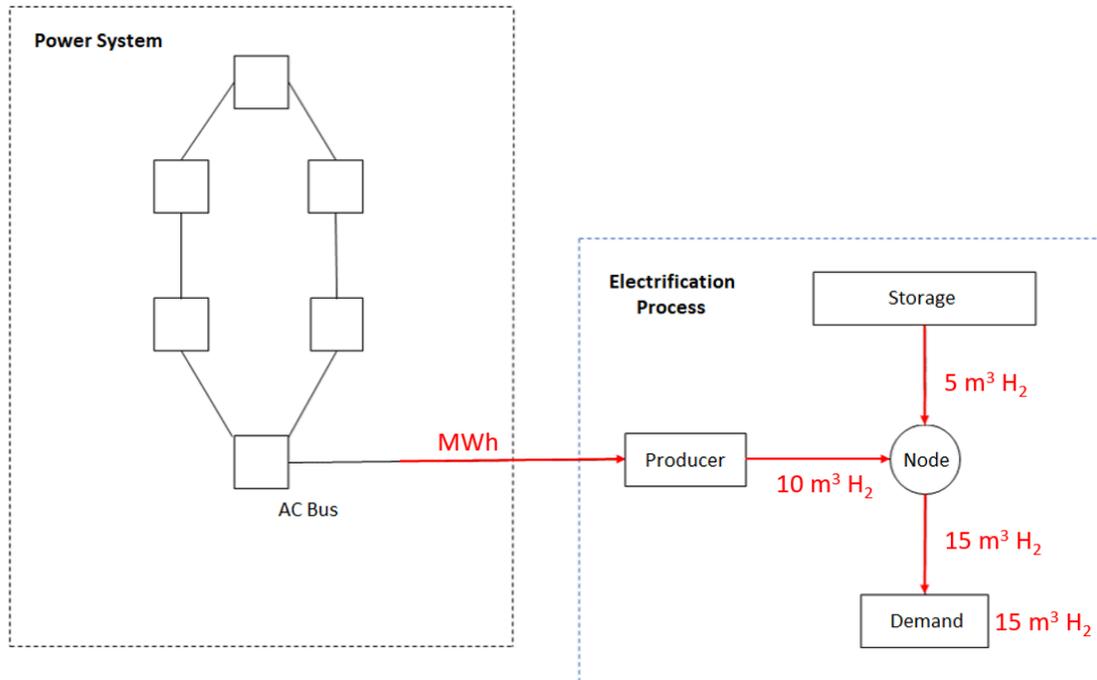
- Nombre
- Número
- Sistema
- Proceso asociado
- Nodo asociado
- Niveles (o segmentos)
- Demanda por bloque (Unidad)
- Precio por bloque (\$/Unidad) caso la demanda (o un dado nivel) sea elástica

## 20.7 Ejemplos de aplicación

El diagrama esquemático de un proceso de hidrógeno/electrificación se ilustra en las figuras que se presentan a continuación. Para el modelado del SDDP, matemáticamente hablando, tanto el hidrógeno como los procesos de electrificación se modelan de la misma manera. Entonces, con base en los datos de entrada (datos básicos antes mencionados), se espera que el sistema se comporte de la siguiente manera: la energía fluirá desde el sistema de potencia hasta el productor del proceso de hidrógeno/electrificación, que tendrá un consumo específico para la producción (además de una producción máxima en unidades/día); si la energía en el sistema eléctrico en un momento dado es barata, habrá una mayor producción por lo que habrá un excedente para almacenar (Caso 1):



Si la energía en otro momento dado es cara, parte del almacenamiento se utilizará para abaratar el costo, si hay algún producto almacenado (Caso 2):



Finalmente, si no hay almacenamiento y la energía es más cara que el costo de déficit del proceso de hidrógeno/electrificación, se verá un déficit; observe que el costo de déficit definido por el usuario del proceso de hidrógeno/electrificación tiene un papel importante aquí.

## 21 OPCIONES DE EJECUCIÓN

Las opciones de ejecución se componen de los siguientes módulos:

- opciones del estudio
- configuración del sistema
- parámetros económicos
- sistemas e modo operativo
- salidas en planillas
- estrategia de solución
- sensibilidad
- curva de aversión al riesgo
- datos cronológicos

### 21.1 Opciones del estudio

#### 21.1.1 Título del estudio

El objetivo de este campo es permitir que se identifique el estudio a través de un título descriptivo.

La opción SDDP Screen, cuando seleccionada, reproduce, en una nueva pantalla, el proceso iterativo, indicando el número de la iteración forward/backward correspondiente, el número de la etapa, el número de la serie y el número de la abertura backward.

#### 21.1.2 Actividades

<b>Política operativa</b>	Determina la política operativa óptima de un sistema hidrotérmico usando el algoritmo de programación dinámica estocástica dual - SDDP.
<b>Simulación</b>	Simula la operación del sistema a lo largo del período de planificación para varias secuencias hidrológicas. Nota: esta actividad requiere la existencia de las funciones de costo futuro, producidas en la opción Política Operativa.
<b>Simulación con FCF reducida</b>	Esta opción de ejecución le permite al usuario realizar una simulación final seleccionando la FCF hasta una determinada iteración (indicada en el campo <i>No. de Iteraciones</i> de la sección <i>Parámetros</i> ) de una política operativa existente.

#### 21.1.3 Caudales

<b>Modelo auto-regresivo</b>	Utiliza un modelo estocástico AR(p) para generar las secuencias de caudales usados por la simulación forward del SDDP y los escenarios de caudales condicionados usados en la fase Backward.
<b>Año Hidrológico Inicial</b>	Indica el año del histórico Y que será utilizado como condición hidrológica inicial. Si fueron seleccionados caudales históricos, entonces el escenario de caudales #1 empieza en esta semana (o mes) del inicio del estudio y

	<p>continuará hasta la última etapa del estudio. El escenario#2 empieza en el año <math>Y+1</math>, y así sucesivamente.</p> <p>Ejemplo 1</p> <p>Estudio: de Enero 2000 a Diciembre 2001 (2 años en etapas mensuales)</p> <p>Caudales: históricos, año inicial de hidrología: 1950</p> <p>Número de escenarios forward: 30 (estocástico)</p> <p>Sea <math>Q_t</math> el caudal afluente en la etapa <math>t</math>. Las secuencias de caudales (escenarios) usados por el SDDP en la simulación son:</p> <p>Escenario #01 : <math>Q_{ene1950}, Q_{feb1950}, \dots, Q_{dic1951}</math></p> <p>Escenario #02 : <math>Q_{ene1951}, Q_{feb1951}, \dots, Q_{dic1952}</math></p> <p>Escenario #30 : <math>Q_{ene1979}, Q_{feb1979}, \dots, Q_{dic1980}</math></p> <p><i>Nota: si el año inicial de hidrología + número de escenarios forward &gt; último año de datos del registro histórico de caudales, el SDDP "vuelve" al primer año de datos de caudales completos para completar las demás secuencias.</i></p> <p>Ejemplo 2</p> <p>Igual al caso anterior, excepto para los caudales. Suponga que ahora sean producidos por un modelo <math>PAR(p)</math>. En este caso, el SDDP usará el año inicial de hidrología como "semilla" para el modelo <math>PAR(p)</math>. Este modelo pronostica caudales para el mes <math>t</math> condicionados a los caudales anteriores <math>t-1, t-2, \dots, t-p</math>, donde <math>p</math> es la "memoria" del modelo. Si <math>p=2</math> en Enero, SDDP producirá 30 escenarios para Enero 2000, dadas las condiciones iniciales (semilla) de Nov. y Dic. de 1949. Por esta razón, el primer año del registro histórico de caudales no se puede utilizar como año inicial de hidrología para la selección del modelo <math>PAR(p)</math>. Además, si se está utilizando el SDDP para producir el despacho para la semana actual, se sugiere que el año inicial de hidrología refleje una hidrología similar a la actual (al inicio del estudio).</p>
<b>Histórico</b>	Utiliza secuencias de caudales históricos en la fase forward del algoritmo y un modelo estocástico $AR(p)$ para generar los escenarios de caudales condicionados usados en la fase Backward
<b>Externo</b>	<p>Es posible utilizar un modelo de caudales externos para producir escenarios de caudales que pueden utilizarse por el SDDP.</p> <p>Forward: lee escenarios "forward" producidos por el modelo externo</p> <p>Forward/Backward: lee escenarios "forward" y backward producidos por el modelo externo</p>
<b>Filtrar outliers de las series generadas</b>	El SDDP realiza un conjunto de testes estadísticos para la identificación y retirada de "outliers" (valores atípicos) en los caudales sintéticos generados.

### 21.1.4 Tipo de Estudio

<b>Determinístico</b>	Indica que el número de caudales afluentes futuros es una incógnita. En este caso, el número de secuencias de caudales y escenarios condicionados de caudales es 1.
<b>Estocástico</b>	Indica que los caudales futuros son desconocidos; en este caso, el usuario tiene que informar el número de secuencias de caudales en la fase de la simulación forward y el número de escenarios de caudales condicionados usados en la fase Backward del algoritmo SDDP.

### 21.1.5 Series Forward para simulación

Las opciones son:

<b>Todas</b>	La operación del sistema es simulada para todas las secuencias.
<b>Seleccionadas</b>	Permite que el usuario seleccione un subconjunto de las secuencias hidrológicas para estudios de simulación.

### 21.1.6 Nivel del informe:

<b>Normal</b>	El programa produce los índices de desempeño del sistema (costos operativos, riesgos, etc.) para cada etapa y para cada año del período de planificación.
<b>Detallado</b>	Representa también el balance hídrico de los embalses, flujo de potencia y operación térmica para cada secuencia hidrológica. <b>Atención:</b> esta opción se debe utilizar solamente con el objetivo de depuración pues el tiempo de ejecución del modelo puede ser bastante afectado.

### 21.1.7 Parámetros

<b>No. de Series Forward</b>	Número de secuencias hidrológicas usadas en la fase forward del algoritmo SDDP o en la actividad de la simulación.
<b>No. de Series Backward</b>	Número de escenarios de caudales condicionados usados en la fase Backward del algoritmo SDDP, o en la simulación.
<b>Tolerancia/ # desviaciones estándar</b>	Criterio de convergencia para el algoritmo del SDDP. Si el estudio fuese determinístico, representa la diferencia porcentual (%) entre los límites superior e inferior. Si el estudio fuese estocástico, representa el número de desviaciones estándar en el intervalo de confianza.
<b>No. de Iteraciones</b>	Límite de las fases simulación forward y backward en el algoritmo de la programación dinámica estocástica dual (SDDP).

## 21.2 Configuración del sistema

Las etapas pueden ser semanales o mensuales.

## 21.2.1 Parámetros

<b>Etapa Inicial</b>	Mes (o semana) inicial del estudio de planificación.
<b>Año Inicial</b>	Año final del estudio de planificación.
<b>Etapa Final</b>	Mes (o semana) final del estudio de planificación.
<b>Año Final</b>	Año inicial del estudio de planificación.
<b>No. de Etapas</b>	Número de meses (o semanas) del estudio de planificación. Este valor es automáticamente calculado por el usuario.
<b>No. de Bloques de Demanda</b>	Número de niveles de demanda representados en cada etapa.
<b>Agrupar en la política operativa</b>	El programa, por default, agrupa los bloques de demanda en la política operativa, siendo representados en detalle solamente en la simulación final. El usuario puede solicitar la representación detallada de los bloques de demanda en la fase de la política operativa. Observe que la representación detallada de los bloques de demanda en la fase de cálculo de la política operativa implica en un aumento considerable en los tiempos de procesamiento y que los resultados pueden no ser influenciados substancialmente por este nivel de detalle.
<b>No. de Años Adicionales</b>	Este dato es utilizado en el cálculo de la política operativa para representar las condiciones finales de los embalses. Por ejemplo, un estudio de dos años (104 etapas semanales) con dos años adicionales se representa como un estudio con cuatro etapas (208 etapas semanales). La demanda en cada etapa de los años 3 y 4 es igual a la demanda de la misma etapa en el último año del estudio "oficial" - en este caso, el segundo año.
<b>Repetir datos cronológicos del último año. En caso de mantenimiento, usar IH</b>	El SDDP repetirá los datos cronológicos del último año del estudio para los años adicionales. Para los mantenimientos, el modelo usará el factor de indisponibilidad histórica IH para los años adicionales.
<b>Usar datos cronológicos de los años adicionales para todas las restricciones cronológicas</b>	El SDDP considerará los datos cronológicos definidos explícitamente por el usuario para los años adicionales. El usuario es obligado de definir todos los datos cronológicos para los años adicionales.
<b>Incluir años adicionales en la simulación final</b>	El programa SDDP asume por opción default no incluir los años adicionales en la simulación final. El usuario puede extender la simulación final por los años adicionales a través de este dato.

### 21.2.2 Etapa

<b>Semanal</b>	Las etapas del estudio tienen intervalos semanales.
<b>Mensual</b>	Las etapas del estudio tienen intervalos mensuales.

### 21.2.3 Configuración

<b>Estática</b>	No hay modificaciones de datos a lo largo del período de planificación.
<b>Dinámica</b>	Modificaciones en los datos a lo largo del período de planificación.

### 21.2.4 Mantenimiento

<b>Promedio</b>	Usa IH(%), del archivo de configuración hidroeléctrica/térmica.
<b>Cronograma</b>	Usa el cronograma de mantenimiento.

### 21.2.5 Incertidumbre en la demanda

<b>Demanda fija</b>	No considera incertidumbre en la demanda.
<b>Demanda variable con distribución normal en la simulación final</b>	Considera solamente en la simulación final la incertidumbre en la demanda, con sorteo a partir de una distribución normal con promedio y coeficiente de variación (razón entre el desvío estándar y el promedio) definidos por el usuario. El sorteo de la demanda es independiente a lo largo del tiempo. Durante la política operativa el modelo no considerará incertidumbre en la demanda.
<b>Demanda variable con distribución normal en la política y en la simulación final</b>	Considera en la simulación final y en la política operativa la incertidumbre en la demanda, con sorteo a partir de una distribución normal con promedio y coeficiente de variación (razón entre el desvío estándar y el promedio) definidos por el usuario. El sorteo de la demanda es independiente a lo largo del tiempo.

## 21.3 Transmisión y Gasoductos

### 21.3.1 Red de Transmisión

En esta pantalla se debe especificar cuál es el tipo del modelo de red de transmisión.

<b>Sin red o sólo con Interconexiones</b>	Representa los límites de intercambio entre subsistemas en el caso de un estudio con más de un sistema o sin restricción de transmisión en el caso de un estudio de un sistema aislado.
<b>Flujo DC sin pérdidas</b>	Representa la red de transmisión en detalle (modelo lineal de flujo) sin pérdidas de transmisión.

Si el usuario selecciona la segunda opción, es decir Flujo DC, las siguientes opciones de ejecución estarán disponibles.

<b>Corte de Carga en las Barras</b>	Permite elegir las barras que son candidatas a corte de carga. Cabe observar que adicionar una variable de corte de carga por barra de demanda para cada bloque puede implicar en un aumento significativo en el tamaño del problema; por otro lado, adicionar variables de corte de carga solamente en el subconjunto de barras seleccionadas en la pantalla de configuración de barras, puede causar infactibilidades en el problema.
<b>Monitoreo de límite de flujo</b>	Permite escoger los circuitos del sistema que tendrán sus límites monitoreados. Al optar por la segunda opción, el modelo irá monitorear los límites de los circuitos seleccionados en la pantalla de configuración de circuitos.
<b>Opciones de representación de las pérdidas</b>	<p>Las pérdidas son representadas de manera explícita en la simulación final. Sin embargo, el SDDP permite una representación aproximada de las pérdidas en la política, que consiste en iniciar la política sin pérdidas, calcular las pérdidas asociadas a los flujos en los circuitos en la tercera iteración de la política y continuar con el cálculo de la política operativa, con estas pérdidas sumadas a la demanda.</p> <p>Existen dos parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteración para cálculo de la aproximación de las pérdidas fijas en la política (valor recomendado: 3)</li> <li>• Número máximo de micro-iteraciones de pérdidas en la simulación final (valor recomendado: 6)</li> </ul>

#### 21.3.1.1 Detalles del modelo de pérdidas en la simulación final.

En el SDDP, el modelo utilizado para representar la red de transmisión está basada en una formulación compacta (ver manual de metodología), donde los flujos no son representados explícitamente en el problema, y se utiliza un esquema de relajación para incluir los circuitos violados mediante restricciones que utilizan las líneas de la matriz  $\beta$  que representa la sensibilidad de los flujos con relación a variaciones en la inyección de potencia (generación o demanda). Para la representación de las pérdidas, este modelo no es adecuado y fue adoptada una formulación donde las pérdidas pueden ser representadas explícitamente:

$$\text{Min } c'g \quad (4)$$

sujeito a:

$$B\theta + g - 1/2|S|p = d$$

$$-\bar{f} \leq \gamma S' \theta \leq \bar{f}$$

$$p_j \geq \hat{p}_j^k + 2r_j \hat{f}_j^k (\gamma_j \Delta \theta_j - \hat{f}_j^k) \quad \forall j = 1, \dots, M; \forall k = 1, \dots, K$$

Donde  $B = S\gamma S'$ . Este modelo tiene más variables que el modelo compacto, pues representa explícitamente los ángulos nodales y las pérdidas por circuito como variables del problema. Por otro lado, las restricciones tienen una estructura esparza.

### 21.3.1.2 Estrategias de solución

Para la solución de este problema, fue adoptada una estrategia de relajación, descrita a seguir.

Inicialmente el problema se resuelve sin considerar las restricciones de límite de flujo ni las aproximaciones lineales de pérdidas. Después de resuelto el problema, los flujos son calculados como  $f = \gamma S' \theta$  y se verifica si hay circuitos cuyo flujo es mayor que la capacidad. En este caso, estas restricciones son adicionadas al problema y él es resuelto nuevamente, y esta verificación es repetida hasta que todos los circuitos se encuentren operando dentro de su capacidad.

A seguir, se calculan las pérdidas en los circuitos en el punto de operación obtenido en la solución del problema anterior. En la primera iteración de pérdidas, son adicionadas aproximaciones lineales de pérdidas en todos los circuitos cuya pérdida cuadrática sea mayor que una determinada tolerancia (criterio 1 =  $10^{-2}$  MW). Con estas restricciones adicionadas el problema es resuelto nuevamente, siendo que ahora existe una variable de pérdidas por circuito que debe atender la restricción dada por la aproximación lineal de las pérdidas. A partir de la segunda iteración, se verifica cuáles son los circuitos que atienden cada uno de los siguientes criterios: la pérdida cuadrática es mayor que una dada tolerancia (criterio 1 =  $10^{-2}$  MW), la diferencia absoluta entre la pérdida cuadrática y la pérdida lineal es mayor que una dada tolerancia (criterio 2 =  $10^{-1}$  MW), la diferencia porcentual entre la pérdida cuadrática y la pérdida lineal es mayor que una dada tolerancia (criterio 3 = 2.5%). Para estos circuitos dos aproximaciones lineales son adicionadas: una en el punto dado por el flujo  $f_j$  y otra en el punto  $-f_j$ .

El número máximo de iteraciones para adición de las aproximaciones lineales sugerido es 6, mas puede ser alterado por el usuario. La idea de adicionar dos aproximaciones lineales a partir de la segunda iteración se debe a que se observó que en algunos pocos casos el flujo se invierte, dado que en la formulación relajada, la pérdida es vista como cero en el otro sentido del flujo. Se observa que el número de aproximaciones lineales adicionadas a partir de la segunda iteración es bastante reducido en comparación al número total de circuitos y también que en los bloques de demanda alta una única aproximación lineal es suficiente, dado que el despacho no tiene muchos grados de libertad.

Fue adicionada una estrategia para los casos donde, debido al costo marginal negativo, las pérdidas en algunos circuitos eran aumentadas artificialmente, “dislocándose” de las aproximaciones lineales. Cuando un caso de estos es detectado, una penalidad de \$1/MWh es definida para las pérdidas. Esta penalidad puede ser aumentada, iterativamente, hasta que las pérdidas no sean utilizadas para aumentar artificialmente la demanda. Después de obtenida la solución, las pérdidas son fijadas en los valores obtenidos, las penalidades son retiradas y

es realizado un *restart* primal, a partir de la base primal factible, para el cálculo correcto de los costos marginales.

Adicionalmente, fue implementado un esquema para el tratamiento de los embalses con vertimiento no controlable, cuando modelado con penalidades. Estas penalidades son consideradas en el problema en las primeras micro-iteraciones (sin pérdidas, adición de cortes de la FCF, adición de restricciones de límite de flujo en los circuitos violados). Antes de iniciar la primera micro-iteración de pérdidas (adición de aproximaciones lineales), las penalidades son retiradas y las variables de volumen final y vertimiento son fijadas con el siguiente criterio: si el embalse está vertiendo, el volumen es fijado en el volumen máximo; si el embalse no está vertiendo, el vertimiento es fijado en cero.

Finalmente, una estrategia similar es utilizada para todas las restricciones modeladas con variables enteras, es decir, estas son consideradas en el modelo en las primeras micro-iteraciones y fijadas en la primera micro-iteración de pérdidas.

### 21.3.2 Red de gas

Esta opción permite las siguientes tres posibilidades:

- No representar la red de gas sin la necesidad de retirar los datos existentes en el directorio de estudio
- Representar la red de gas donde los costos para las plantas térmicas conectadas a la red de gas corresponden a los costos de las térmicas
- Representar la red de gas donde los costos para las plantas térmicas conectadas a la red de gas corresponden a los costos de producción de los nodos de gas

## 21.4 Parámetros económicos

### 21.4.1 Unidad monetaria

Unidad monetaria en la cual son especificadas la penalidad por violación de defluencia mínima, la penalidad de vertimiento y los costos de energía no suministrada.

### 21.4.2 Tasa de descuento

Lleva los valores de costos de etapas distintas para el mismo horizonte financiero. La unidad de la tasa de descuento es p.u.

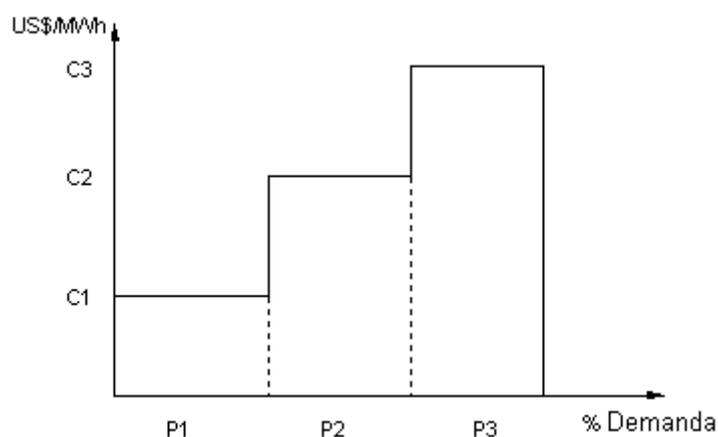
### 21.4.3 Factores de penalización

Existen tres tipos de factores de penalización:

- Violación de caudal efluente mínimo (k\$/hm<sup>3</sup>)
- Vertimiento (k\$/hm<sup>3</sup>) - esta penalización generalmente es un valor pequeño; su objetivo es el de evitar vertimientos dispensables cuando el costo futuro fuese cero, es decir, en situaciones de caudales / almacenamientos altos. La penalización se aplica a todas las plantas. Sin embargo, el SDDP de la prioridad al valor especificado en el campo costo de vertimiento.

#### 21.4.4 Costo de la energía no suministrada

Se representada por una función lineal por partes, como muestra la figura siguiente:



Nota:  $P1 + P2 + P3 = 100\%$

Los segmentos son representados en % de la demanda de cada sistema. Los costos incrementales de cada segmento están expresados en US\$/MWh. Los costos incrementales deben ser no decrecientes.

#### 21.5 Sistemas y modos operativos

Define la política de intercambio de potencia entre subsistemas. Hay tres posibilidades:

<b>Autónomo</b>	La actividad se aplica a un único sistema.
<b>Coordinado</b>	La política operativa se calcula de manera aislada para cada sistema. En la simulación son considerados los intercambios económicos con los sistemas vecinos.
<b>Integrado</b>	La operación de los sistemas es optimizada conjuntamente.

#### 21.6 Salidas en planillas

Define los archivos de salida en la fase de simulación final. Seleccione las planillas de interés chequeando la primera columna de la tabla en la interfaz gráfica.

#### 21.7 Estrategias de solución

##### 21.7.1 Funciones de costo futuro (FCFs) y opciones de partida en caliente

Trata de la iniciación del algoritmo del SDDP utilizando informaciones generadas externamente tales como funciones de costo futuro - FCFs y estados iniciales. Las opciones son:

- leer y crear un FCF terminal

- partida en caliente

### 21.7.2 Leer y escribir una FCF terminal

La FCF es responsable por el enlace entre las consecuencias inmediatas de una decisión operativa (i.e. reducción de los costos operativos térmicos de la etapa actual por el aumento de la generación hidroeléctrica) y sus consecuencias futuras (aumento de los costos operativos térmicos futuros debido a la reducción del volumen almacenado al final de la etapa).

En especial, la FCF terminal proporciona un enlace de los estudios de diferentes horizontes y niveles de detalle. Por ejemplo, suponga que la política operativa haya sido calculada para un período de tres años, en etapas mensuales. Suponga ahora que se desea analizar el primer año en más detalle, usando etapas semanales. Se puede utilizar la FCF asociada a la etapa 12 del estudio de más largo plazo como la FCF Terminal del estudio de menor plazo (asociada a la semana 52).

En este caso, el estudio de mayor plazo sería ejecutado primero, y activaría la opción de escribir un archivo con la FCF asociada a la etapa #12 - final del primer año.

Posteriormente se ejecutaría el estudio de menor plazo, con la opción de leer este archivo como una FCF Terminal, es decir, asociada a la etapa semanal #52.

### 21.7.3 Partida en Caliente (Restart)

Como se describió en el manual de metodología, el algoritmo PDD se basa en la construcción iterativa de una superficie lineal por partes alrededor de estados del sistema (niveles de almacenamiento de los embalses) seleccionados.

Las FCFs lineales por partes son generadas en el paso backward del algoritmo, siendo escritas automáticamente en un archivo. Como consecuencia, se puede iniciar el algoritmo (o re iniciar) leyendo un archivo FCF generado en un estudio anterior. Esta opción es utilizada para controlar el esfuerzo computacional del algoritmo PDD. Por ejemplo, se podría comenzar con un número pequeño de iteraciones para obtener una visión inicial de la operación del sistema, y después re iniciar el algoritmo.

El programa trabaja internamente con archivos temporarios de FCF y volumen durante el proceso iterativo (.WRK). Los archivos con extensión .PSR guardan la construcción de la FCF y almacenamientos para las últimas iteraciones completas, donde definimos como una iteración completa un proceso *backward* seguido de un proceso *forward*. De esta manera es siempre posible re-inicializar el programa cuando, por algún motivo externo como falta de energía, falta de espacio en disco, etc., la ejecución del programa fuera interrumpida.

Toda partida en caliente inicia el proceso iterativo con una recursión *backward*, presuponiendo la existencia de los archivos de función de costo futuro y volúmenes iniciales.

El archivo COSTYYXX.PSR, donde YY es ME si el estudio es mensual o SE si el estudio es semanal y XX es el identificador del sistema, contiene los cortes o hiperplanos soporte de la función de

costo futuro para cada etapa del estudio. Cada corte está compuesto por un término independiente y coeficientes para las variables de volumen final de los embalses y para los caudales anteriores (hasta orden  $p$ ) de las plantas hidroeléctricas.

El archivo VINPOL.PSR, generado durante la fase *forward*, guarda los volúmenes iniciales para cada embalse, para cada escenario hidrológico y para cada etapa del estudio de la última iteración completa de la política operativa.

Al seleccionar esta opción el usuario debe verificar que ninguna nueva planta haya sido adicionada a la configuración hidroeléctrica. La restricción de preservar el orden de las plantas para realizar un *restart* fue retirada.

#### **21.7.4 Despacho comercial**

La selección del despacho comercial permite realizar una simulación separada donde los volúmenes iniciales en cada etapa son leídos del archivo externo VINSIM.PSR de un estudio previo.

#### **21.7.5 Vertimiento no controlable**

El vertimiento no controlable puede ser representado de acuerdo a una de las siguientes metodologías:

- Con penalidades: donde los vertimientos, para las centrales con vertimiento no controlable, son altamente penalizados en la función objetivo para evitar vertimientos sin que el embalse se encuentre en su almacenamiento máximo.
- Con variables enteras: donde se modela el vertimiento en estas plantas con la imposición de su almacenamiento encontrarse en su capacidad máxima.

#### **21.7.6 Volumen inicial para la primera etapa**

Esta opción permite al usuario seleccionar de donde será lida la condición inicial para el volumen de los embalses hidro para la primera etapa del horizonte. Para esta opción existen dos posibilidades:

- A partir de los datos de configuración hidroeléctrica.
- A partir de un archivo externo conteniendo el volumen inicial de cada planta e para cada serie hidrológica.

Si el usuario selecciona la segunda opción, el SDDP pasa a exigir la existencia del archivo externo de volúmenes iniciales, llamado VOLINI.DAT (ver descripción del formato en el Manual de Archivos). Este archivo es obtenido desde el botón de la interfaz que realiza la importación a partir de un archivo en formato CSV. La existencia o inexistencia del archivo externo de volúmenes iniciales es indicada a partir de un mensaje mostrado por la interfaz. Además, se puede editar este archivo con el aplicativo Excel utilizando el botón de la interfaz que abre este archivo. Sin embargo, el usuario debe tener cuidado al salvar para no alterar el nombre y el formato del archivo.

### 21.7.7 Volumen inicial para la primera backward

Esta opción permite al usuario seleccionar como una estrategia de solución la lectura de volúmenes iniciales para todas las etapas en la primera recursión backward. Para esta opción existen dos posibilidades:

- A partir de la discretización del volumen del embalse de cada planta.
- A partir de un archivo externo conteniendo el volumen inicial de cada planta y para cada etapa y serie hidrológica.

Con la opción de lectura de volúmenes iniciales a partir de un archivo externo el usuario permite la construcción de segmentos de la función de costo futuro alrededor de puntos (nivel de embalse) más interesantes y/o probables, lo que puede acelerar el proceso de convergencia. El usuario puede utilizar en una nueva corrida los volúmenes iniciales obtenidos como salida de una corrida anterior, seleccionando como archivo para importación de los datos, el archivo VOLINI.CSV que es un archivo de salida generado por el propio programa SDDP.

### 21.7.8 Caudales iniciales

Esta opción le permite al usuario seleccionar de donde será leída la condición inicial de los caudales de las plantas hidro, para las seis etapas anteriores al inicio del horizonte. Para esta opción existen dos posibilidades:

- A partir del histórico de caudales.
- A partir de un archivo externo conteniendo los caudales iniciales de cada planta y para cada serie hidrológica.

Si el usuario seleccionar la segunda opción, el SDDP pasa a exigir la existencia del archivo externo de caudales iniciales, llamado INFLOW.DAT (ver descripción del formato en el Manual de Archivos). Este archivo es obtenido desde el botón de la interfaz, que realiza la importación a partir de un archivo en formato CSV. La existencia o inexistencia del archivo externo de caudales iniciales es indicada a partir de un mensaje mostrado por la interfaz. Este archivo se puede editar también con el aplicativo Excel, utilizando el botón de la interfaz. Sin embargo, el usuario debe tener cuidado al salvarlo, para no alterar el nombre y el formato del archivo.

### 21.7.9 Representación de no convexidades en la política

Durante la fase forward del algoritmo SDDP, es posible representar en detalle funciones no convexas, como los factores de producción variables de las centrales hidroeléctricas, y decisiones de operativas binarias, como el *unit commitment* de las unidades generadoras térmicas, utilizando técnicas de programación matemática como la programación lineal entera mixta (MIP). Sin embargo, la flexibilidad de modelado es más limitada en el paso de recursión backward – que calcula la función de costo futuro (FCF)- porque es necesario garantizar la convexidad de la FCF.

Si el usuario activa la opción “Representación de no convexidades en la política” en la pantalla “Opciones de ejecución > Despacho económico > Estrategia de solución”, él deberá definir la iteración a partir de la cual las fases forward contemplarán las no convexidades. La idea es

aplicar la relajación lineal en todas las fases forward y backward antes de esta iteración definida por el usuario y, a partir de ahí, representar las no convexidades en la fase forward y continuar con la relajación lineal durante las fases backward.

El objetivo de esta opción es hacer que los puntos interesantes de almacenamiento que se encuentran en las fases forward de la política se adhieran a los que se visitarán durante la simulación final. Como estos puntos interesantes se utilizan para la adición de cortes, es decir, para aproximar la FCF en la recursión backward de la política, el objetivo es que la FCF esté bien aproximada en torno a estos puntos, que, como se mencionó antes, son adherentes a los que serán visitados en la simulación final.

## 21.8 Análisis de sensibilidad

La pantalla de sensibilidad permite que los siguientes datos sean multiplicados por factores proporcionados por el usuario:

- Demanda de subsistemas seleccionados
- Disponibilidad de corto plazo - ICP (%) de plantas térmicas seleccionadas
- Caudales laterales afluentes a las estaciones hidrológicas
- Costos de combustible de sistemas seleccionados

Existen dos opciones: factores de sensibilidad implícitos – que se aplican a todo el conjunto de datos - y factores de sensibilidad explícitos – que sólo se aplican a los datos seleccionados. En el caso que el usuario haya indicado ambos, el factor de sensibilidad explícito se sobrepone al implícito.

## 21.9 Curva de Aversión al Riesgo

Esta pantalla permite seleccionar las opciones de ejecución para la representación de la CAR. Más específicamente.

<b>Aversión al riesgo</b>	<p><b>No considera:</b> los datos de la curva de aversión al riesgo, caso existan, serán desconsiderados.</p> <p><b>Política operativa y simulación final:</b> representa la CAR en la política operativa y en la simulación final.</p> <p><b>Solo en la simulación final:</b> representa la CAR solamente en la simulación final.</p>
<b>Tipo de penalización</b>	<p><b>Fija:</b> considera una penalización fija, informada por el usuario.</p> <p><b>Reducida (1ª. serie backward):</b> determina a penalización reducida para cada serie forward y en la primera abertura de la recursión backward. Para las demás aberturas, se considera que la penalización de la primera abertura es una buena aproximación.</p> <p><b>Reducida (todas las series):</b> determina a penalización reducida para cada serie forward y para cada abertura de la recursión backward.</p>

<b>Factor de producción</b>	<p><b>Tabla factor de producción x volumen:</b> se utiliza el factor de producción resultado de la interpolación de la tabla factor de producción x volumen para cálculo de la energía almacenada para representación de la CAR.</p> <p><b>Forward: función del PCV / Backward: promedio:</b> se utiliza, para cálculo de la energía almacenada para representación de la CAR, el factor de producción resultado de la integral del PCV en la etapa forward y el factor de producción promedio (datos de configuración) en la recursión backward.</p> <p><b>Función del PCV:</b> se utiliza el factor de producción resultado de la integral del PCV, tanto en la forward como en la backward, para cálculo de la energía almacenada para representación de la CAR.</p>
-----------------------------	---

## 21.10 Datos cronológicos

Esta opción permite desactivar un conjunto de datos cronológicos sin necesidad de remover los archivos asociados del directorio de datos del sistema. En la pantalla indicada a seguir, los datos de volumen mínimo e irrigación fueron desactivados del caso de estudio.

Seleccionar los datos cronológicos a ser considerados

- Hidroeléctricas
  - Mantenimiento
  - Volumen de alerta
  - Volumen de espera
  - Defluencia máxima
  - Defluencia mínima
  - Riego
  - Volumen mínimo
- Combustibles
  - Consumo de combustible
  - Tasa de consumo de combustible
  - Costos de crédito de carbono
  - Datos cronológicos de combustible
- Térmicas
  - Mantenimiento
  - Costo de arranque
  - Generación mínima
- Sistema
  - Restricción de generación
  - Reserva de generación
  - Duración variable de los bloques de demanda
  - Reserva girante

## 22 REPRESENTACIÓN HORARIA

### 22.1 Introducción

SDDP representa el proceso de toma de decisiones operativas (generación de cada planta, interconexiones entre regiones, flujos de circuitos, etc.) en dos niveles de detalle. En el primer nivel, las decisiones operativas se actualizan periódicamente con el fin de incorporar valores observados en períodos anteriores, como los niveles de almacenamiento. Las nuevas decisiones operativas tomadas en el segundo nivel se calculan como una solución de un problema de optimización estocástica que busca equilibrar el beneficio de: (i) utilizar más intensamente los recursos disponibles en los dispositivos de almacenamiento (típicamente centrales hidroeléctricas, bombas de almacenamiento, reservorios de combustible, baterías, límites de emisión y algunos tipos de contratos) en ese período y de ese modo reducir el llamado *costo inmediato*; y (ii) mantenerlos más llenos y, por lo tanto, reducir el llamado *valor esperado del costo futuro* (el valor esperado proviene de la incertidumbre en el futuro sobre hidrología, eólica, consumo, disponibilidad del equipo, etc.). Este primer nivel está intrínsecamente relacionado con los dispositivos de almacenamiento que crean un *acoplamiento temporal* entre los períodos y las decisiones operativas de hoy pueden impactar la operación a mediano y largo plazo afectando así los costos operativos futuros.

En la versión actual de SDDP, es posible elegir entre períodos de decisión semanales o mensuales (que también se llaman *etapas*). Esta elección depende de varios factores, como la capacidad de regulación de los embalses; la disponibilidad de datos históricos para ajustar los modelos estocásticos de caudales e, incluso, los requisitos reglamentarios<sup>3</sup>. Además, el esfuerzo computacional es influenciado por el tipo de decisión de estudio (mensual o semanal), ya que crece linealmente con el número de etapas.

El segundo nivel de detalle se refiere al cálculo del costo inmediato en cada etapa. El tipo de representación menos detallada (y más rápida) sería calcular el costo inmediato con el promedio de los datos de entrada (datos horarios de demanda, producción eólica, hidrología, etc.). Por otro lado, el costo de la generación térmica varía de forma no lineal con la demanda que se debe cumplir, ya que las plantas se despachan según el orden creciente del costo operativo (por ejemplo, la capacidad de generación de gas natural - más barata - se usa antes que la de las plantas térmicas de óleo, más caras). Debido a esta no linealidad, los costos térmicos de suministrar el promedio de la demanda son más bajos que el costo resultante de, por ejemplo, abastecer la demanda cuando la misma está representada por bloques de horas similares (como horas pico, fuera de pico y otros).

Hasta la versión actual de SDDP, el usuario podría representar diferentes condiciones operativas en cada etapa (semanal o mensual) agregando las horas en hasta 21 “clusters”, o *bloques* de horas (que en casos semanales resulta en hasta 3 bloques por día). Estos bloques de carga

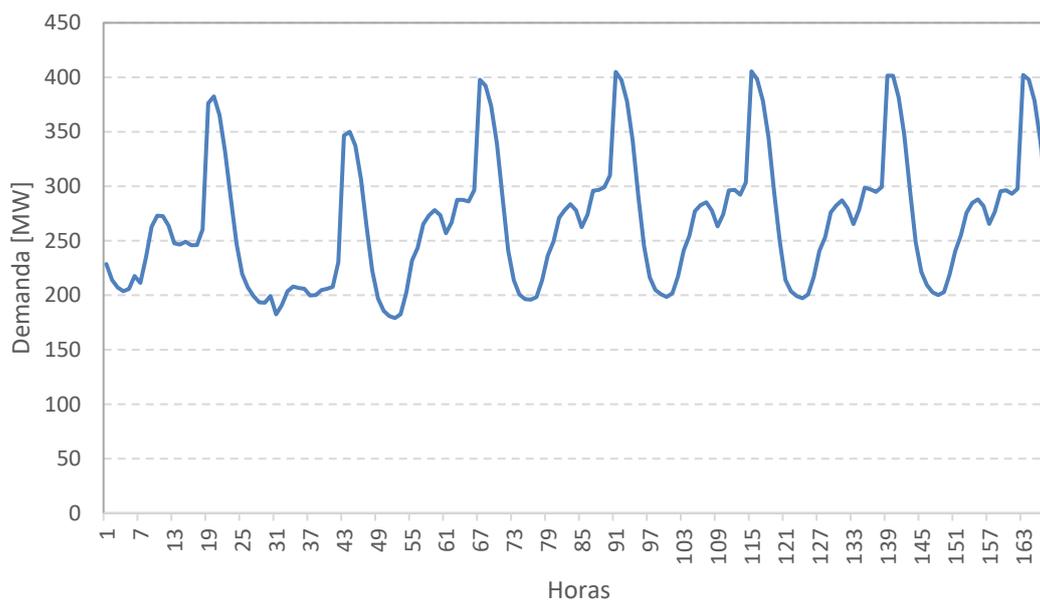
---

<sup>3</sup> Por ejemplo, etapas mensuales son adecuadas para Brasil debido a la gran capacidad de regulación de los embalses. Sin embargo, la regulación determina que los precios para el mercado mayorista se deben calcular todas las semanas.

permitieron capturar, de forma aproximada, el efecto de las no linealidades inherentes a las etapas. Esta agregación no cronológica de horas para representar diferentes condiciones de operación también se conoce como la representación de *Curva de Duración de Carga*.

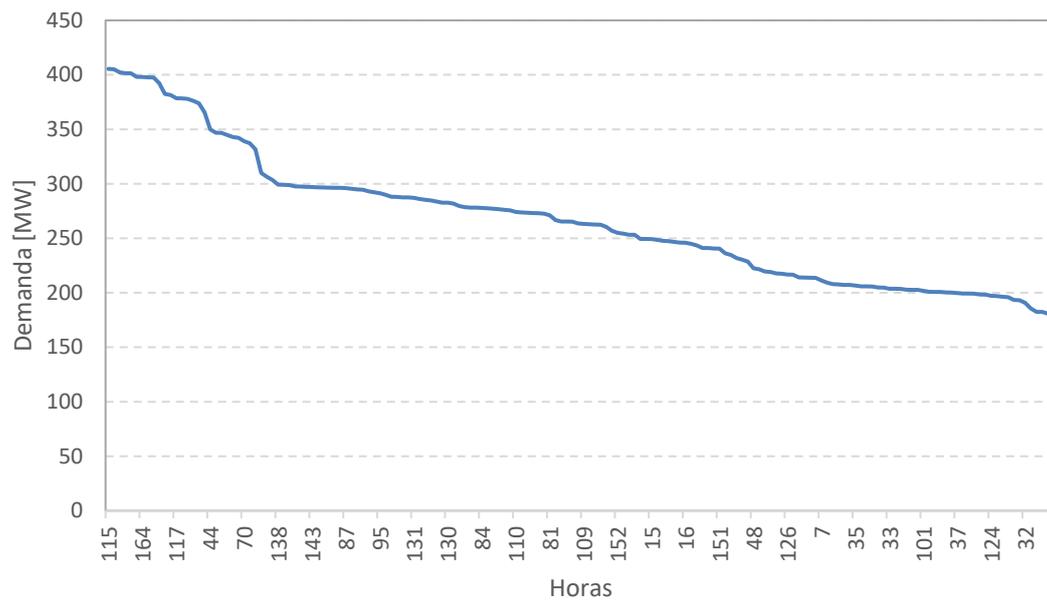
### 22.1.1 Representación de los bloques

El procedimiento para crear los bloques se ilustrará a continuación para una representación en etapas semanales. En este ejemplo, el objetivo es representar la demanda en bloques, aunque la misma metodología se puede aplicar a cualquier dato con resolución horaria. El procedimiento inicialmente considera los datos cronológicos de demanda por hora, que se ilustran en la siguiente figura.

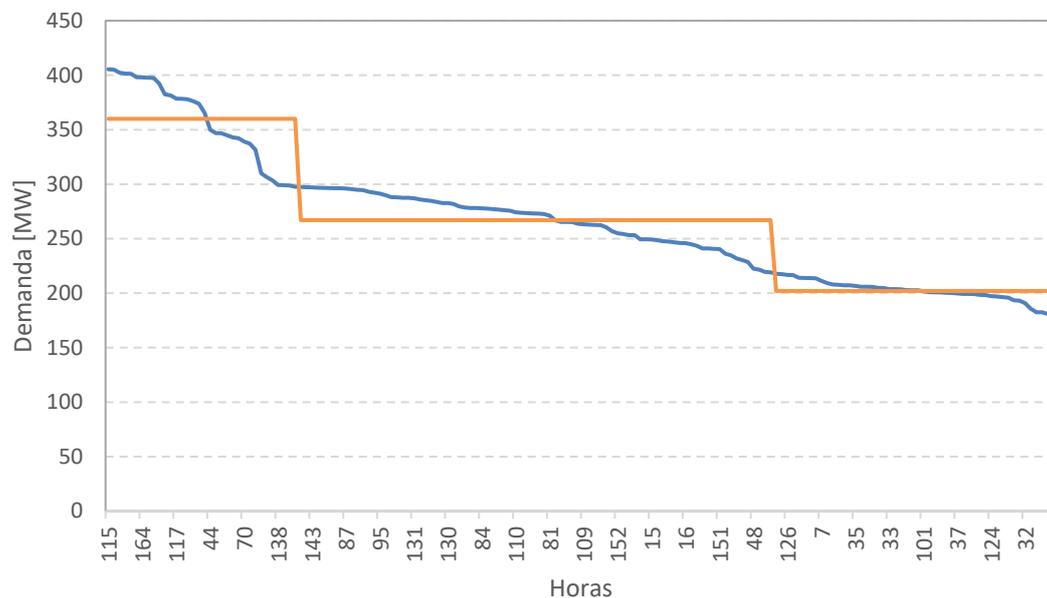


Se observa en la figura que los datos por hora tienen siete ciclos, que corresponden a los días de la semana. También se observa que los primeros dos ciclos son diferentes (y con menor demanda) que los otros cinco, ya que corresponden al sábado y al domingo (si hubiera un día festivo en la mitad de la semana, tendría un perfil diario similar al domingo).

El siguiente paso es ordenar los valores de demanda de 168 horas en orden descendente, como se muestra en la siguiente figura.



La curva de demanda no cronológica en orden descendente también se conoce como *Curva de Duración de Carga*. Este orden facilita la agregación de niveles de consumo similares en bloques, como lo ilustra la siguiente figura.



En general, el procedimiento de ajuste de la curva por bloques de carga tiene como objetivo minimizar la suma de las diferencias (absolutas o cuadráticas) entre el promedio de la demanda de cada bloque y las demandas horarias. Además, es importante preservar la cantidad total de energía en la etapa. En el ejemplo presentado anteriormente, esto significa que el promedio de la demanda en MW de cada bloque multiplicado por la respectiva duración (en horas) debe ser igual a la suma (en MWh) de las 168 demandas horarias.

En casos más complejos, los bloques generalmente se construyen en base a algoritmos de análisis de *clusters* multivariados, como el *k-means*. Por ejemplo, este enfoque podría ser importante en casos de dos países con diferentes patrones de demanda o sistemas con fuerte penetración renovable.

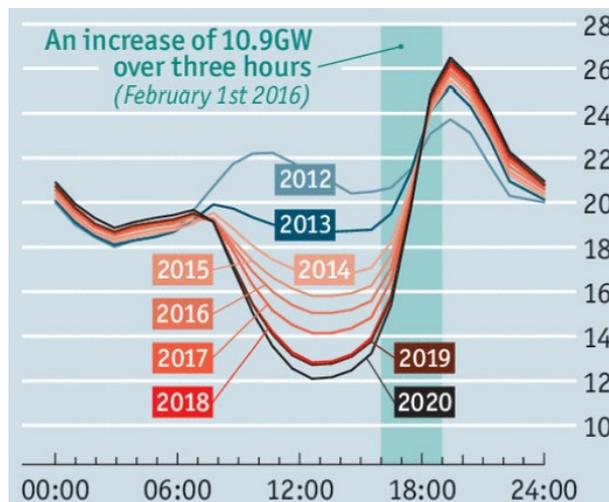
Es fácil observar que cuanto mayor sea el número de bloques, mejor será la curva de carga representada. La elección del número de bloques que se utilizará depende básicamente de la relación de compromiso entre la precisión y el esfuerzo computacional (que aumenta de forma no lineal con el número de bloques).

### 22.1.2 Motivación: representación de la generación eólica y otras fuentes renovables intermitentes

La creciente competitividad económica de las fuentes de generación de energía eólica, biomasa y solar ha atraído una gran atención en todo el mundo. Estos recursos energéticos no sólo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también reducen la vulnerabilidad de los países a la importación de combustibles fósiles (en particular, petróleo y gas natural).

Sin embargo, la rápida penetración de estas nuevas fuentes también ha despertado algunas preocupaciones tanto para planificadores como para operadores por dos motivos principales: (i) la mayoría de estas fuentes no son despachables, es decir, su generación no puede ser controlada por el operador del sistema; y (ii) su producción de energía presenta una fuerte *volatilidad*, es decir, la producción puede cambiar significativamente de una hora a otra.

Para ejemplificar los desafíos de los operadores de sistemas con la alta penetración de fuentes renovables intermitentes, la siguiente figura ilustra las curvas de la demanda neta de California (demanda menos generación renovable intermitente) en el pasado y las esperadas en el futuro:



Como se puede observar, la penetración de fuentes renovables intermitentes termina causando impactos representativos en el perfil de demanda neta. Además del cambio en el perfil, es importante destacar el aumento de las rampas de subida/bajada de la demanda neta y sus

respectivas inclinaciones con la mayor penetración de renovables. Estos impactos conducen a nuevos desafíos operacionales, entre ellos se destacan:

- **Situaciones de exceso de oferta:** períodos en los que la generación renovable es más alta que la demanda que se debe suministrar (esto ocurre especialmente en la mitad de la noche en regiones con fuertes vientos nocturnos);
- **Rampas rápidas de subida y bajada:** las plantas despachables deben tener la capacidad de responder rápidamente al aumento y disminución de la generación renovable intermitente para mantener la confiabilidad del suministro y la estabilidad del sistema;
- **Incremento en la ciclaje de las térmicas:** posible aumento en el número de arranques y paradas de las plantas térmicas en el sistema debido a la intermitencia de la generación renovable.

Debido a las razones antes mencionadas, surgió el interés en una representación más detallada de la operación a lo largo de cada etapa. Para satisfacer este interés, la nueva versión del SDDP permite el uso de una representación horaria cronológica de la operación en cada etapa.

### 22.1.3 Representación horaria

Cuando se activa la representación horaria, los problemas de optimización resueltos se definirán explícitamente con una resolución horaria. Esto significa que el número de variables y restricciones es proporcional al número de horas en cada etapa. **Esta representación puede aumentar significativamente el esfuerzo computacional requerido para resolver los problemas de optimización con granularidad horaria en comparación con la representación por bloques en cada etapa.** Además, el volumen de resultados de salida también es significativamente mayor. Por lo tanto, se sugiere un análisis cuidadoso de la necesidad del usuario de aumentar la granularidad, que debería basarse principalmente en los objetivos de las ejecuciones y los efectos que se desean capturar.

Resolver estos problemas horarios de forma eficiente fue un desafío que requirió el desarrollo de nuevos algoritmos y procedimientos para garantizar la calidad de la solución, manteniendo tiempos computacionales aceptables. Aun así, si cualquier problema o tiempos de ejecución elevados asociados a la representación por hora ocurriren, se recomienda al usuario que se comunique inmediatamente con PSR en [sddp@psr-inc.com](mailto:sddp@psr-inc.com).

## 22.2 Primeros Pasos

### 22.2.1 Definición de los datos

En teoría, sería posible permitir que todos los datos de entrada fuesen informados en resolución horaria para todo el horizonte de estudio. Sin embargo, dado que SDDP es una herramienta de despacho a mediano y largo plazo, muchos de estos datos tienen una baja frecuencia de variación y su representación de manera semanal o mensual es adecuada. Incluso, en

el caso de una frecuencia de variación más alta, es posible identificar perfiles de variación estandarizados en una etapa. Por lo tanto, una representación por hora para todos los datos, además de ser innecesaria, requeriría un gran volumen de datos de entrada que podrían no estar disponibles.

De esta manera, se adoptó un enfoque flexible de modo que sólo se requieren pocos datos de entrada adicionales para se obtener resultados con resolución horaria. A través de la tabla de mapeo hora-bloque, que se describe a continuación, es posible recrear la cronología de cada etapa asociando los valores del bloque correspondiente a cada hora. Este enfoque es muy flexible porque permite utilizar fácilmente una base de datos SDDP existente como punto de partida para se obtener resultados con detalles horarios<sup>4</sup>. Además, cabe destacar que es posible refinar el modelo a los datos más relevantes agregando datos de entrada horarios (como demanda horaria, escenarios de generación renovable intermitente, etc.), que se utilizarán en lugar de datos mapeados definidos por bloques.

En este contexto, los datos por bloque se tratan como configuraciones de datos (o *clusters*) diferentes dentro de cada etapa. En otras palabras, se pueden definir hasta 21 conjuntos de datos diferentes para cada etapa y estos datos se usarán para recrear automáticamente la representación horaria cronológica dentro de cada etapa, una vez que se define el mapeo hora-bloque.

### 22.2.2 Mapeo hora-bloque

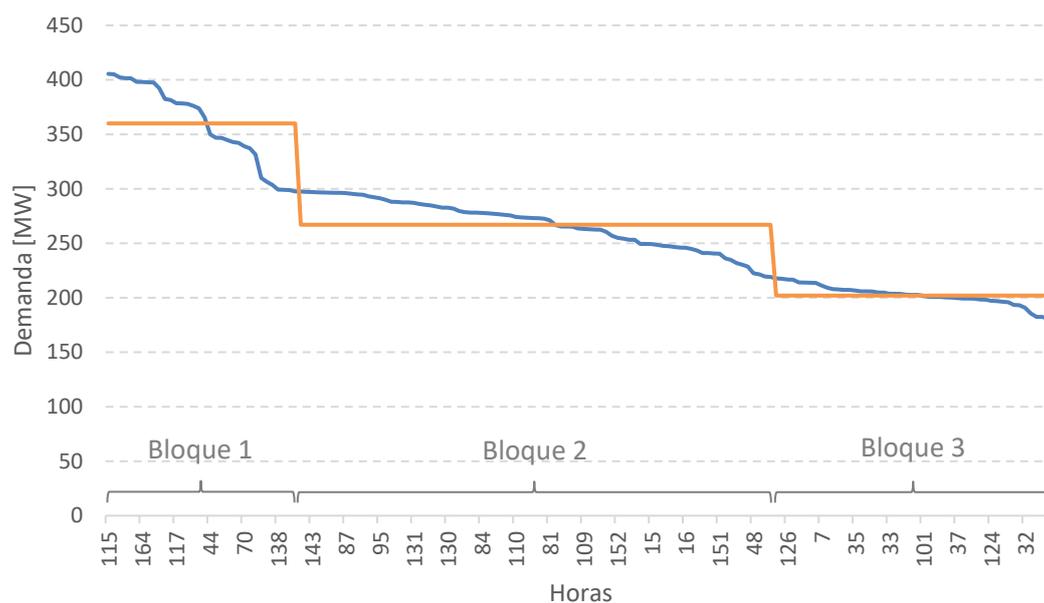
El [proceso de creación de la curva de carga por bloques](#), también conocido como *clusterización*, genera dos resultados directos:

- El promedio de la demanda por bloque, y
- La duración de cada bloque (en horas).

Además, un subproducto del proceso de clusterización es la asociación, o mapeo, entre las horas y los bloques, como se muestra en la siguiente figura.

---

<sup>4</sup> Además de la ventaja de permitir el uso de bases de datos SDDP existentes como punto de partida para ejecuciones horarias, en general los datos detallados relacionados con restricciones cronológicas adicionales no están disponibles para horizontes de mediano y largo plazo, diferentemente de los conjuntos de datos disponibles para el modelo operativo detallado de corto plazo (NCP).



Por lo tanto, también es posible extraer de este proceso una tabla de correspondencia, como se ejemplifica a continuación:

DÍA	HORA											
	00h	01h	02h	03h	04h	...	18h	19h	20h	21h	22h	23h
1	2	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
2	2	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
3	3	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
4	3	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
5	3	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
6	3	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2
7	2	3	3	3	3	...	1	1	1	1	2	2

En esta tabla, para cada hora de la semana se indica cuál es el bloque correspondiente.

### 22.2.2.1 Cálculo de la duración de los bloques a partir de la tabla de mapeo hora-bloque

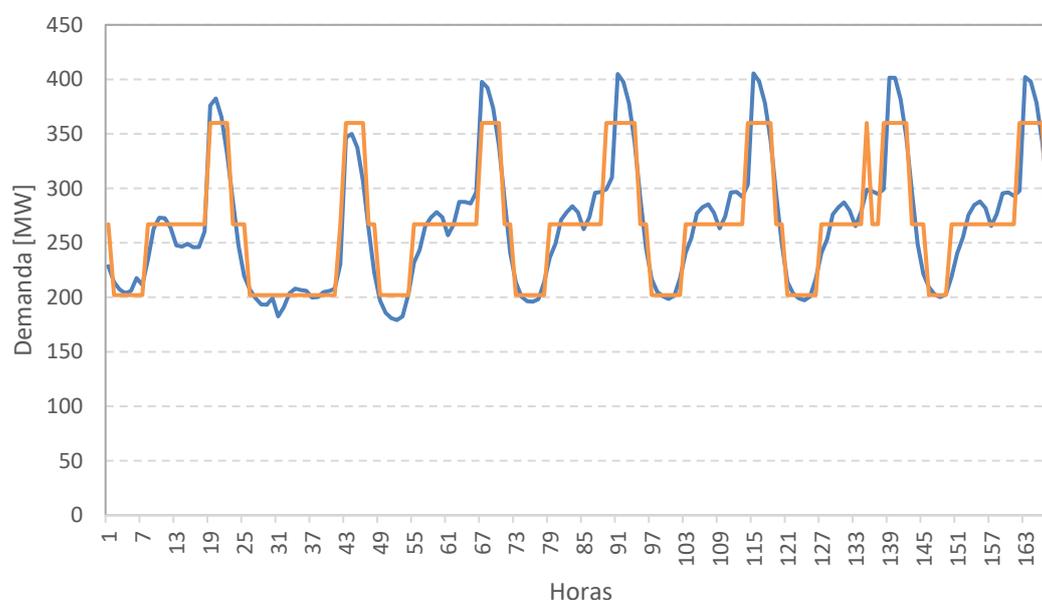
La tabla de mapeo hora-bloque también define implícitamente la duración de los bloques en cada semana/mes. La duración de cada bloque se calcula contando el número de horas asociadas a cada bloque. Por lo tanto, cuando se utilizan los datos del mapeo hora-bloque, los datos originales de duración fija y duración variable de los bloques son descartados.

### 22.2.3 Creación de datos horarios a partir de los datos de bloques mediante el uso del mapeo hora-bloque

Supongamos que, inicialmente, se informan los datos del mapeo hora-bloque, como en la tabla anterior, y los datos de demanda por bloques, como se muestra en la tabla a continuación:

Bloque	Duración (horas)	Demanda (GWh)	Demanda (MW)
1	34	12.2	360
2	84	22.4	267
3	50	10.1	202

En base a esta información, SDDP transformará automáticamente los datos de entrada para recrear una aproximación horaria, como se muestra en la figura abajo. A continuación, los valores de cada hora obtenidos de esta serie de datos horarios se usarán como datos de entrada para el problema de optimización que se resolverá en cada etapa.



Como se mencionó anteriormente, la calidad de la aproximación está directamente relacionada con la definición de los bloques, así como con el esfuerzo computacional involucrado en el proceso de solución.

El procedimiento descrito anteriormente se aplica a todos los datos de entrada que varían por bloque para la obtención de datos horarios.

## 22.3 Datos de Entrada

La resolución de los datos de entrada definidos por los usuarios es *independiente* de la resolución seleccionada para la ejecución del estudio, por bloques o horaria. En otras palabras, el

usuario tiene la flexibilidad de definir los datos según lo deseado y el modelo es capaz de transformar los datos de entrada informados de acuerdo con la resolución del estudio:

- Para estudios que consideran la representación por bloques:
  - **Datos definidos por bloque:** se usan directamente para construir el problema de optimización con resolución de bloques;
  - **Datos horarios:** se agregan automáticamente en bloques usando el mapeo hora-bloque definido por el usuario. Finalmente, los datos agregados en bloques se utilizan para construir el problema de optimización con la resolución de bloques. Por esta razón, si el usuario desea usar datos por hora, también es necesario informar los datos del mapeo hora-bloque.
- Para estudios que consideran la representación horaria:
  - **Datos definidos por bloque:** se asignan automáticamente en las horas utilizando el mapeo hora-bloque para obtener datos horarios a partir de los datos por bloque. Finalmente, estos datos cronológicos horarios se usan para construir el problema de optimización con resolución horaria;
  - **Datos horarios:** se usan directamente en el montaje del problema de optimización con resolución horaria;

Además, cabe destacar que los datos sólo necesitan ser informados para la resolución seleccionada. Por ejemplo, si el usuario elige informar los datos de demanda horaria, no es necesaria la definición de datos de demanda por bloque. Lo mismo se aplica a los escenarios de generación renovable.

Como se destacó anteriormente, algunos datos de entrada seguirán siendo informados con resolución por bloques y, debido a este hecho, el mapeo hora-bloque debe ser informado para todos los estudios que consideren la representación horaria.

### 22.3.1 Resolución de los datos de entrada

Antes de ejecutar el modelo, el usuario debe seleccionar la resolución deseada para cada tipo de datos. Esta selección debe definirse en la pantalla “Opciones de ejecución > Despacho económico > Resolución de los datos”.

Los siguientes datos y sus respectivas opciones disponibles son:

- Mapeo hora-bloque:
  - No considera
  - Por hora: perfil anual
  - Por hora: detallado
- Demanda (Energía):
  - Por bloque: detallado
  - Por hora: detallado
- Demanda (Precio):
  - Por bloque: detallado
  - Por hora: detallado

- Estación renovable:
  - Por bloque: perfil anual
  - Por bloque: detallado
  - Por hora: perfil anual
  - Por hora: detallado
- Inyecciones de potencia (Capacidad):
  - Por bloque: detallado
  - Por hora: detallado
- Inyecciones de potencia (Precio):
  - Por bloque: detallado
  - Por hora: detallado

Dos tipos de definición para los datos horarios están disponibles:

- **Perfil anual:** debe ser informado para todas las horas de todas las etapas (meses o semanas) de un año típico. Este patrón permite la representación de la estacionalidad durante un año y se repite periódicamente a lo largo del horizonte de estudio;
- **Datos detallados:** deben ser informados para todas las horas de todas las etapas del horizonte de estudio.

Todos los demás datos de entrada que pueden variar dentro de cada etapa se informarán por bloque.

### 22.3.2 Datos del mapeo hora-bloque

El objetivo principal de los datos del [mapeo hora-bloque](#) es establecer la relación entre las horas y los bloques dentro de cada etapa. Por lo tanto, estos datos son opcionales en el caso de los estudios con representación por bloques y son obligatorios en los estudios de caso con representación horaria.

Aunque los estudios con resolución de bloques no representan horas individualmente en la formulación del problema de optimización, los datos de mapeo hora-bloque se pueden usar para obtener la [duración de los bloques](#) (en lugar de usar la *duración fija* o la *duración variable de los bloques*).

Por otro lado, en estudios con resolución horaria, los datos del mapeo se utilizan para [reconstruir la cronología horaria](#) de los datos que están informados por bloque.

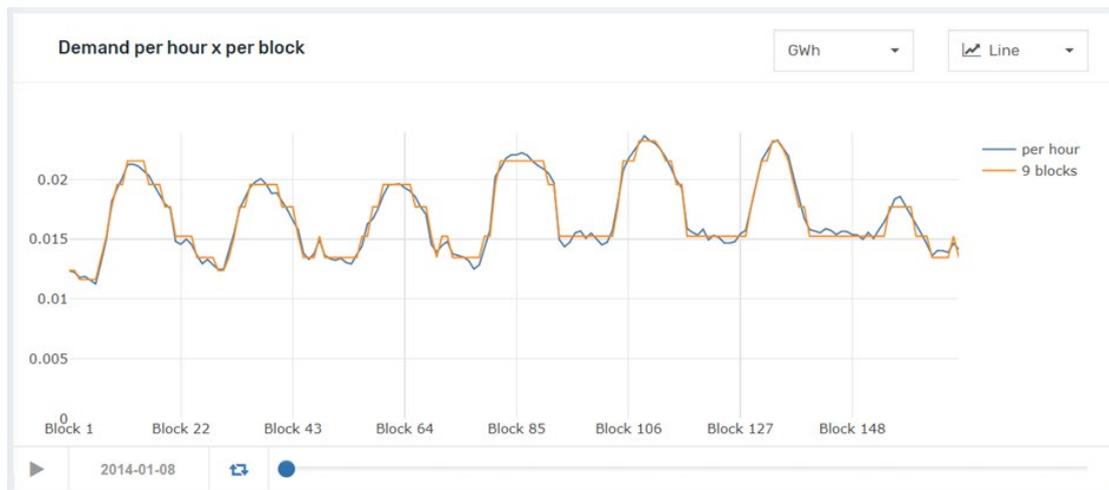
### 22.3.3 Herramienta de agrupación integrada

Hay dos herramientas integradas en el SDDP relacionadas con el mapeo hora-bloque:

- a) **Representación por bloques:** esta función ayuda a crear desde cero o a reemplazar el mapeo hora-bloque para el número de bloques seleccionado si ya existe un mapeo hora-bloque definido en la base de datos. Se accede a ella en “Opciones de ejecución > Agrupación > Representación por bloques”.

- b) **Reasignación de hora-bloque:** esta función ayuda a crear una nueva asignación de bloques a horas para un número diferente (deseado) de bloques. Por ejemplo, es posible tener datos definidos para 5 bloques y ejecutar el modelo para 15 bloques, que pueden ser cronológicos o no. Se habilita simplemente activando la opción “Resolución > Usar una configuración diferente de bloques > Reasignación de hora-bloques” en la pantalla “Despacho económico > Horizonte & resolución”. SDDP ejecutará el caso con el número de bloques deseado (diferente) sin ninguna información adicional. Se accede a la herramienta de reasignación en “Opciones de ejecución > Agrupación > Reasignación de hora-bloque”.

Ambas opciones toman los datos de demanda horaria ya definidos en la base de datos SDDP como datos de entrada y utilizan un algoritmo de análisis de conglomerados multivariante llamado *k-means* para crear los bloques. El objetivo es minimizar los errores de aproximación para el número de bloques definido por el usuario mientras se asignan (“agrupan”) las horas en los bloques, como en el ejemplo que se muestra a continuación:



Vale la pena recordar que el mapeo hora-bloque debe ser único para toda la base de datos. Ahora, imagine que hay dos sistemas definidos en la base de datos y el sistema 1 tiene una demanda mucho mayor que el otro. Si el usuario no activa la opción “Normalizar datos”, la demanda del sistema 1 será mucho más representativa en el cálculo del mapeo hora-bloque que la demanda del sistema 2. Es decir, el tamaño de cada demanda reflejará su representatividad sobre la demanda “total” que se utilizará para evaluar el mapeo hora-bloque. Por otro lado, si activa la opción “Normalizar datos”, las demandas de los sistemas 1 y 2 se normalizarán primero de forma separada y después se utilizarán para calcular el mapeo hora-bloque. En consecuencia, ambas demandas tendrán la misma representatividad en la evaluación del mapeo hora-bloque.

Además, si el usuario no activa las opciones “Punta” y/o “Fuera de punta”, todos los bloques serán calculados automáticamente por el algoritmo. Por otro lado, si el usuario activa la opción “Punta” y establece el “Número de bloques” igual a 1, por ejemplo, el bloque “Punta” no será calculado, será definido arbitrariamente por el usuario. En este caso, todos los valores por encima del umbral estarán en el bloque 1. Entonces, si el Umbral es igual a 0.02 p.u., el

modelo tomará el 2% de los valores de demanda más altos y los asignará al bloque de punta. Si el usuario establece el "Número de bloques" igual a 2, entonces, los dos primeros bloques serán definidos arbitrariamente por el usuario en función del valor de umbral.

El mismo comportamiento es válido para la opción "Fuera de punta", es decir, si el usuario activa la opción "Fuera de punta", establece el "Número de bloques" igual a 1 y el Umbral igual a 0,02 p.u., el modelo tomará el 2% de los valores de demanda más bajos y los asignará al bloque de carga fuera de horas punta.

#### **22.3.4 Datos de demanda horaria**

Opcionalmente, los datos de demanda pueden ser informados en resolución horaria. Estos datos se introducen a través de la interfaz gráfica en "Datos básicos > Demanda > Configuración de la demanda", opción "Resolución: Horaria". Los datos también se pueden importar/exportar del/al Excel a través de archivos CSV (separados por comas).

#### **22.3.5 Escenarios horarios para la generación de fuentes renovables**

Opcionalmente, los escenarios para la generación de fuentes renovables pueden ser proporcionados de manera horaria. Estos datos deben informarse a través de la interfaz gráfica en "Datos básicos > Fuente renovable > Escenarios de estación renovable", opción "Resolución: Horaria". Los datos también se pueden importar/exportar del/al Excel a través de archivos CSV (separados por comas).

#### **22.3.6 Restricciones operativas de las térmicas**

Una de las principales motivaciones para realizar ejecuciones horarias es capturar los efectos cronológicos que no se ven en las ejecuciones con representación por bloques. En este caso, los usuarios tendrán la opción de representar restricciones cronológicas operativas de las térmicas, tales como: rampa de subida/bajada, mínimo up/downtime, número máximo de arranques/paradas, y así sucesivamente. Estos datos pueden ser informados a través de la interfaz gráfica en "Datos complementarios > Centrales térmicas > Restricciones operativas". Los datos también se pueden importar/exportar del/al Excel a través de archivos CSV (separados por comas).

#### **22.3.7 Restricciones operativas de las hidroeléctricas**

Los usuarios tendrán también la opción de representar restricciones cronológicas operativas de las hidroeléctricas, tales como: tiempo de viaje del agua turbinada/vertida, rampa de subida/bajada de defluencia y rampa de subida/bajada. Estos datos pueden ser informados a través de la interfaz gráfica en "Datos complementarios > Centrales hidroeléctricas > Restricciones operativas". Los datos también se pueden importar/exportar del/al Excel a través de archivos CSV (separados por comas).

### 22.3.8 Opciones de estudio

La opción estándar para el despacho económico es la representación agregada por bloques, donde las decisiones operativas dentro de cada etapa (semana o mes) se toman teniendo en cuenta una representación de hasta 21 bloques de horas.

Para activar la representación cronológica horaria, después de definir el mapeo hora-bloque y elegir la resolución de datos que se utilizará, como se explicó anteriormente, la opción "Representación horaria" debe activarse en la pantalla "Opciones de ejecución > Despacho económico > Horizonte & resolución".

Después de la finalización de cada ejecución horaria, es muy importante chequear el mapa de calor llamado "[Status de la ejecución por etapa y escenario](#)" que se encuentra disponible en el Dashboard del SDDP.

## 22.4 Parámetros de ejecución para la corrida horaria

Los parámetros de ejecución para la corrida horaria se definen la pantalla "Opciones de ejecución > Despacho económico > Parámetros horarios".

### 22.4.1 Representación del sistema

#### 22.4.1.1 Restricciones operativas

- Función terminal:
  - FCF + Volumen meta: en cada etapa (mensual/semanal), antes de la corrida horaria, el SDDP resuelve el problema por bloques y determina los volúmenes meta para el final de cada etapa que se utilizarán como una curva guía durante la simulación horaria. La función de costo futuro (FCF) calculada en la política también es considerada al final de cada etapa para los embalses de regularización de manera que el modelo pueda evaluar la mejor trayectoria a lo largo del mes/semana con base en criterios económicos (valor del agua futuro) de manera conjunta con los volúmenes meta. Los volúmenes meta son aplicados a los embalses de hidroeléctricas, contratos de combustible, reservorios de combustible y volúmenes de emisión de gases.
  - FCF: solamente la FCF es considerada.
  - Volumen meta: solamente los volúmenes meta son considerados.
- Representación de vertimiento no-controlable [Sí/No]: las restricciones de vertimiento no-controlable para las centrales hidráulicas serán creadas o no, mediante la opción considerada. Esta es una restricción que impacta de manera muy acentuada la convergencia de los problemas de optimización, y por lo tanto sugerimos que sea utilizada con bastante parsimonia.
- Estado Operativo del ciclo combinado [Optimizado/Definido por el usuario]: la representación horaria puede optimizar el estado operativo del ciclo combinado, es decir, qué configuración debe despachar en cada hora. En la opción "Definido por el usuario", el modelo

utilizará la configuración seleccionada en cada etapa en la pantalla “Datos complementarios > Centrales térmicas > Estado operativo del ciclo combinado”.

- Tipo de almacenamiento inicial [Optimizado/Definido por el usuario]: la representación horaria puede optimizar cual es el valor inicial de almacenamiento de cada batería del caso, una vez que estos componentes presentan restricciones del tipo “Volumen inicial = volumen final” dentro de cada ventana de tiempo de regulación. Luego, la definición de la condición inicial es un tema muy importante para la optimización de los ciclos operativos intra-etapa de las baterías. Todo lo anterior también es válido para los dispositivos de almacenamiento de hidrógeno y de electrificación. Por defecto se selecciona la opción “optimizado”, ya que el almacenamiento inicial del ciclo (que será igual al final al terminar el tiempo de regulación) vendrá definido por la propia optimización. Esto es interesante porque no estamos “limitando” o introduciendo una restricción que “obligue” a un valor de almacenamiento inicial dado, dejando el modelo libre para definir este valor de almacenamiento de acuerdo con el proceso de optimización y las condiciones del sistema ya que a largo plazo no hay como saber con precisión cuál será el nivel de almacenamiento que comenzará la batería de hecho el día. Como se puede observar, la definición del almacenamiento inicial de la batería por parte del usuario puede llevar a un funcionamiento subóptimo durante el ciclo de regulación, sin embargo, dejamos esta opción a disposición del usuario si desea utilizarla (ya sea por conocimiento del sistema o por cualquier otro motivo, como un tema regulatorio).

#### 22.4.1.2 Reserva secundaria

- Tipo de reserva conjunta [Subida/Bajada/Subida y Bajada]: la asignación de reserva secundaria en las centrales puede ser definida de estas tres maneras en la representación horaria. El caso estándar es la asignación de reserva secundaria solamente para aumento de la producción, pero esto puede ser cambiado conforme esta opción. Al seleccionar la opción de “Subida y Bajada”, el modelo impone asignación de reserva de manera simétrica en ambas direcciones.

#### 22.4.1.3 Red eléctrica

- Límite de cargamento para monitoreo: esta opción es solamente utilizada en la representación de la red eléctrica con el modelo compacto (sección 8.2.4 del manual de metodología), donde se representan en el problema de optimización con granularidad horaria solamente los circuitos que alcanzaron, en la simulación previa (por bloques), el umbral definido por el usuario en este campo. Esta es una opción que tiene el objetivo de disminuir el tamaño del problema de optimización horario de manera a evitar la creación de numerosas restricciones horarias para los circuitos donde el cargamento no alcanzó el umbral definido por el usuario en la corrida por bloques.
- Restricciones de suma de flujo [Solo restricciones activas/Todas]: partiendo de la misma explicación del punto anterior, las restricciones de suma de flujo que no alcanzaron los límites máximos en la simulación previa (por bloques) no son llevadas al modelo horario. Al seleccionar "Todas", el modelo horario creará todas las restricciones de suma de flujo para todas las horas de la etapa, independientemente de estar activas o no en la simulación previa (por bloques).

## 22.4.2 Estrategia de solución

### 22.4.2.1 Condiciones iniciales

- Representación de la cronología de restricciones operativas entre etapas (lectura de condiciones iniciales): la cronología entre etapas (mes/semana) de las restricciones operativas (tiempos de viaje, rampas, tiempos mínimos) puede ser considerada o no en los estudios de planificación. Al activar esta opción, el modelo generará automáticamente las condiciones finales (agua en tránsito, generación, decisiones de *unit commitment*) en cada etapa que serán utilizadas como condiciones iniciales de la etapa siguiente, de manera que las restricciones mantengan el enlace cronológico durante todo el horizonte.
- Representar condición inicial del tiempo de viaje de agua en la primera etapa [Sí/No]: como no es posible definir la condición inicial del agua en tránsito para la primera etapa del horizonte, el modelo puede crear restricciones específicas que emulan este comportamiento en cada uno de los escenarios de la primera etapa del horizonte. Si esta opción está activa, el SDDP calculará el tiempo de viaje del agua en las primeras horas del estudio considerando que los turbinamientos de cada planta hidroeléctrica en horas previas al comienzo del estudio son iguales a los valores en las últimas horas de la primera etapa del estudio.
- Preservar cronología de los volúmenes en la transición entre etapas: si esta opción está activa, los volúmenes iniciales (de embalses de agua, contratos de combustible, reservorios de combustible y volúmenes de emisiones de gases) de cada etapa (mes/semana) serán iguales a los volúmenes finales de la etapa anterior calculados por el SDDP con resolución horaria, asegurando así la cronología entre etapas. De lo contrario, la simulación previa del modelo por bloques determinará la condición inicial de cada etapa del horizonte de la simulación horaria. La cronología en este segundo caso se preserva a través de las restricciones de volúmenes meta ya mencionadas previamente.

### 22.4.2.2 Representación intra-etapa

- Descomponer etapas en sub-etapas [Sí/No]: las etapas mensuales son automáticamente divididas en sub-etapas semanales (168 horas), de manera que el problema de optimización con granularidad horaria no sea tan complejo del punto de vista del número de variables/restricciones involucradas en cada problema. Al revés de solventar un único problema con más de 700 horas, esta opción descompone el problema en sub-etapas más sencillas de solventarse. Asociado a este tema, es la definición de la duración de las sub-etapas, donde para algunos sistemas de gran porte, la descomposición en sub-etapas diarias (24 horas) es necesaria para obtener tiempos de ejecución más razonables.
- Preservar las restricciones de rampa en la transición entre sub-etapas [Sí/No]: las restricciones de rampa pueden tornarse un problema en la descomposición de las etapas en sub-etapas, una vez que son restricciones duras (*hard constraints*, sin variable de holgura) y pueden ser un factor de infactibilidad durante las transiciones entre las sub-etapas. Esto puede ocurrir en cambios significativos de los escenarios de demanda y generación renovable a lo largo del horizonte conjuntamente con valores de rampa muy restrictivos.

### 22.4.2.3 Parámetros de optimización

- Representar variables binarias [Sí/No]: el despacho con *unit commitment* de las centrales térmicas, así como las restricciones operativas de tiempos mínimos requieren que esta opción esté habilitada. De lo contrario, estas restricciones no serán creadas por el modelo con representación horaria.
- Tolerancia relativa del MIP (p.u.): el modelo converge cuando la diferencia entre la mejor solución encontrada y un límite superior es menor que la tolerancia relativa definida. El valor estándar es de 0.005 p.u. (0.5%).
- Tiempo máximo de ejecución del MIP (segundos): en caso de no encontrar una solución con un gap de convergencia menor que la tolerancia relativa del MIP en el tiempo máximo definido, el modelo presenta la mejor solución encontrada hasta el momento. El tiempo máximo de ejecución del MIP es un valor definido por el usuario que se aplicará para cada etapa (mes/semana) del horizonte de planificación y será considerado de manera proporcional a la duración de las sub-etapas, caso esta opción esté habilitada.

## 22.5 Resultados

### 22.5.1 Mapa de calor de status de la ejecución por etapa y escenario

Algunos de los problemas MIP de optimización subyacentes resueltos por el SDDP pueden requerir un esfuerzo computacional substancial, especialmente los relacionados con la representación horaria. Para tener una mejor visión general del *trade-off* entre la calidad de la solución x esfuerzo computacional, hay un mapa de calor llamado "Status de la ejecución por etapa y escenario" en el Dashboard del SDDP. En este gráfico, el estado del problema resuelto en cada etapa y escenario se ilustra en un mapa de calor, de acuerdo con el siguiente esquema de color:

- **Verde (éxito):** problema de optimización resuelto con éxito;
- **Amarillo (advertencia):** se ha alcanzado el tiempo máximo de CPU y la solución factible encontrada excede la tolerancia de convergencia MIP;
- **Rojo (error):** no se ha encontrado una solución factible dentro del tiempo máximo de CPU.

Es muy importante revisar este mapa de calor después de las corridas horarias. En situaciones de advertencia y error, la recomendación inicial es de aumentar el tiempo máximo de ejecución de cada MIP para ver si el modelo, con más tiempo, logra encontrar la solución óptima para estos problemas de optimización (o al menos una solución factible para problemas de determinadas etapas/escenarios que están coloreados en rojo).

### 22.5.2 Módulo Graficador

Con la representación horaria, todos los resultados del SDDP que varían dentro de una etapa estarán disponibles para todas las horas de cada etapa. El módulo GRAPH se ha ampliado para manejar los resultados horarios. En lugar de la selección tradicional de bloques, los resultados se imprimirán de manera horaria.

Para más detalles al respecto del GRAPH, favor chequear el capítulo [Módulo Graficador](#).

22.5.2.1 Nuevas opciones gráficas

Las opciones de gráfico se han rediseñado y se ha agregado una nueva opción de gráfico para que sea más fácil ver los resultados horarios. La hoja generada será la misma, sin embargo, para cada nuevo gráfico preparado, se puede seleccionar una de las tres opciones:

- **No generar gráfico, apenas tabla:** la hoja de cálculo con resultados consolidados se generará en formato CSV, se abrirá en Excel y no se creará ningún gráfico para la visualización;
- **Estándar:** la hoja de cálculo con resultados consolidados se generará en formato CSV, se abrirá en Excel y se creará un único gráfico que consolida la visualización de todos los resultados generados;
- **Por etapa:** la hoja de cálculo con resultados consolidados se generará en formato CSV, se abrirá en Excel y se creará una hoja con una matriz gráfica, una para cada etapa seleccionada. El objetivo de este cuadro es permitir la visión general de los resultados por hora para todo el horizonte de interés organizando los resultados por etapa, como se ejemplifica en la siguiente figura.



## 23 ARCHIVOS DE SALIDA EN LA REPRESENTACIÓN HORARIA

### 23.1 Visión General

La resolución de problemas estocásticos de despacho con granularidad horaria es una tarea desafiante debido al aumento de la complejidad del problema, que exige una utilización de nuevos algoritmos para que los tiempos de resolución se mantengan aceptables. Además, el gran volumen de salidas puede crear embotellamientos de I / O y, en algunos casos, afectar drásticamente el rendimiento de la ejecución.

PSR realizó varias pruebas internas que apuntaron que casos que contienen un gran volumen de salidas, como los casos horarios o casos que poseen muchos bloques, pueden tener tiempos de ejecución en la simulación final hasta 10x menores cuando se utiliza la opción de salidas en formato BINARIO en lugar de la opción estándar de salidas en formato CSV.

Además de la potencial reducción en los tiempos de ejecución, el espacio en disco necesario para guardar salidas en formato binario es aproximadamente 3 veces menor cuando se compara con el espacio en disco necesario para guardar salidas en formato CSV. Esto se vuelve relevante una vez que el volumen de resultados de casos horarios es mucho mayor que el volumen de resultados de casos que utilizan representación por bloques.

El módulo GRAPH fue lanzado desde la versión 14 y funciona sin problemas, independientemente del tipo de formato seleccionado.

Debido a las razones anteriormente mencionadas, el formato CSV se ha descontinuado para casos que utilizan representación horaria y el formato BINARIO debe ser usado en su lugar.

De todos modos, aún es posible obtener salidas en formato CSV a partir de los resultados en formato BINARIO, como se describe en la siguiente sección.

### 23.2 Generando archivos CSV a partir de salidas en formato binario

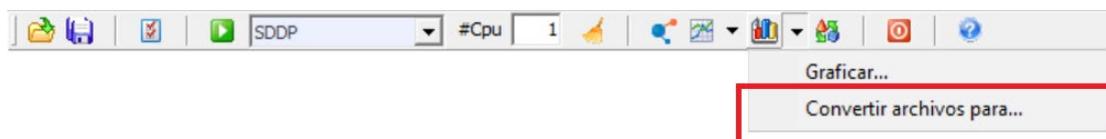
Hay dos alternativas para la conversión de archivos binarios en archivos en formato CSV estandarizados:

- Pela interfaz gráfica;
- Pela línea de comando.

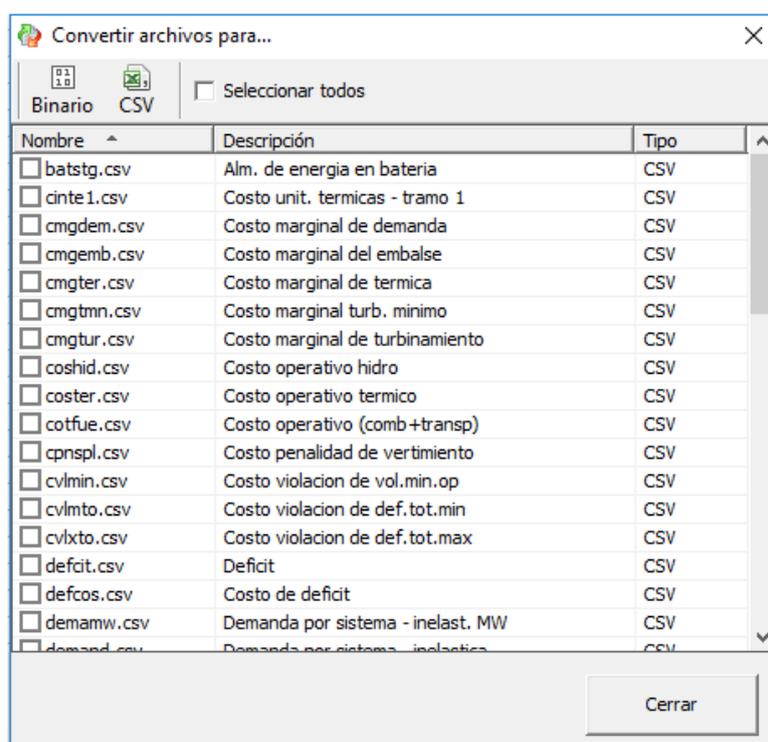
En ambos procesos mencionados anteriormente es posible convertir sólo los archivos de interés y mantener el resto de las salidas en formato binario. El proceso de conversión crea archivos en formato CSV adicionales en el directorio de datos. El módulo GRAPH siempre utilizará las salidas originales (en formato binario o CSV) generadas en la ejecución SDDP, mismo si hay archivos convertidos en el directorio.

### 23.2.1 El procedimiento de conversión a través de la interfaz gráfica

Hay un nuevo botón llamado "Convertir archivos para ..." en la pantalla de la interfaz SDDP que puede ser accedido por la barra de herramientas, como se muestra a continuación:



Esta herramienta permite la conversión de salidas seleccionadas del formato binario al formato CSV (para casos que generaron salidas en formato binario).



Este procedimiento debe realizarse después de la ejecución de cada caso.

### 23.2.2 El procedimiento de conversión a través de la línea de comando

El convertidor es una herramienta llamada `BIN2CSV.EXE`, que se encuentra en la carpeta `Oper` en el directorio de instalación del SDDP. Esta herramienta permite que el usuario convierta una sola salida o todas las salidas de una vez para el formato CSV o viceversa.

Si la herramienta es llamada por la línea de comandos sin ningún argumento, ella mostrará las opciones disponibles:

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.15063]
(c) 2017 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\>cd C:\PSR\Sddp15Beta\Oper

C:\PSR\Sddp15Beta\Oper>bin2csv.exe
BIN2CSV - version 1.5 (90f6e21-win32-intel15-release)

Converts SDDP output files in binary format (hdr/bin)
to csv format

Usage:

bin2csv [OPTIONS] -file <full filename without extension>
bin2csv [OPTIONS] -path <path containing indice.grf file>

Options
  -bin          convert CSV to HDR/BIN format
  -path_out <PATH> Optional path for output files
                  If not informed, output will be created in the input path
  -csv-as-dat   use DAT extension when converting from HDR/BIN to CSV
  -v            increase verbosity to print debug information
  -help        shows this help

Remarks:
  Use simple quotes at the beginning and ending of filenames/paths with spaces

Report bugs to <sddp@psr-inc.com>

C:\PSR\Sddp15Beta\Oper>

```

### 23.2.2.1 Convertir un solo archivo

Para convertir el archivo "Costo marginal de demanda" del formato binario al formato CSV, por ejemplo, se debe llamar el convertidor desde la línea de comandos utilizando la siguiente sintaxis:

```
bin2csv.exe -file C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem
```

el convertidor imprime en la pantalla el siguiente mensaje:

```

BIN2CSV - version 1.5 (90f6e21-win32-intel15-release)

Converting from HDR/BIN to CSV:
  Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.hdr
  Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.bin
  Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.csv

Done!

```

### 23.2.2.2 Convertir todas las salidas

Para convertir todas las salidas generadas por la ejecución del caso "Example" del formato binario al formato CSV, el convertidor debe ser llamado desde la línea de comandos utilizando la siguiente sintaxis:

```
bin2csv.exe -path C:\PSR\Sddp15.0\Example
```

el convertidor imprime en la pantalla el siguiente mensaje:

```
BIN2CSV - version 1.5 (90f6e21-win32-intel15-release)
```

```
Converting from HDR/BIN to CSV:
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\inflow.hdr
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\inflow.bin
```

```
Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\inflow.csv
```

```
(...)
```

```
Converting from HDR/BIN to CSV:
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerhid.hdr
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerhid.bin
```

```
Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerhid.csv
```

```
Converting from HDR/BIN to CSV:
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerter.hdr
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerter.bin
```

```
Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\gerter.csv
```

```
Converting from HDR/BIN to CSV:
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.hdr
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.bin
```

```
Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\cmgdem.csv
```

```
Converting from HDR/BIN to CSV:
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\duraci.hdr
```

```
Input : C:\PSR\Sddp15.0\Example\duraci.bin
```

```
Output: C:\PSR\Sddp15.0\Example\duraci.csv
```

```
(...)
```

```
Done!
```

### 23.2.3 Automatización del proceso vía *post-run hook*

El esquema *post-run hook* sirve para desencadenar secuencias de comandos personalizados después de una ejecución exitosa de un estudio. Para habilitar el *post-run hook*, es necesario colocar el archivo `post-run.bat` en la carpeta `Oper` del directorio de instalación SDDP. Después de una ejecución exitosa, el script será llamado y el directorio del caso será pasado como argumento.

Hay un ejemplo de la secuencia de comandos en la carpeta `Oper` del directorio de instalación SDDP, llamado `post-run.sample` que se puede copiar y renombrar para `post-run.bat` para habilitar el script definido por el usuario.

```

:: An example hook script that is called after a successful
:: run is made.
::
:: To enable this hook, rename this file to "post-run.bat".

:: -----
:: Main parameters
:: -----
SET PATH_DATA=%~f1
SHIFT

:: -----
:: User-defined action
:: -----

:: example.exe %PATH_DATA%

```

#### Script post-run.sample

Este esquema puede ser utilizado para la automatización de la ejecución de cualquier procedimiento después de una corrida SDDP. Por ejemplo, describiremos en las próximas secciones cómo automatizar la ejecución del módulo GRAPH y del convertidor BIN2CSV.

#### 23.2.3.1 Automatización de la ejecución del módulo GRAPH

Para automatizar la ejecución del módulo GRAPH después de la ejecución del SDDP, es necesario abrir el módulo GRAPH, definir los gráficos de interés y seleccionarlos para que sean creados. Esta configuración se guardará en el archivo `instruc.grf` que servirá de archivo de entrada para que el módulo GRAPH genere automáticamente los archivos de estadísticas.

Adicionalmente, el script abajo debe ser definido para la automatización de la ejecución del módulo GRAPH:

```

:: An example hook script that is called after a successful
:: run is made.
::
:: To enable this hook, rename this file to "post-run.bat".

:: -----
:: Main parameters
:: -----
SET PATH_DATA=%~f1
SHIFT

:: -----
:: Running GRAPH module
:: -----
IF EXIST "%PATH_DATA%\instruc.grf" (
  ECHO -----
  ECHO Running Graph...
  ECHO -----
  CALL graf.exe
  ECHO.
)

```

script post-run.bat para la automatización de la ejecución del módulo GRAPH

### 23.2.3.2 Automatización de la ejecución de la herramienta de conversión

Para automatizar la ejecución de la herramienta de conversión BIN2CSV después de ejecutar el SDDP, se necesita configurar en el script `post-run.bat` las llamadas de la herramienta de conversión, de acuerdo con las salidas que se desea convertir.

```

:: An example hook script that is called after a successful
:: run is made.
::
:: To enable this hook, rename this file to "post-run.bat".

:: -----
:: Main parameters
:: -----
SET PATH_DATA=%~f1
SHIFT

:: -----
:: Running BIN2CSV conversion tool
:: -----
ECHO -----
ECHO Converting files to CSV format
ECHO -----
bin2csv.exe -file %PATH_DATA%\cmgdem
bin2csv.exe -file %PATH_DATA%\gerter
bin2csv.exe -file %PATH_DATA%\gerhid

```

**script `post-run.bat` para la automatización de la conversión de archivos del formato binario al formato CSV**

En el ejemplo anterior, los archivos binarios "Costo marginal de demanda", "Generacion termi-ca" y " Generacion hidro" se convierten al formato CSV después de la ejecución del SDDP.

## 24 ESTRATEGIA DE HORIZONTE RODANTE

El *trade-off* entre los beneficios inmediatos de generar más energía hidráulica hoy vaciando los embalses; y el aumento esperado de los costos futuros porque se transfiere menos energía hidráulica a las siguientes etapas es el núcleo del algoritmo SDDP. Una pregunta interesante relacionada con este *trade-off* es: ¿hasta qué punto se ven afectados los costos operativos en el futuro por la decisión de programación de hoy? Es intuitivo ver que este "horizonte de influencia" depende de la capacidad de almacenamiento del sistema. La mayoría de los sistemas tienen un almacenamiento estacional, lo que significa que su decisión de programación no afecta la operación del año siguiente. Algunos sistemas tienen un almacenamiento anual, lo que se traduce en un horizonte de influencia de un año más. Y unos pocos sistemas tienen almacenamiento plurianual, con sus correspondientes horizontes de influencia de unos tres años.

La estrategia de "horizonte rodante" (HR) consiste en particionar el horizonte de estudio y calcular la política operativa del sistema para cada uno de los subhorizontes de forma encajonada. Esto significa que un estudio SDDP para un horizonte de planificación largo, por ejemplo, 15 años, puede realizarse mediante un esquema de HR: primero se ejecuta para los años 1-5 (tres años "verdaderos", más dos de *buffer*); luego para los años 4-8 (utilizando como almacenamiento inicial para enero del año 4 el conjunto de almacenamientos finales al final de diciembre del año 3); para los años 7-11; y así sucesivamente.

¿Cuáles son las ventajas de utilizar este esquema de HR? La ventaja más importante es garantizar que los costos marginales y otros resultados de los últimos años sean tan precisos como los de los primeros.

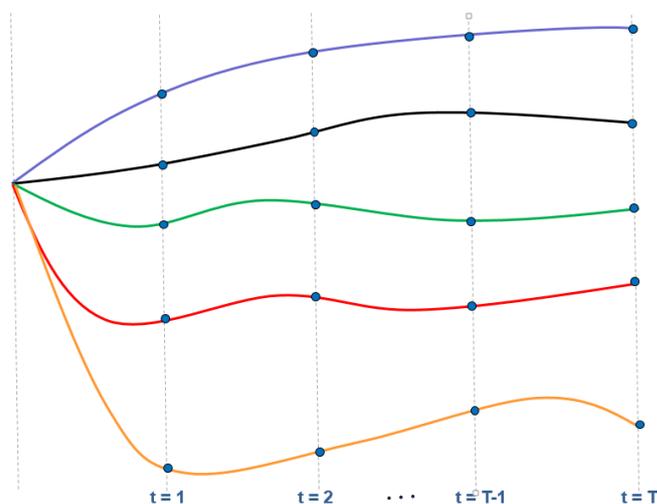
Dada esta ventaja del esquema de HR, la siguiente pregunta es: ¿aumentará el tiempo total de ejecución? Según las pruebas empíricas que involucran muchos sistemas con diferentes capacidades de almacenamiento y *mix* de generación, la respuesta es: es probable que el tiempo total de ejecución con la aplicación de HR sea igual o incluso menor. Esta nueva funcionalidad está disponible en la pantalla "Opciones de ejecución > Despacho económico > Horizonte rodante".

## 25 EXECUCIÓN PARALELA

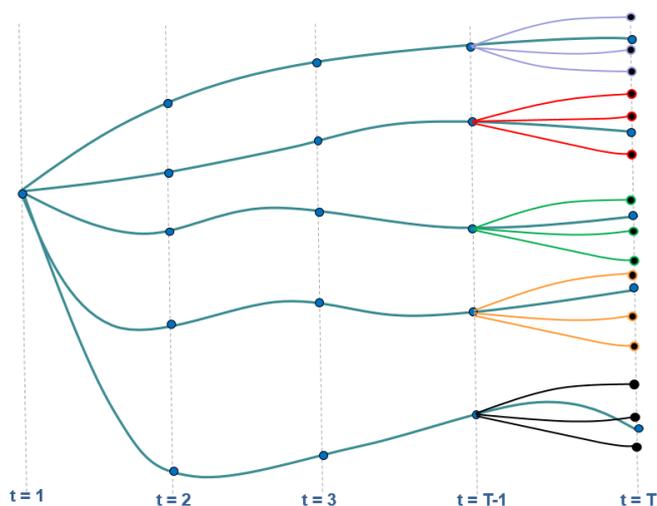
### 25.1 Distribución paralela

El esquema de ejecución paralela del SDDP é manejado de la siguiente forma:

**Fase Forward:** los escenarios son solucionados en paralelo pelos procesos involucrados en la ejecución. Después de la solución de todos los escenarios, el algoritmo avanza para la próxima etapa.



**Fase Backward:** todos los escenarios backward asociados a un determinado escenario forward de una determinada etapa son solucionados por el mismo procesador. Después de la solución de todos los escenarios backward de todos los escenarios forward, el algoritmo retrocede para la etapa anterior.



Más informaciones sobre las fases forward y backward del algoritmo SDDP pueden ser encontradas en el Manual de Metodología del SDDP.

**Resultados:** durante la fase de simulación final, el primero proceso del nodo “master” es dedicado a la escritura de todos los resultados.

## 25.2 Selección del número de nodos y de procesos

Como cada escenario forward será solucionado por lo máximo un procesador, no hay razón para utilizar más procesadores que el número de escenarios forward. En verdad, el número de procesadores exceder el número de escenarios forward, la comunicación entre ellos puede resultar en una degradación significativa de performance. Para alcanzar mejor performance, PSR recomienda que el número de procesos paralelos definidos por el usuario no debe exceder: (i) el número de núcleos físicos del procesador y (ii) el número de escenarios forward.

Pruebas internas resultaran que, en muchos casos, el número de procesadores ideal a utilizar debe variar entre un tercio y la mitad del número de escenarios forward del estudio. Sin embargo, PSR alienta que los usuarios realicen sus propias pruebas de performance para definir la configuración más eficiente para sus casos. Caso cualquier tipo de ayuda sea necesaria, por favor contacte el soporte técnico del SDDP por e-mail.

## 25.3 Ajustando la ejecución paralela

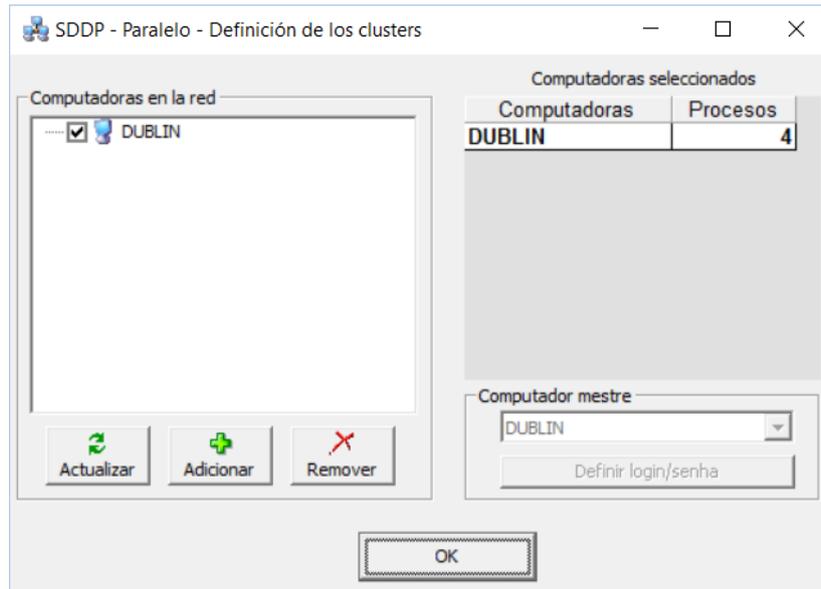
La licencia estándar del SDDP permite el procesamiento paralelo utilizando todos los procesadores disponibles en su computadora. La ejecución paralela puede ser definida de los siguientes modos:

### 25.3.1 A partir de la interface gráfica

Puede ser definida fácilmente por la interface, a través de la selección de la opción “SDDP Paralelo” en la barra de tareas:



También es necesario definir las informaciones acerca de los nodos que serán utilizados en la ejecución paralela en la pantalla “Definición del clúster”, accedida por el botón . En esta pantalla, es posible seleccionar los computadores que serán usados en la ejecución e o número de procesos que cada uno utilizará:



### 25.3.2 A partir da línea de comando

Se no se desea utilizar la interfaz para la ejecución de casos en paralelo, los siguientes pasos se deben seguir:

*Paso 1)* Crear el archivo MPD.HOSTS

Archivo texto conteniendo el nombre de todas las computadoras que participarán de la ejecución y el número de procesos en cada computadora. Cada línea del archivo se debe definir como:

```
<Nombre de la computadora>:<Número de procesos>
```

La primera línea define la computadora maestra. Este archivo debe estar ubicado en la misma carpeta de la aplicación "sddpar.exe" (la carpeta estándar es <Carpeta de instalación del SDDP\OPER>) Un ejemplo de esto archivo se muestra a continuación:

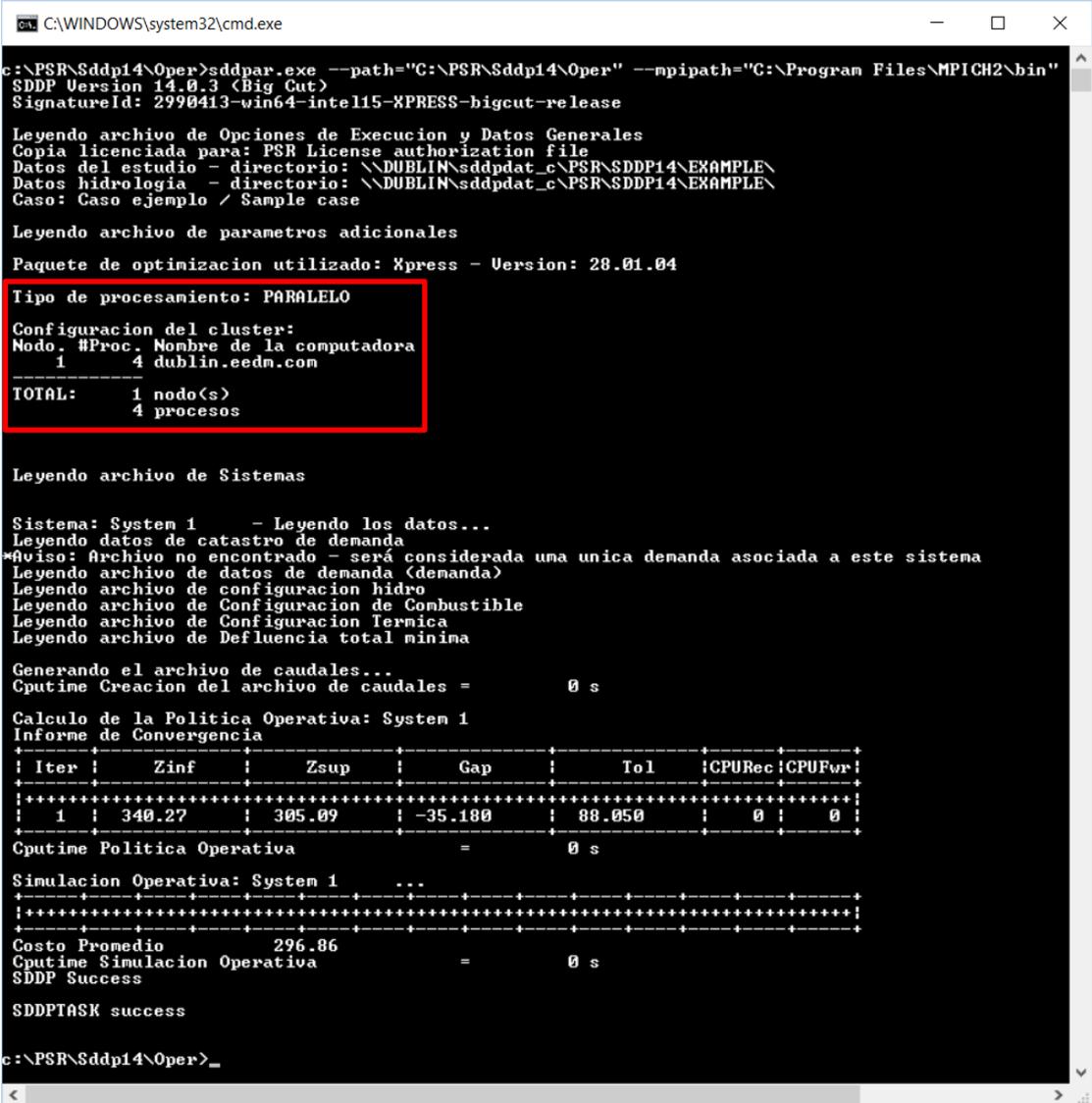
```
DUBLIN: 4
```

*Paso 2)* Ejecutar la aplicación "sddpar.exe" a partir de la línea de comando. Los siguientes argumentos deben ser definidos:

```
--path=<PATH>          <PATH>: carpeta "Oper" del SDDP
--mpipath=<PATH>       <PATH>: carpeta de instalación del MPI
```

Es posible chequear se la ejecución es realizada en modo paralelo o no a través del log de ejecución en la parte que indica "Tipo de procesamiento" ("SECUENCIAL" o "PARALELO"), que aparece tanto en la salida de la pantalla como en el archivo sddp.out. En el caso de modo

“PARALELO”, el número total de procesos también es especificado, como se muestra en la figura a continuación.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
c:\PSR\Sddp14\Oper>sddpar.exe --path="C:\PSR\Sddp14\Oper" --mpipath="C:\Program Files\MPICH2\bin"
SDDP Version 14.0.3 (Big Cut)
SignatureId: 2990413-win64-intel115-XPRESS-bigcut-release

Leyendo archivo de Opciones de Ejecucion y Datos Generales
Copia licenciada para: PSR License authorization file
Datos del estudio - directorio: \\DUBLIN\sddpdat_c\PSR\SDDP14\EXAMPLE\
Datos hidrologia - directorio: \\DUBLIN\sddpdat_c\PSR\SDDP14\EXAMPLE\
Caso: Caso ejemplo / Sample case

Leyendo archivo de parametros adicionales
Paquete de optimizacion utilizado: Xpress - Version: 28.01.04
Tipo de procesamiento: PARALELO
Configuracion del cluster:
Nodo. #Proc. Nombre de la computadora
1 4 dublin.eedm.com
TOTAL: 1 nodo(s)
4 procesos

Leyendo archivo de Sistemas

Sistema: System 1 - Leyendo los datos...
Leyendo datos de catastro de demanda
Aviso: Archivo no encontrado - será considerada una unica demanda asociada a este sistema
Leyendo archivo de datos de demanda (demanda)
Leyendo archivo de configuracion hidro
Leyendo archivo de Configuracion de Combustible
Leyendo archivo de Configuracion Termica
Leyendo archivo de Defluencia total minima

Generando el archivo de caudales...
Cputime Creacion del archivo de caudales = 0 s

Calculo de la Politica Operativa: System 1
Informe de Convergencia
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Iter | Zinf | Zsup | Gap | Tol | CPURec | CPUFwr |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | 340.27 | 305.09 | -35.180 | 88.050 | 0 | 0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
Cputime Politica Operativa = 0 s

Simulacion Operativa: System 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
Costo Promedio 296.86
Cputime Simulacion Operativa = 0 s
SDDP Success

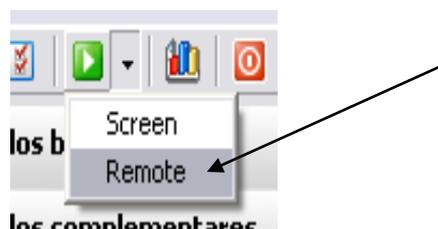
SDDPTASK success
c:\PSR\Sddp14\Oper>_

```

Ejemplo de ejecución en paralelo

## 26 EJECUCIÓN REMOTA

En la pantalla principal del SDDP se tiene acceso a la *Ejecución Remota* del programa, presionando el botón de ejecución, como se muestra a continuación:



Al entrar en esta pantalla se debe informar el usuario, la contraseña de su catastro en el portal de PSR. Caso aún no sea un usuario registrado, presione el botón *[Registrar]*, conforme se ilustra en la siguiente figura:

 A screenshot of a dialog box titled 'PSR Cloud - Ejecución remota - Versión 3.1.0'. The dialog has a light grey background and a red close button in the top right corner. At the top left, there is a cloud icon and the text: 'Digite la identificación de usuario, la seña, seleccione el cluster y el número de procesos para que el estudio sea ejecutado remotamente'. Below this text, there are four input fields: 'Usuario' with the value 'user', 'Seña' with masked characters 'xxxxxxxx', 'Cluster de servidores remotos' with a dropdown arrow, and 'Número de procesos' with the value '8'. To the right of the 'Usuario' field is a blue link labeled '[Registrar]'. Below the 'Seña' field is a button labeled 'Importar cluster'. On the right side of the dialog, there are four buttons: 'Ejecutar' (with a green play icon), 'Salir' (with a red stop icon), 'Cancelar' (with a grey stop icon), and 'Actualizar status' (with a refresh icon).

El paso siguiente es la importación de la lista de clústeres disponibles. Seleccione el clúster deseado y el número de procesos que serán utilizados (este número debe ser necesariamente un múltiplo de 8).

Al presionar el botón *Ejecutar* la base de datos local comienza a ser cargada remotamente. La siguiente pantalla muestra que este paso de la ejecución fue finalizada con éxito.

PSR Cloud - Ejecución remota - Versión 3.1.0

Digite la identificación de usuario, la seña, seleccione el cluster y el número de procesos para que el estudio sea ejecutado remotamente

[Registrar]

Usuario: user

Seña: \*\*\*\*\*

Cluster de servidores remotos: PSR007V\_LIN

Número de procesos: 24

Importar cluster

Ejecutar

Salir

Cancelar

Actualizar status

**Nuevo**

agregado en la cola con éxito

Durante la ejecución son realizadas actualizaciones periódicas del status de convergencia, como ilustrado en la siguiente figura. La actualización del status puede también ser solicitada por el usuario, presionando el botón *Actualizar status* disponible en la interfaz gráfica.

**PSR Cloud - Ejecución remota - Versión 3.1.0**

Digite la identificación de usuario, la contraseña, seleccione el cluster y el número de procesos para que el estudio sea ejecutado remotamente

[Registrar]

Usuario: user

Seña: \*\*\*\*\*

Cluster de servidores remotos: PSR007V\_LIN

Número de procesos: 24

Ejecutar

Salir

Cancelar

Actualizar status

---

SDDP Version 10.0

Leyendo archivo de Opciones de Ejecución y Datos Generales

Copia licenciada para:

Datos del estudio - directorio: /home/user/3641/

Datos hidrológica - directorio: /home/user/3641/

Caso: Caso ejemplo / Sample case

Leyendo archivo de parámetros adicionales

Paquete de optimización utilizado: Xpress - Version: 18.10

-----

Tipo de procesamiento: PARALELO

Configuración del cluster:

#Proc. Nombre de la computadora

8 domU-12-31-39-04-D8-D1

8 domU-12-31-39-04-DA-11

Finalizada la convergencia, comienza la actualización de resultados de la base remota para la base local. Este procedimiento es automático, como mostrado en la siguiente pantalla.

```

Bajando archivos...
12/3/2008 10:03:44 AM [DEBUG] removed '2395_resultados.aa'
12/3/2008 10:03:45 AM [INFO] Download Informes.
12/3/2008 10:03:45 AM [INFO] Iniciando divisao remota de archivos.
12/3/2008 10:03:49 AM [DEBUG] removed '2395_relac.aa'
12/3/2008 10:03:51 AM [INFO] Download0de1
12/3/2008 10:03:54 AM [INFO] download2395_relac.aa
12/3/2008 10:03:59 AM [INFO] Download1de1
12/3/2008 10:04:01 AM [INFO] Limpando partes remota.
12/3/2008 10:04:04 AM [DEBUG] removed '2395_relac.aa'
12/3/2008 10:04:04 AM [INFO] Download Función de costo futuro.
12/3/2008 10:04:04 AM [INFO] Iniciando divisao remota de archivos.
12/3/2008 10:04:07 AM [DEBUG] removed '2395_fcf.aa'
12/3/2008 10:04:09 AM [INFO] Download0de1
12/3/2008 10:04:12 AM [INFO] download2395_fcf.aa
12/3/2008 10:04:16 AM [INFO] Download1de1
12/3/2008 10:04:19 AM [INFO] Limpando partes remota.
12/3/2008 10:04:21 AM [DEBUG] removed '2395_fcf.aa'
12/3/2008 10:04:21 AM [INFO] Download Demás archivos.
12/3/2008 10:04:21 AM [INFO] Iniciando divisao remota de archivos.

```

Una vez terminado el programa y finalizada la actualización de resultados para el directorio de datos, es posible acceder a todos los archivos generados por el programa (archivos de informes, salidas csv para utilización del programa graficador, función de costo futuro y volúmenes iniciales, etc.), de la manera habitual de una ejecución local.

Caso encuentre alguna dificultad en la ejecución remota del SDDP, por favor entre en contacto con el soporte a través del e-mail [sddp@psr-inc.com](mailto:sddp@psr-inc.com).

## 27 SALIDAS ADICIONALES

El modelo SDDP produce, adicionalmente a las salidas en planillas seleccionadas por el usuario, los siguientes archivos:

Nombre	Tipo	Descripción
sddp.out	ASCII	Contiene la reproducción de los datos del estudio; el informe de convergencia por iteración y el tiempo total de procesamiento.
sddpcope.csv	Microsoft Excel	Contiene el resumen de los costos operativos por serie, así como el desvío estándar, costo mínimo, máximo y medio.
sddpgrxx.csv	Microsoft Excel	Contiene el resumen de la generación final, por planta, del sistema xx.
sddpctxx.csv	Microsoft Excel	Contiene el resumen del costo final, por planta, del sistema xx.
sddprisk.csv	Microsoft Excel	Contiene el riesgo de déficit anual por sistema.
sddpconv.csv	Microsoft Excel	Contiene un resumen del proceso de convergencia
sddpcmga.csv	Microsoft Excel	Contiene costo marginal de la demanda promedio anual

## 28 MÓDULO GRAFICADOR

### 28.1 Introducción

El programa SDDP provee una opción para graficar los resultados de la simulación. Para accederlo presione el botón del mouse en ícono en el menú superior, de acuerdo con la figura a continuación:



Posteriormente, el programa entra en la pantalla principal del graficador. Existen seis actividades en la pantalla del graficador del SDDP:

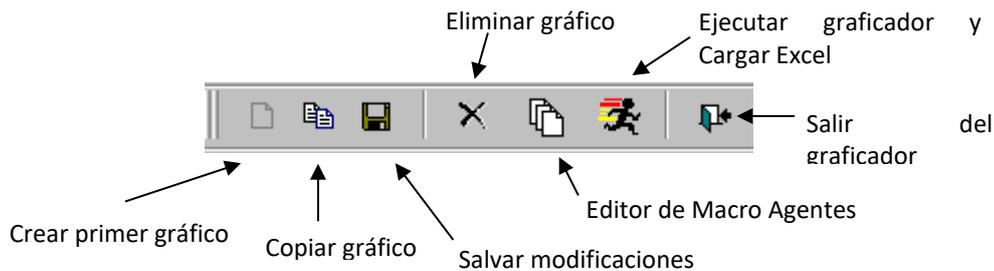
- Opciones generales
- Selección de etapa
- Selección de bloque
- Selección de series
- Título de los ejes
- Selección de variables, agentes y macro agentes

También existe la opción Macro Agente que provee la edición de la definición de los macro agentes. Macro Agentes son agentes compuestos por la combinación lineal de  $n$  agentes. Por ejemplo, podemos definir un macro agente llamado HidroX. Este macro agente está asociado a una variable (por ejemplo, Generación Hidro), y contiene la suma de la generación de las plantas hidroeléctricas de la empresa X. Los agentes seleccionados serían las plantas hidráulicas de X. Dos Macro Agentes son generados automáticamente: TotalHidro (con la producción hidroeléctrica total) y TotalTerm (con la producción térmica total)

Una vez escogidas todas las opciones, presione el botón Graficar para generar estos gráficos para Excel.

El programa SDDP provee una opción para graficar los resultados de la simulación. Para esto, presione el botón del mouse en el icono de ejecución de la barra de menú de la pantalla **Ejecución**. Posteriormente, el programa entra en la pantalla principal del graficador.

### 28.2 Opciones generales



a) Creando el primer gráfico

Si no existen gráficos, la única opción disponible es Añadir. Presione en el icono de creación de nuevos gráficos. Entre con el nombre del gráfico y presione el botón Ok. Note que todas las opciones están habilitadas en la pantalla principal.

#### b) Seleccionando gráficos

El programa SDDP permite la definición de varios gráficos. escoja un gráfico a partir del menú localizado en la parte superior de la pantalla, que contiene la lista de todos los gráficos creados.

#### c) Cambiando de nombre los gráficos

Renombre gráficos con el siguiente procedimiento:

- Escoja el gráfico de la lista.
- Ingrese el nuevo nombre. Note que las modificaciones se realizan automáticamente en la lista.

#### d) Copiando gráficos (creando nuevos gráficos)

Copie gráficos existentes con el siguiente procedimiento:

- Seleccione un gráfico de la lista.
- Presione el botón Copiar Gráfico.
- Ingrese el nombre del nuevo gráfico y presione el botón Ok. Un nuevo gráfico se crea, con los mismos parámetros del gráfico original.

#### e) Eliminando gráficos

Elimine gráficos con el siguiente procedimiento:

- Seleccione el gráfico de la lista.
- Presione el botón Eliminar.
- Confirme la eliminación del gráfico.

### 28.3 Selección de etapa

La selección se realiza de la lista de Etapas, como se muestra en la siguiente figura:

Etapas	
Inicial	1
Final	8
Bloques	
	1996
	1997
	1998

**Importante:** no haga una selección inválida, como, por ejemplo, tener una etapa inicial posterior a la etapa final. Este error solo se detecta cuando se intenta ejecutar el graficador a través del botón **Graficar**.

## 28.4 Selección de bloques de demanda

Presione en los botones de los bloques que desea seleccionar. Para cancelar la selección, presione de nuevo en el bloque en deseado.

Las próximas opciones son:

<b>Sumar valores por bloque</b>	Agrupar valores por etapa
<b>Sumar etapas por año</b>	Agrupar valores por año

## 28.5 Selección de series

Si la opción *Seleccionar Todas* no está marcada, al presionar el botón, se puede seleccionar secuencias específicas:



Las cinco opciones restantes del módulo de Series están descritas en la tabla siguiente:

<b>Grafica Series</b>	serán graficadas las trayectorias individuales asociadas a los escenarios de hidrología
<b>Grafica Promedio</b>	el promedio de las secuencias seleccionadas será graficado
<b>Grafica Desv. Standard</b>	grafica la desviación standard de las secuencias seleccionadas
<b>Grafica cuantil superior</b>	grafica el cuantil superior de x%, que es el valor $Q_x$ tal que $P(Q < Q_x) = x / 100$ , donde Q es la variable seleccionada
<b>Grafica cuantil inferior</b>	grafica el cuantil inferior de x%, que es el valor $Q_x$ tal que $P(Q > Q_x) = x / 100$ , donde Q es la variable seleccionada

## 28.6 Título de los ejes (opcional)

Ingrese las etiquetas para los ejes X, eje Y, y eje secundario. Esta información no es obligatoria.

## 28.7 Selección de variables, agentes y macro agentes

Las variables son entidades con características del sistema que se aplican a los agentes. Como ejemplo la variable Generación Hidráulica se aplica a las plantas hidráulicas que vienen a ser los agentes. Análogamente, la variable Consumo de Combustibles se aplica a los combustibles, que son los agentes en este caso.

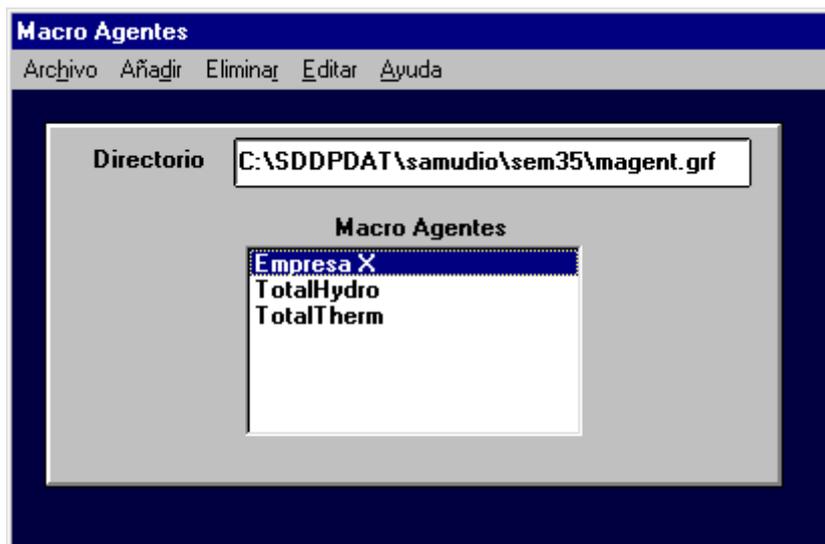
Seleccione variables presionando el botón Variables, en la pantalla principal del graficador.

Luego aparecerá una nueva pantalla. La selección de las variables se efectuada con los botones (<<) y (>>). Presionando la tecla CTRL conjuntamente con las flechas arriba o abajo, se puede escoger múltiples variables. Las variables seleccionadas aparecen en la lista de Variables Seleccionadas de la pantalla principal.

El proceso de selección de agentes y de macro agentes es análogo al de variables.

## 28.8 El editor de macro agentes

SDDP permite crear archivos con la definición de macro agentes - lo que resulta en una mayor flexibilidad, ya que archivos de macro agentes pueden ser creados sobre medida para determinados estudios. Al módulo de manipulación de macro agentes se accede a través del icono del editor de Macro Agentes, ubicado en la parte superior de la pantalla del graficador.



Para leer un archivo de macro agentes existente, escoja la opción **Abrir** del menú Archivo.

Para crear un nuevo archivo, editar el macro agente actual y después gravar con el nombre de un nuevo archivo (opción **Salvar como**)

- **Añadiendo macro agentes**

Añade gráficos con el siguiente procedimiento:

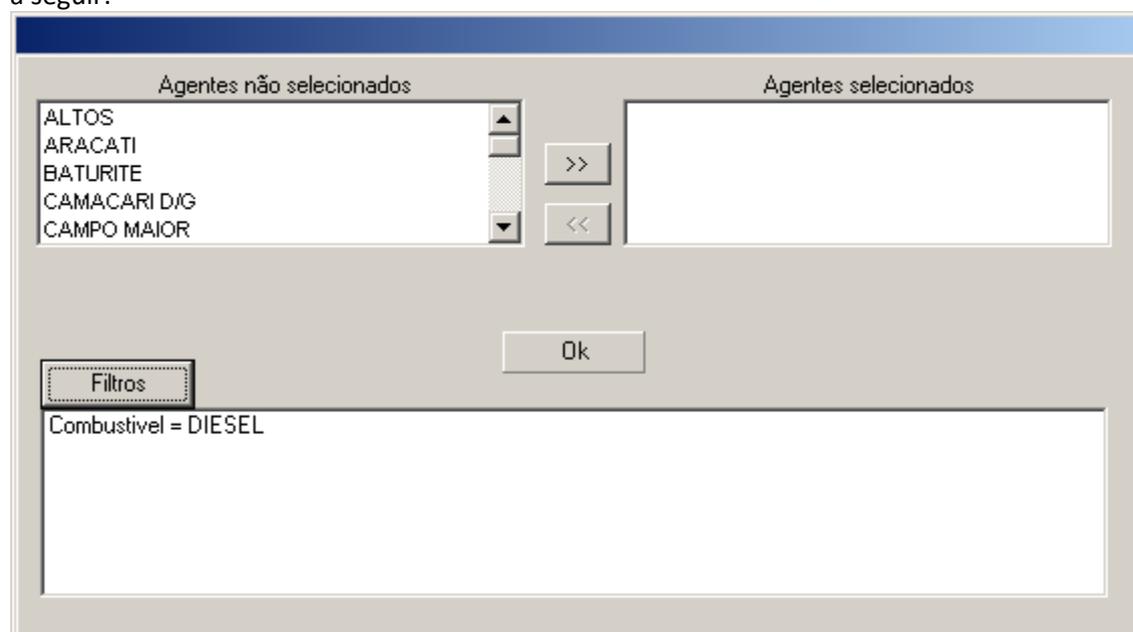
- a) Presione el botón Añadir
- b) Entre con el nombre del nuevo macro agente. Presione Ok.
- c) Escoja una variable para la cual el nuevo macro agente se aplica. Presione Ok.
- d) Seleccione agentes. Entre con sus respectivos coeficientes. Si ningún coeficiente es definido, SDDP asume el valor 1. Esto significa que la combinación lineal, en verdad, se convierte en una suma. Presione el botón Ok.
- Eliminando un macro agente
  - a) Escoja el macro agente de la lista de los macro agentes.
  - b) Presione el botón Elimina.
  - c) Confirme la eliminación del macro agente
- Editando un macro agente
  - a) Seleccione el macro agente de la lista
  - b) Presione el botón Editar
  - c) Seleccione la variable correspondiente a este macro agente
  - d) Ahora adicione o elimine los agentes de la lista, modifique los coeficientes, etc. Presione el botón Ok.

## 28.9 Filtros

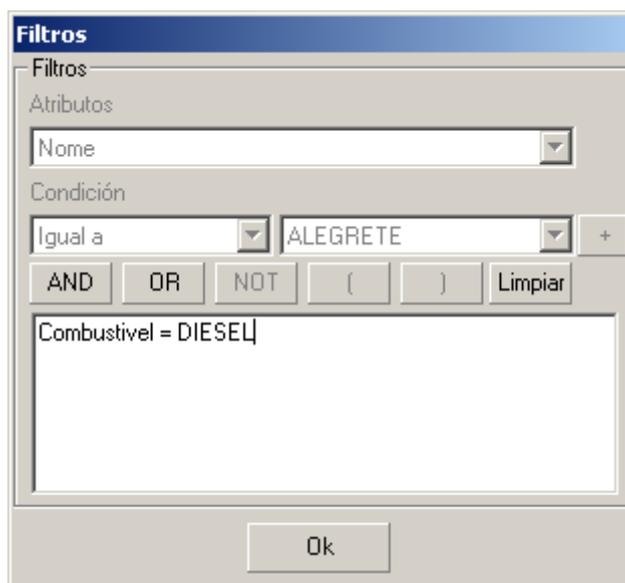
Los filtros son herramientas del ambiente graficador que facilitan la selección de los agentes mediante el uso de atributos.

Dado el concepto de *Variable* (generación térmica, flujo en los circuitos, costo marginal de la demanda, etc.) y *Agentes* (hidroeléctricas, térmicas, barras, etc.), los *Filtros* consisten en herramientas utilizadas para seleccionar *Agentes* mediante el valor de un *Atributo* o mediante la composición de varios *Atributos*.

El botón de selección de filtros, dentro de la la pantalla de selección de agentes, es ilustrado a seguir:

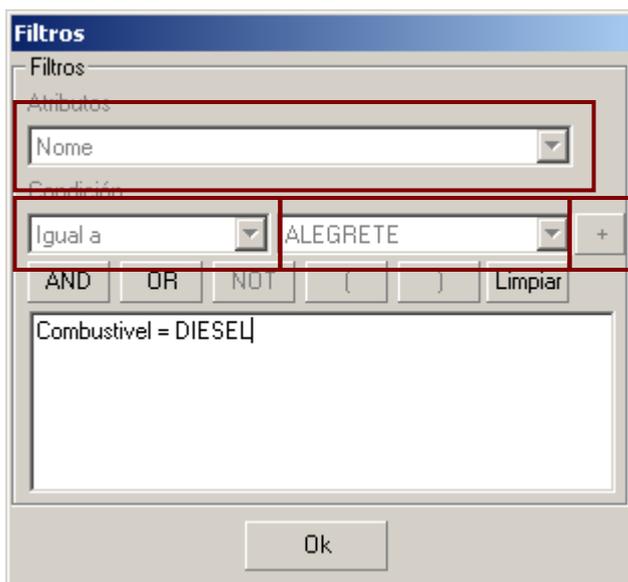


Una vez presionado el botón Filtros, la siguiente pantalla es activada:



La pantalla de selección de filtros permite crear y ejecutar sofisticados filtros para la selección precisa de los agentes a través de combinaciones de restricciones a los atributos. Para realizar estas combinaciones están disponibles los operadores lógicos **AND**, **OR** y **NOT**; y paréntesis **(** y **)**, que ayudan en la construcción de la expresión lógica deseada.

Para adicionar una restricción a un determinado atributo, los siguientes pasos deben ser seguidos:



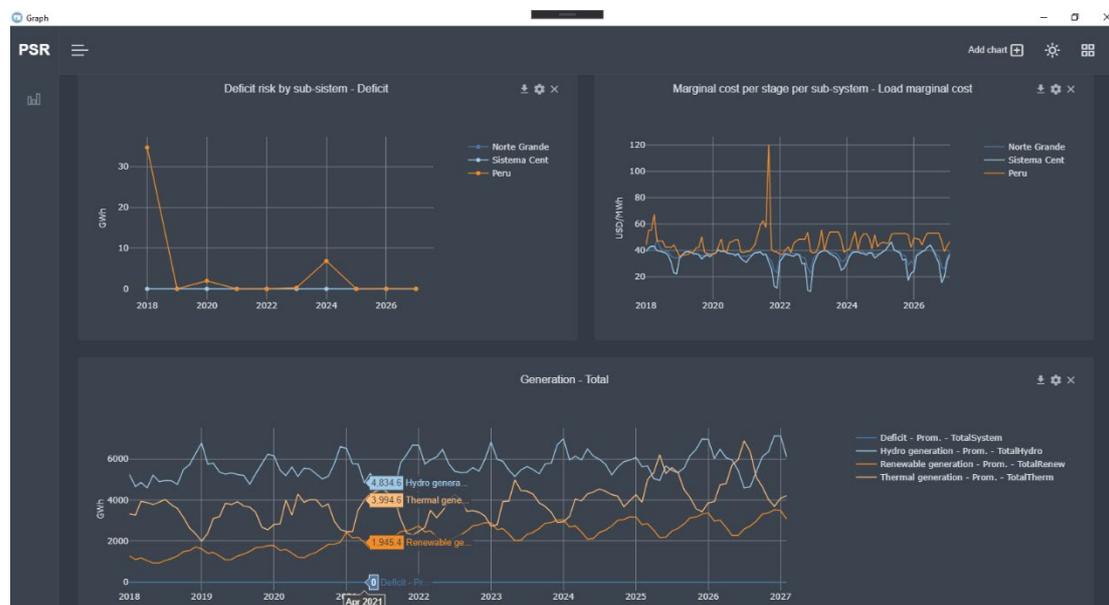
1. Seleccionar el atributo
2. Seleccionar el tipo de restricción:
  - **Entre**

- Igual a
  - Mayor que
  - Mayor o igual a
  - Menor que
  - Menor o igual a
3. Informar el valor de la restricción
  4. Presionar el botón de adicionar 

Para eliminar la expresión se utiliza el botón .

## 28.10 Nueva herramienta de visualización

Existe una nueva herramienta para visualizar los resultados del SDDP. Las opciones de selección estándar para generar un nuevo gráfico son principalmente las mismas que las del módulo graficador tradicional, mientras que la interfaz principal se ha rediseñado para mejorar la experiencia del usuario. Los gráficos están organizados en un *dashboard* intuitivo y personalizable para facilitar la visualización de los resultados del SDDP:



Para acceder a él, haga clic en la flecha situada junto al botón del módulo de gráficos () y seleccione la opción "Graph 4.0Beta".

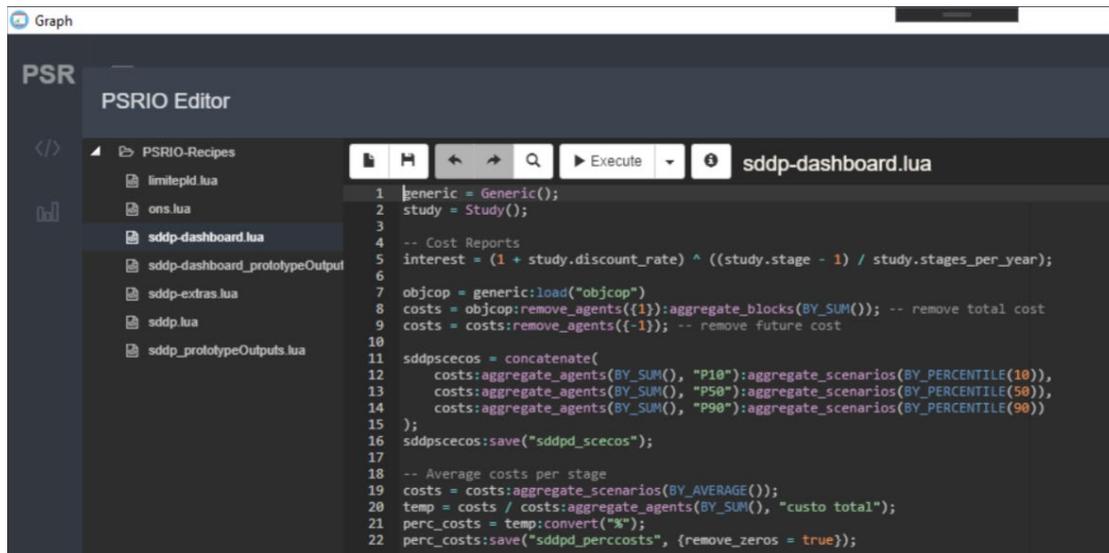
Para más detalles, visite la documentación del Graph en <https://psrenergy.github.io/graph-docs>.

## 29 PSRIO

El procesamiento de los datos de entrada y salida es un paso fundamental para entender los resultados, preparar los estudios y relacionarlos con otros modelos. El uso de herramientas tradicionales como Excel o rutinas a medida para el procesamiento de archivos específicos es laborioso, repetitivo y propenso a errores. Además, conllevan limitaciones relacionadas con la escalabilidad debido al aumento del volumen de resultados originado por la mayor complejidad y detalle en la representación del SDDP.

Centrándonos en esta cuestión, hemos desarrollado el PSRIO para complementar el conjunto de herramientas de procesamiento y visualización de PSR. Se trata de un intérprete de scripts para el lenguaje Lua con extensiones para el manejo de las bases de datos de los modelos de PSR (entrada y resultados) que realiza varias operaciones matemáticas, estadísticas y de procesamiento de datos especificadas por el usuario de forma rápida, personalizable y extremadamente amigable. Es posible realizar operaciones como la adición de resultados de agentes, el promedio de escenarios, el cálculo de percentiles, la conversión de unidades y varias otras con pocas líneas de script sin preocuparse con fórmulas o la programación de *loops* para la lectura, el procesamiento y la escritura de archivos. Los resultados se guardan en el formato estándar, y la herramienta Graph puede crear *dashboards* a partir de ellos, se pueden usarlos en Excel, directamente en informes, o incluso como entrada para otro modelo. Los scripts del usuario, conocidos como “archivos de recetas”, se guardan en el directorio del caso y se procesan automáticamente después de que SDDP complete la ejecución.

Él está integrado con Graph 4.0, que contiene un editor PSRIO incorporado que permite la creación, personalización y ejecución de los archivos de recetas, como se muestra a continuación:



```

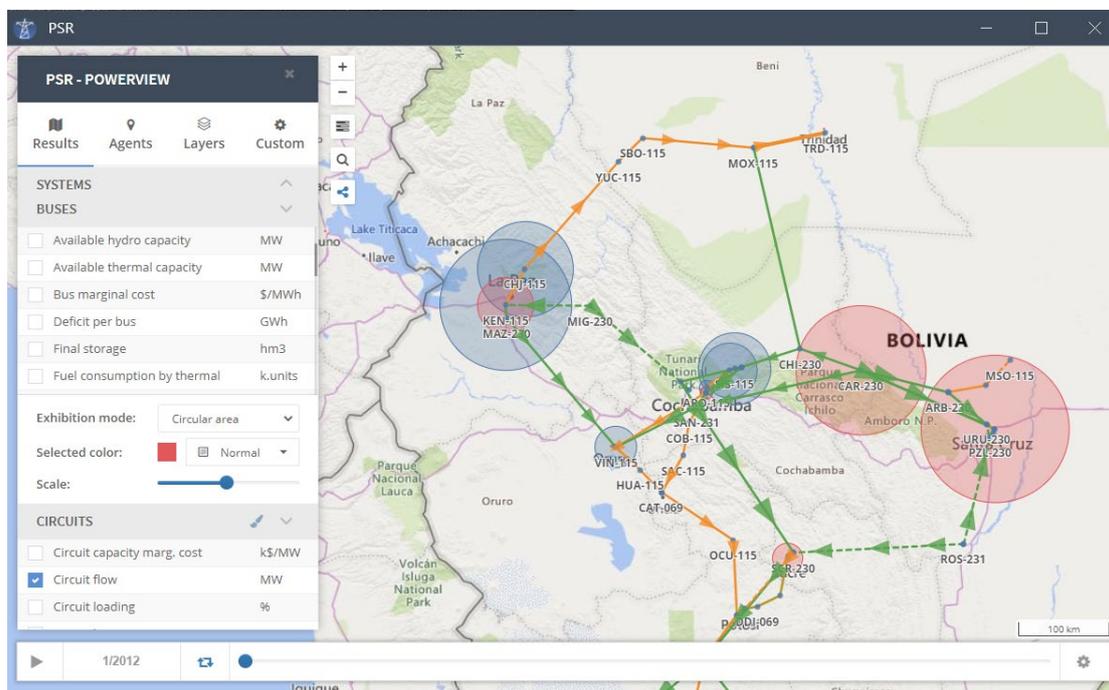
1 generic = Generic();
2 study = Study();
3
4 -- Cost Reports
5 interest = (1 + study.discount_rate) ^ ((study.stage - 1) / study.stages_per_year);
6
7 objcop = generic:load("objcop")
8 costs = objcop:remove_agents({1}):aggregate_blocks(BY_SUM()); -- remove total cost
9 costs = costs:remove_agents({-1}); -- remove future cost
10
11 sddpscecos = concatenate(
12   costs:aggregate_agents(BY_SUM(), "P10"):aggregate_scenarios(BY_PERCENTILE(10)),
13   costs:aggregate_agents(BY_SUM(), "P50"):aggregate_scenarios(BY_PERCENTILE(50)),
14   costs:aggregate_agents(BY_SUM(), "P90"):aggregate_scenarios(BY_PERCENTILE(90))
15 );
16 sddpscecos:save("sddpd_scecos");
17
18 -- Average costs per stage
19 costs = costs:aggregate_scenarios(BY_AVERAGE());
20 temp = costs / costs:aggregate_agents(BY_SUM(), "custo total");
21 perc_costs = temp:convert("%");
22 perc_costs:save("sddpd_percosts", {remove_zeros = true});

```

Para más detalles, visite la documentación de PSRIO en <https://psrenergy.github.io/psrio-docs/>.

### 30 POWER VIEW PARA RESULTADOS DE ESTUDIOS DE TRANSMISIÓN

Power View es una herramienta para la visualización gráfica de los resultados de estudios relacionados con la transmisión de los modelos de PSR. Esta herramienta permite la visualización en un mapa, en un ambiente georreferenciado e integrado, de flujos de circuitos animados, carga de circuitos e información relacionada con la generación y la carga por barra. También es posible mostrar una evolución cronológica animada de las variables a lo largo del período de estudio.



Para acceder esta herramienta, basta con hacer clic en la flecha situada junto al botón de Power View (  ) y seleccionar la opción “Power View Beta”.

Para más detalles, visite la documentación en <https://psrenergy.github.io/powerview-docs/>.

## 31 POSIBLES PROBLEMAS CON LA LLAVE FÍSICA DEL SDDP

### 31.1 Error Code 03

El error identificado como *Error Code 03* está asociado a un problema de la llave física y puede deberse a uno de los siguientes motivos:

1. Llave física mal encajada o con defecto;
2. Usuario del SDDP no habilitado a utilizar a versión corriente del programa.

Para verificar estos posibles problemas proceda como a seguir:

*Paso 1)* Verificar problema de encaje de la llave física en la computadora # 1. Retirar y colocar la llave nuevamente. Si el problema continúa, proseguir con el Paso 2;

*Paso 2)* Colocar la llave física en una computadora # 2 que tenga la misma versión del SDDP instalada y verificar si ella funciona. Caso no funcione, proseguir con el Paso 3. Si funciona, el error que se presenta puede estar asociado a un problema físico de la puerta paralela de la computadora #1;

*Paso 3)* Colocar una segunda llave física que funcione en la computadora # 1. Verificar si ella funciona. Caso funcione, el problema es de la llave física, por favor enviarla para PSR para su reemplazo. La sustitución de la llave es libre de encargos para su empresa. Caso no funcione, ir para el Paso 4);

*Paso 4)* El programa SDDP verifica si el usuario está habilitado a utilizar a versión corriente del programa, lo que corresponde a estar actualizado con la tasa de mantenimiento anual del programa. Caso no sea un usuario habilitado, el SDDP irá a presentar *Error Code 03* como mensaje de salida.

### 31.2 Error Code 12

El error identificado como *Error Code 12* ocurre cuando el driver de la llave no fue instalado correctamente, por uno de los siguientes motivos:

1. SDDP instalado sin derechos de administrador;
2. Problemas de instalación de la puerta lpt1 de la impresora.

Para verificar estos posibles problemas proceda como a seguir:

*Paso 1)* Verificar si el programa SDDP fue instalado como administrador (Windows NT, 2000, 2003 y XP). Caso contrario instalarlo y verificar si la llave funciona. Caso la llave no funcione proseguir con el Paso 2);

*Paso 2)* Verificar si la puerta de la impresora lpt1 está correctamente instalada como a seguir (con privilegios de administrador):

- Ir para: "Start/Settings/Control Panel/System"
- Ir para la oreja: "Hardware"
- Entrar en: "Device Manager"

- Abrir: "Ports (COM & LPT)"
- Ir para: "ECP Print Port (LPT1)"
- Seleccionar: "Port Settings"
- Seleccionar: "Never use an interrupt" en la caja "Filter Resource Method"

## 32 PSR CLOUD

PSR Cloud es nuestro ambiente web que puede utilizarse para ejecutar el SDDP, evitando así la necesidad de que los usuarios inviertan en computadoras de alto rendimiento. Es un esquema de pago por ejecución y por procesador, en el que los usuarios pueden seleccionar el número deseado de procesadores para cada ejecución. Las máquinas disponibles para la ejecución se actualizan constantemente. Para obtener más detalles sobre PSR Cloud, visite <https://www.psr-inc.com/software-es/?current=p4085>.

PSR ofrece a todos los usuarios del SDDP el uso gratuito de hasta 72 horas de procesadores en el PSR Cloud; comuníquese con PSR vía [sddp@psr-inc.com](mailto:sddp@psr-inc.com) para obtener más detalles.